

## **Umweltbericht**

### **zum Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) in der Ostsee**

Stand: 31.10.2009\*

\* redaktionelle Überarbeitung des Umweltberichts vom 28. April 2009

---



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 KURZDARSTELLUNG DES INHALTS UND DER WICHTIGSTEN ZIELE DES RAUMORDNUNGSPLANS SOWIE DER BEZIEHUNG ZU ANDEREN RELEVANTEN PLÄNEN UND PROGRAMMEN .....</b>	<b>11</b>
1.1 KURZDARSTELLUNG DES INHALTS UND DER WICHTIGSTEN ZIELE DES RAUMORDNUNGSPLANS .....	11
1.2 BEZIEHUNG ZU ANDEREN RELEVANTEN PLÄNEN UND PROGRAMMEN .....	12
1.3 DARSTELLUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG DER ZIELE DES UMWELTSCHUTZES .....	13
1.3.1 Übersicht über internationale Übereinkommen zum Meeresumweltschutz.....	13
1.3.2 Umweltschutz auf EU- und internationaler Ebene.....	14
1.3.3 Umweltschutz auf nationaler Ebene.....	15
1.3.4 Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes.....	16
<b>2 BESCHREIBUNG UND EINSCHÄTZUNG DES UMWELTZUSTANDS.....</b>	<b>18</b>
2.1 BODEN (SEDIMENT).....	18
2.1.1 Geomorphologie.....	18
2.1.2 Geologische Entwicklung.....	19
2.1.3 Entstehung der Ostsee .....	22
2.1.4 Regionalgeologische Beschreibung (Teilgebiete).....	24
2.1.5 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Boden hinsichtlich Sedimentologie und Geomorphologie.....	35
2.1.6 Schadstoffverteilung im Sediment .....	39
2.1.7 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Boden hinsichtlich Schadstoffe im Sediment.....	46
2.2 WASSER.....	48
2.2.1 Strömungen .....	48
2.2.2 Seegang.....	49
2.2.3 Wasserstandsschwankungen .....	51
2.2.4 Temperatur.....	52
2.2.5 Salzgehalt.....	57
2.2.6 Eisverhältnisse .....	62
2.2.7 Schwebstoffe und Trübung .....	64
2.2.8 Nähr- und Schadstoffverteilung.....	68
2.2.9 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Wasser hinsichtlich Nähr- und Schadstoffen.....	80
2.3 PHYTOPLANKTON .....	81
2.3.1 Räumliche und zeitliche Variabilität.....	82
2.3.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Phytoplankton .....	86
2.4 ZOOPLANKTON .....	89
2.4.1 Räumliche und zeitliche Variabilität.....	89
2.4.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Zooplankton .....	94
2.5 BENTHOS UND BIOTOPTYPEN.....	96
2.5.1 Naturräumliche Einteilung der deutschen AWZ der Ostsee und Zusammenfassung der besonderen abiotischen Verhältnisse.....	97
2.5.2 Beschreibung des aktuellen Zustandes.....	98
2.5.3 Arten der Roten Listen – Vorkommen und Biologie der wichtigsten Arten.....	102
2.5.4 Biotoptypen .....	105
2.5.5 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Benthos.....	109
2.6 FISCHES.....	112
2.6.1 Fischfauna der Ostsee .....	113
2.6.2 Fischfauna der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ).....	119
2.6.3 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Fische.....	126
2.7 MARINE SÄUGETIERE .....	128
2.7.1 Räumliche und zeitliche Variabilität.....	128
2.7.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes marine Säugetiere .....	141
2.8 SEEVÖGEL.....	148
2.8.1 Räumliche und zeitliche Variabilität des Vorkommens.....	149
2.8.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Seevögel .....	168
2.9 ZUGVÖGEL.....	180
2.9.1 Der Vogelzug.....	181
2.9.2 Vogelzug in der westlichen Ostsee – Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustands.....	185
2.9.3 Zustandeinschätzung des Schutzgutes Zugvögel .....	202
2.10 FLEDERMÄUSE UND FLEDERMAUSZUG.....	210

2.10.1	Vorkommen und Wanderbewegungen.....	210
2.10.2	Zustandseinschätzung des Schutzgutes Fledermäuse .....	214
2.11	BIOLOGISCHE VIELFALT.....	217
2.12	WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN DEN SCHUTZGÜTERN.....	218
2.13	MEERESUMWELTVERSCHMUTZUNG UND ANREICHERUNG VON SCHADSTOFFEN IN BIOTA.....	220
2.14	LANDSCHAFTSBILD .....	221
2.15	SACHWERTE, KULTURELLES ERBE (ARCHÄOLOGIE) .....	221
<b>3</b>	<b>VORAUSSICHTLICHE ENTWICKLUNG BEI NICHTDURCHFÜHRUNG DES PLANS.....</b>	<b>222</b>
3.1	DARSTELLUNG DER NUTZUNGEN IN DER AWZ.....	222
3.1.1	Schifffahrt.....	222
3.1.2	Rohstoffgewinnung.....	224
3.1.3	Rohrleitungen und Seekabel.....	224
3.1.4	Wissenschaftliche Meeresforschung.....	225
3.1.5	Offshore-Windenergienutzung.....	226
3.1.6	Fischerei und Marikultur .....	227
3.2	BODEN UND WASSER.....	229
3.2.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Boden und Wasser.....	229
3.2.2	Entwicklung des Schutzgutes Boden und Wasser bei Nichtdurchführung des Plans .....	233
3.3	PHYTO- UND ZOOPLANKTON .....	234
3.3.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton.....	234
3.3.2	Entwicklung des Schutzgutes Phyto- und Zooplankton bei Nichtdurchführung des Plans.....	238
3.4	BENTHOS UND BIOTOPTYPEN.....	238
3.4.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen.....	238
3.4.2	Entwicklung des Schutzgutes Benthos und Biotoptypen bei Nichtdurchführung des Plans .....	245
3.5	FISCHE.....	246
3.5.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fische .....	246
3.5.2	Entwicklung des Schutzgutes Fische bei Nichtdurchführung des Plans.....	253
3.6	MARINE SÄUGETIERE .....	253
3.6.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Marine Säugetiere.....	253
3.6.2	Entwicklung des Schutzgutes Marine Säugetiere bei Nichtdurchführung des Plans.....	266
3.7	SEEVÖGEL.....	266
3.7.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Seevögel.....	266
3.7.2	Entwicklung des Schutzgutes Seevögel bei Nichtdurchführung des Plans .....	278
3.8	ZUGVÖGEL.....	278
3.8.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Zugvögel.....	278
3.8.2	Entwicklung des Schutzgutes Zugvögel bei Nichtdurchführung des Plans .....	286
3.9	FLEDERMÄUSE.....	287
3.9.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fledermäuse.....	287
3.9.2	Entwicklung des Schutzgutes Fledermäuse bei Nichtdurchführung des Plans .....	290
3.10	LUFT.....	290
3.10.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Luft.....	290
3.10.2	Entwicklung des Schutzgutes Luft bei Nichtdurchführung des Plans .....	291
3.11	KLIMA.....	291
3.11.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Klima.....	291
3.11.2	Entwicklung des Schutzgutes Klima bei Nichtdurchführung des Plans .....	292
3.12	LANDSCHAFTSBILD .....	293
3.12.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Landschaftsbild.....	293
3.12.2	Entwicklung des Schutzgutes Landschaftsbild bei Nichtdurchführung des Plans .....	297
3.13	SACHWERTE, KULTURELLES ERBE (ARCHÄOLOGIE) .....	298
3.13.1	Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Sachwerte, kulturelles Erbe .....	298
3.13.2	Entwicklung des Schutzgutes Sachwerte, kulturelles Erbe bei Nichtdurchführung des Plans..	298
3.14	BIOLOGISCHE VIELFALT.....	298
3.15	WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN DEN SCHUTZGÜTERN.....	298
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DER VORAUSSICHTLICHEN ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN DER DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE MEERESUMWELT .....</b>	<b>298</b>
4.1	SCHIFFFAHRT.....	298
4.2	ROHSTOFFGEWINNUNG.....	299
4.3	ROHRLEITUNGEN UND SEEKABEL.....	299
4.3.1	Rohrleitungen.....	299

4.3.2	Seekabel .....	300
4.4	WISSENSCHAFTLICHE MEERESFORSCHUNG .....	301
4.5	OFFSHORE-WINDENERGIE .....	302
4.5.1	Boden und Wasser .....	302
4.5.2	Phyto- und Zooplankton .....	303
4.5.3	Benthos .....	303
4.5.4	Fische .....	304
4.5.5	Marine Säugetiere .....	305
4.5.6	Seevögel .....	307
4.5.7	Zugvögel .....	309
4.5.8	Fledermäuse .....	310
4.5.9	Klima .....	311
4.5.10	Landschaftsbild .....	311
4.5.11	Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie) .....	311
4.6	FISCHEREI UND MARIKULTUR .....	312
4.6.1	Fischerei .....	312
4.6.2	Marikultur .....	313
4.7	MEERESUMWELT .....	313
4.8	WECHSELWIRKUNGEN DER NUTZUNGEN AUF DIE MEERESUMWELT .....	314
4.8.1	Meeresumwelt .....	314
4.8.2	Biologische Vielfalt .....	316
<b>5</b>	<b>VERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG BZGL. DER GEBIETE VON GEMEINSCHAFTLICHER BEDEUTUNG BZW. BZGL. EUROPÄISCHER VOGELSCHUTZGEBIETE .....</b>	<b>319</b>
5.1	ROHRLEITUNGEN UND SEEKABEL .....	322
5.1.1	Rohrleitungen .....	322
5.1.2	Seekabel .....	322
5.2	OFFSHORE-WINDENERGIE .....	322
<b>6</b>	<b>MAßNAHMEN, UM ERHEBLICHE NEGATIVE AUSWIRKUNGEN DURCH DIE DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE MEERESUMWELT ZU VERHINDERN, ZU VERRINGERN UND SOWEIT WIE MÖGLICH AUSZUGLEICHEN .....</b>	<b>326</b>
<b>7</b>	<b>ALTERNATIVENPRÜFUNG UND BESCHREIBUNG DER DURCHFÜHRUNG DER UMWELTPRÜFUNG .....</b>	<b>328</b>
7.1	ALTERNATIVENPRÜFUNG .....	328
7.1.1	Schifffahrt .....	328
7.1.2	Rohstoffgewinnung .....	328
7.1.3	Rohrleitungen und Seekabel zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie .....	329
7.1.4	Wissenschaftliche Meeresforschung .....	329
7.1.5	Energiegewinnung insbes. Windenergie .....	329
7.1.6	Fischerei und Marikultur .....	330
7.1.7	Meeresumwelt .....	330
7.2	BESCHREIBUNG DER DURCHFÜHRUNG DER UMWELTPRÜFUNG EINSCHLIEßLICH ETWAIGER SCHWIERIGKEITEN BEI DER ZUSAMMENSTELLUNG DER ERFORDERLICHEN INFORMATIONEN .....	331
7.2.1	Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung .....	331
7.2.2	Informationslücken .....	332
7.2.3	Fehlen von Bewertungskriterien .....	341
<b>8</b>	<b>GEPLANTE MAßNAHMEN ZUR ÜBERWACHUNG DER ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN DER DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE UMWELT .....</b>	<b>342</b>
8.1	ALLGEMEINES .....	342
8.2	MONITORING DER ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN DER FESTLEGUNG DER VORRANGGEBIETE FÜR WINDENERGIE AUF DIE MEERESUMWELT .....	344
<b>9</b>	<b>NICHTTECHNISCHE ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>346</b>
9.1	KURZDARSTELLUNG DES INHALTS UND DER WICHTIGSTEN ZIELE DES RAUMORDNUNGSPLANS, BEZIEHUNG ZU ANDEREN RELEVANTEN PLÄNEN UND PROGRAMMEN, ZIELE DES UMWELTSCHUTZES .....	346
9.1.1	Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Raumordnungsplans .....	346
9.1.2	Beziehung zu anderen relevanten Plänen und Programmen .....	347
9.1.3	Darstellung und Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes .....	347

9.2	BESCHREIBUNG UND EINSCHÄTZUNG DES UMWELTZUSTANDES .....	348
9.2.1	<i>Boden</i> .....	348
9.2.2	<i>Wasser</i> .....	351
9.2.3	<i>Phyto- und Zooplankton</i> .....	356
9.2.4	<i>Benthos und Biotoptypen</i> .....	357
9.2.5	<i>Fische</i> .....	359
9.2.6	<i>Marine Säugetiere</i> .....	362
9.2.7	<i>Seevögel</i> .....	363
9.2.8	<i>Zugvögel</i> .....	365
9.2.9	<i>Fledermäuse und Fledermauszug</i> .....	368
9.2.10	<i>Biologische Vielfalt</i> .....	369
9.2.11	<i>Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern</i> .....	369
9.2.12	<i>Meeresumweltverschmutzung und Anreicherung von Schadstoffen in Biota</i> .....	370
9.2.13	<i>Landschaftsbild</i> .....	371
9.2.14	<i>Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)</i> .....	371
9.3	VORAUSSICHTLICHE ENTWICKLUNG BEI NICHTDURCHFÜHRUNG DES PLANS .....	371
9.3.1	<i>Darstellung der Nutzungen in der AWZ</i> .....	371
9.3.2	<i>Boden und Wasser</i> .....	378
9.3.3	<i>Phyto- und Zooplankton</i> .....	380
9.3.4	<i>Benthos und Biotoptypen</i> .....	382
9.3.5	<i>Fische</i> .....	385
9.3.6	<i>Marine Säugetiere</i> .....	388
9.3.7	<i>Seevögel</i> .....	392
9.3.8	<i>Zugvögel</i> .....	395
9.3.9	<i>Fledermäuse</i> .....	398
9.3.10	<i>Luft</i> .....	399
9.3.11	<i>Klima</i> .....	400
9.3.12	<i>Landschaftsbild</i> .....	401
9.3.13	<i>Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)</i> .....	402
9.3.14	<i>Biologische Vielfalt</i> .....	402
9.3.15	<i>Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern</i> .....	402
9.4	BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DER VORAUSSICHTLICHEN ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN DER DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE MEERESUMWELT .....	403
9.4.1	<i>Schifffahrt</i> .....	403
9.4.2	<i>Rohstoffgewinnung</i> .....	403
9.4.3	<i>Rohrleitungen und Seekabel</i> .....	403
9.4.4	<i>Wissenschaftliche Meeresforschung</i> .....	405
9.4.5	<i>Offshore-Windenergie</i> .....	405
9.4.6	<i>Fischerei und Marikultur</i> .....	410
9.4.7	<i>Meeresumwelt</i> .....	411
9.4.8	<i>Wechselwirkungen der Nutzungen auf die Meeresumwelt und die biologische Vielfalt</i> .....	411
9.5	VERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG BZGL. DER GEBIETE VON GEMEINSCHAFTLICHER BEDEUTUNG BZW. BZGL. EUROPÄISCHER VOGELSCHUTZGEBIETE .....	412
9.5.1	<i>Rohrleitungen und Seekabel</i> .....	413
9.5.2	<i>Offshore-Windenergie</i> .....	413
9.6	MAßNAHMEN, UM ERHEBLICHE NEGATIVE AUSWIRKUNGEN DURCH DIE DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE MEERESUMWELT ZU VERHINDERN, ZU VERRINGERN UND SOWEIT WIE MÖGLICH AUSZUGLEICHEN .....	414
9.7	ALTERNATIVENPRÜFUNG UND BESCHREIBUNG DER DURCHFÜHRUNG DER UMWELTPRÜFUNG .....	415
9.7.1	<i>Alternativenprüfung</i> .....	415
9.7.2	<i>Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung einschließlich etwaiger Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der erforderlichen Informationen</i> .....	417
9.8	GEPLANTE MAßNAHMEN ZUR ÜBERWACHUNG DER ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN DER DURCHFÜHRUNG DES RAUMORDNUNGSPLANS AUF DIE UMWELT .....	424
<b>10</b>	<b>QUELLENANGABEN</b> .....	<b>426</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG I - KONZEPTENTWURF FÜR EINEN MONITORINGPLAN ZU DEN MÖGLICHEN ERHEBLICHEN AUSWIRKUNGEN VON WINDENERGIEANLAGEN</b> .....	<b>453</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die deutsche AWZ in der Ostsee .....	11
Abbildung 2: Bathymetrische Verhältnisse der südwestlichen Ostsee .....	19
Abbildung 3: geologischer Aufbau des Ostseeraumes .....	20
Abbildung 4: Verbreitung und Stärke von Erdbeben in der südwestlichen Ostsee.....	21
Abbildung 5: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden der Kieler Bucht.....	24
Abbildung 6: Geologischer Profilschnitt durch den Fehmarn-Belt.....	26
Abbildung 7: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden der Mecklenburger Bucht und der Darßer Schwelle .....	27
Abbildung 8: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden des Arkona-Beckens und Adlergrunds .....	30
Abbildung 9: Geologischer Profilschnitt durch den Bereich des Adlergrunds.....	33
Abbildung 10: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden im Bereich der Oderbank .....	34
Abbildung 11: Geologischer Profilschnitt durch den östlichen Ausläufer der Oderbank auf polnischer Seite.....	35
Abbildung 12: Verteilung und Intensität von Grundschieppnetzspuren durch Scherbretter in der Kieler Bucht.....	36
Abbildung 13: Sediment-Monitoringstationen in den äußeren Küstengewässern der westlichen Ostsee .....	41
Abbildung 14: Cadmiumgehalte in der Feinkornfraktion des Oberflächensedimentes .....	42
Abbildung 15: Chlorkohlenwasserstoff-Konzentrationen in Oberflächensedimenten .....	44
Abbildung 16: PAK-Konzentrationen in Oberflächensedimenten (IOW, 2004).....	45
Abbildung 17: Cs-137 Inventar [kBq·m <sup>-2</sup> ] in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juni 2005 .....	46
Abbildung 18: Klimatologische Monatsmittel der Oberflächentemperatur (1900 -1996) für die Monate Januar bis Juni.....	53
Abbildung 19: Klimatologische Monatsmittel der Oberflächentemperatur (1900–1996) für die Monate Juli bis Dezember.....	54
Abbildung 20: Temperaturschichtung in der westlichen Ostsee (Boden – Oberfläche) für die Monate Januar bis Juli.....	55
Abbildung 21: Temperaturschichtung in westlichen Ostsee (Boden – Oberfläche) nach für die Monate Juli bis Dezember .....	56
Abbildung 22: Klimatologie des Jahresganges in der Arkonasee in 10 und 40 m Tiefe.....	57
Abbildung 23: Klimatologische Monatsmittel des Oberflächensalzgehalts (1900-1996) für die Monate Januar bis Juni.....	58
Abbildung 24: Klimatologische Monatsmittel des Oberflächensalzgehalts (1900-1996) für die Monate Juli bis Dezember .....	59
Abbildung 25: Salzgehaltsschichtung in der westlichen Ostsee nach für die Monate Januar bis Juni....	60
Abbildung 26: Salzgehaltsschichtung in der westlichen Ostsee für die Monate Juli bis Dezember .....	61
Abbildung 27: Häufigkeit des Eisvorkommens im Zeitraum 1961 bis 1990 in % .....	62
Abbildung 28: Häufigkeit des Eisvorkommens mit einem Bedeckungsgrad von mindestens 7/10 zum Zeitpunkt der maximalen Eisentwicklung im Zeitraum 1961 bis 1990 in % .....	63
Abbildung 29: Monatsmittel des oberflächennahen Gesamt-Schwebstoffgehaltes für die Monate Januar bis Juni 2004.....	66
Abbildung 30: Monatsmittel des oberflächennahen Gesamt-Schwebstoffgehaltes für die Monate Juli bis Dezember 2004 .....	67
Abbildung 31: Sauerstoffsituation in der westlichen Ostsee 2002/2003.....	70
Abbildung 32: Mediane der Zinkkonzentrationen (µg/L) im filtrierten Oberflächenwasser (5m) im Zeitraum 1999-2004 .....	72
Abbildung 33: Mediane der Kupferkonzentrationen (ng/L) im filtrierten Oberflächenwasser (5m) im Zeitraum 1999-2004 .....	72
Abbildung 34: α-, β- und γ-HCH-Gehalte im Oberflächenwasser (3-5m) der Ostsee 2002 in ng/L.....	73
Abbildung 35: HCH-Konzentrationen im Arkona-Becken an der Station K4 (3-5m) seit 1975 .....	74
Abbildung 36: Konzentrationen ausgewählter PAK [ng/L] im Oberflächenwasser im Februar und August 2002.....	75
Abbildung 37: Konzentrationen (ng/L) von Diuron und 2,4-D im Oberflächenwasser (5m) der Ostsee ..	77
Abbildung 38: Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 -Aktivitätskonzentrationen [Bq/m <sup>3</sup> ] seit 1961 .....	78
Abbildung 39: Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 Aktivitätskonzentrationen [Bq m <sup>-3</sup> ] seit 1997 .....	79
Abbildung 40: Intraannuelle Variabilität der Konzentration des Chlorophyll <sub>a</sub> im Wasser (mg·m <sup>-3</sup> ) im Arkona-Becken .....	86

Abbildung 41: Naturräumliche Gliederung der deutschen AWZ der Ostsee.....	98
Abbildung 42: Artenzahlen des Makrozoobenthos an der deutschen Ostseeküste von der Kieler Bucht bis zur Pommerschen Bucht im Zeitraum von 1994 bis 1998.....	99
Abbildung 43: Artenzahl an den Stationen des Profils Kadetrinne im Jahr 2004.....	106
Abbildung 44: Saisonale Dichteverbreitung von Schweinswalen in der Ostsee (2002-2005) .....	134
Abbildung 44a: Untersuchungsgebiete für Schweinswale in der Ostsee .....	142
Abbildung 45: Verbreitung des Sterntauchers in der Ostsee .....	153
Abbildung 46: Verbreitung des Prachttauchers in der Ostsee .....	153
Abbildung 47: Verbreitung des Ohrentauchers in der Ostsee.....	154
Abbildung 48: Verbreitung der Zwergmöwe in der deutschen Ostsee.....	154
Abbildung 49: Verbreitung der Eisente in der deutschen Ostsee .....	156
Abbildung 50: Verbreitung der Eisente in der deutschen Ostsee.....	157
Abbildung 51: Verbreitung der Samtente in der deutschen Ostsee .....	157
Abbildung 52: Verbreitung der Trauerente in der deutschen Ostsee.....	158
Abbildung 53: Verbreitung der Eiderente in der deutschen Ostsee im Winter.....	159
Abbildung 54: Verbreitung der Trottellumme in der deutschen Ostsee im Winter .....	159
Abbildung 55: Verbreitung des Tordalks in der deutschen Ostsee im Winter.....	160
Abbildung 56: Verbreitung der Gryllteiste in der westlichen Ostsee im Herbst.....	161
Abbildung 57: Verbreitung der Silbermöwe in der Westlichen Ostsee im Winter. ....	169
Abbildung 57a: Teilgebiete mit breiter Datenbasis für Seevögel in der Ostsee .....	171
Abbildung 58: Vogelzugbeobachtungsstationen und Punkte der Radarerfassung des Vogelzuges des IfAO im Zeitraum 2002-2005 in der westlichen Ostsee.....	186
Abbildung 59: Zugweg der Weißwangengans und Ringelgans sowie die Zugroute über Rastgebiete .....	188
Abbildung 60: Hauptzug-Korridore von Weißwangengans und Ringelgans während des Frühjahrszuges .....	188
Abbildung 61: Saisonales Muster des Frühjahrszuges von Weißwangengans und Ringelgans .....	189
Abbildung 62: Verteilung der Flughöhen der Ringelgans in Südschweden .....	189
Abbildung 63: Schema ausgewählter Zugwege von Wasservögeln in der westlichen Ostsee.....	191
Abbildung 64: Verlauf des Frühjahrszuges von den Rastplätzen der Rügen-Bock-Region in Richtung Schweden.....	192
Abbildung 65: Zughöhen von Kranichen über Südschweden. ....	193
Abbildung 66: Schema der Kranichzugwege in der westlichen Ostsee.....	193
Abbildung 67: Ringwiederfunde des Sperbers .....	194
Abbildung 68: Ringwiederfunde in den Wintermonaten vom Mäusebussard und Raufußbussard.....	195
Abbildung 69: Schematische Darstellung der Zugbündelung in Falsterbo (Südschweden) am Beispiel der Ringeltaube .....	197
Abbildung 70: Mittlere Zugintensität im Tagesverlauf am Kriegers Flak 2002-2004.....	197
Abbildung 71: Fangzahlen des Wintergoldhähnchens an den Stationen Ottenby und Falsterbo für die Jahre 1980-2002 (Falsterbo) bzw. 1972-2002 (Ottenby). ....	199
Abbildung 72: Zuggbewegungen von Rotdrosseln an zwei Tagen in Südschweden nach Radaraufzeichnungen .....	200
Abbildung 73: Saisonales Muster von nächtlichen Durchzugsraten bei Falsterbo im Jahre 1998 .....	201
Abbildung 74: Offshore-Windpark Nystedt aus 5 sm (9,26 km) Entfernung .....	294
Abbildung 75: Offshore-Windpark Nystedt aus 9 sm (16,67 km) Entfernung .....	294
Abbildung 76: Visualisierung der Wahrnehmbarkeit von Offshore-Windenergieanlagen .....	296
Abbildung 77: Visualisierung der Wahrnehmbarkeit von Offshore-Windenergieanlagen .....	297



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zustandseinschätzung des Schutzgutes „Boden“ (Sedimentologie und Geomorphologie) in der AWZ der Ostsee.....	39
Tabelle 2: Referenzkonzentration für Küsten und Übergangsgewässer der deutschen Ostseeküste .....	40
Tabelle 3: Charakteristische Strömungsparameter für ausgesuchte Positionen in der westlichen Ostsee .....	49
Tabelle 4: 5-Jahre-Mittel der Windgeschwindigkeit und des Seegangs für den Fehmarnbelt und die Teilgebiete Mecklenburger Bucht und Darßer Schwelle.....	50
Tabelle 5: 5-Jahre-Mittel der Windgeschwindigkeit und des Seegangs für die Teilgebiete Arkona-Becken und Oderbank .....	51
Tabelle 6: Referenzbedingungen/Hintergrundkonzentrationen im filtrierten Küstenwasser der Ostsee .....	71
Tabelle 7: Metallgehalte im filtrierten Oberflächenwasser .....	72
Tabelle 8: Konzentrationen polarer Pflanzenbehandlungsstoffe im Oberflächenwasser der Ostsee .....	76
Tabelle 9: Vorschlag für eine naturräumliche Gebietseinteilung für die deutsche AWZ der Ostsee .....	97
Tabelle 10: Gefährdete benthische wirbellose Arten der AWZ der deutschen Ostsee .....	102
Tabelle 11: Dominierende Arten der Kadetrinne .....	107
Tabelle 12: Mittlere Besiedlungsdichten (Ind./m <sup>2</sup> ) der Rote-Liste-Arten an Stationen der Kadetrinne im Jahr 2004 .....	107
Tabelle 13: Dominierende Arten am Kriegers Flak .....	108
Tabelle 14: Dominierende Arten am Adlergrund.....	108
Tabelle 15: Dominierende Arten der Oderbank .....	109
Tabelle 16: Vergleich des Zustands der Meeresumwelt 1932 und 1989 in der Ostsee anhand der Stadien 1-5 des Benthos-Modells .....	112
Tabelle 17: Gefangene Fischarten in ausgewählten Gebieten der deutschen Ostsee zwischen 1990 und 2002 .....	120
Tabelle 18: Gesamtartenliste der Fische in der westlichen AWZ.....	121
Tabelle 19: Gefangene Fischarten in ausgewählten Gebieten der deutschen Ostsee zwischen 1990 und 2002 .....	122
Tabelle 20: Fischarten nach THIEL und WINKLER .....	123
Tabelle 21: Im Rahmen der Offshore-Windenergieparkvorhaben nachgewiesene Fischspezies .....	124
Tabelle 22: Gesamtartenliste der in der deutschen AWZ nachgewiesenen Fischarten und ihr Gefährdungsstatus .....	125
Tabelle 23: Maximalzahlen der auf flugzeuggestützten Zählungen festgestellten Seehunde	139
Tabelle 24: Zuordnung an biogeographische Populationen, Trends in der Bestandsentwicklung, Bestand in deutschen Gewässern und Nahrungswahl der wichtigsten Rastvogelarten der deutschen AWZ in der Ostsee .....	151
Tabelle 25: Aktuelle Bestandszahlen der wichtigsten Arten im SPA „Pommersche Bucht“...	162
Tabelle 26: Schutzstatus und Trend der relevanten Population der wichtigsten Rastvogelarten der deutschen AWZ in der Ostsee .....	175
Tabelle 27: Bestandsschätzungen für Zugvögel verschiedenen Flugtyps im südlichen Ostseeraum .....	187
Tabelle 28: Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2002 und 2003 mit dem Frühjahrszug 2003 am Darßer Ort (M-V).....	195
Tabelle 29: Populationsgrößen (Anzahl der Brutpaare in der Mitte der 1990er Jahre) für eine Auswahl an Singvogelarten in Schweden .....	196
Tabelle 30: Sichtbarer Anteil des herbstlichen Zugvolumens häufiger skandinavischer Tagzieher.....	198
Tabelle 31: Populationsgrößen (Anzahl der Brutpaare in der Mitte der 1990er Jahre) für eine Auswahl an nachziehenden Vogelarten in Schweden .....	199

Tabelle 32: Zugrichtungen verschiedener Vogelarten/-gruppen in Südschweden im Herbst.	200
Tabelle 33: Zugphänologie nachts ziehender Singvögel in Frühjahr und Herbst in Südschweden (Falsterbo).....	201
Tabelle 34: Schätzung der jährlichen, anthropogen bedingten Vogelverluste in Skandinavien/im Ostseeraum .....	202
Tabelle 35: Mittlere jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel des Ostseeraumes..	203
Tabelle 36: Offizielle jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel im Mittelmeerraum	203
Tabelle 37: Wesentliche Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen unter der Voraussetzung von geeigneten Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von intensiven Schallemissionen.....	264
Tabelle 38: Wesentliche Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel.....	275
Tabelle 39: Zusammenfassung der Auswirkungen und ihrer Bewertung .....	304
Tabelle 40: Einschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Schweinswale in Bezug zur Funktion und Bedeutung der Vorranggebiete .....	306
Tabelle 41: Bewertung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen für Seevögel im Bezug zur Funktion und Bedeutung der Vorranggebiete .....	307

# 1 Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Raumordnungsplans sowie der Beziehung zu anderen relevanten Plänen und Programmen

## 1.1 Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Raumordnungsplans

Der vorliegende Raumordnungsplan legt auf der Grundlage von § 18a des Raumordnungsgesetzes vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081, 2102), der durch Artikel 10 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833) geändert worden ist – im Folgenden: ROG 1998 – erstmals Ziele und Grundsätze für die Entwicklung der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) fest. § 18a ROG 1998 gilt gemäß § 29 Abs. 1 ROG vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986) – im folgenden: ROG – für Verfahren zur Aufstellung von Raumordnungsplänen, die vor dem 31. Dezember 2008 förmlich eingeleitet wurden, weiter.

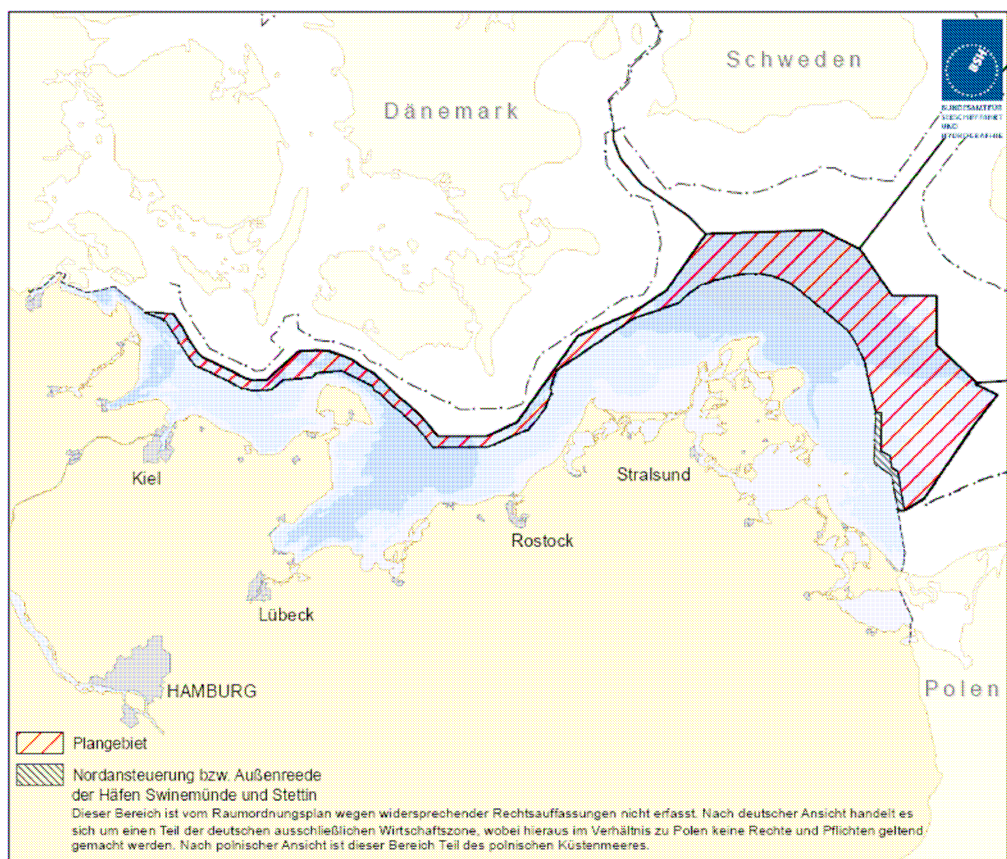


Abbildung 1: Plangebiet, das zur deutschen AWZ der Ostsee gehört

Bei der AWZ handelt es sich um das sich seewärts des Küstenmeeres (12-Seemeilen-Zone) anschließende Meeresgebiet bis zu einer Entfernung von maximal 200 Seemeilen zur Basislinie. Sie gehört im Gegensatz zum Küstenmeer nicht zum Hoheitsgebiet, jedoch stehen dem jeweiligen Küstenstaat gemäß Art. 56 Abs. 1a Seerechtsübereinkommen (SRÜ)<sup>1</sup> in seiner

<sup>1</sup> Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10.12.1982, BGBl. 1994 II S. 1798.

AWZ souveräne Rechte zum Zweck der Erforschung und Ausbeutung, Erhaltung und Bewirtschaftung der lebenden und nichtlebenden natürlichen Ressourcen der Gewässer über dem Meeresboden, des Meeresbodens und seines Untergrunds sowie hinsichtlich anderer Tätigkeiten zur wirtschaftlichen Erforschung und Ausbeutung der AWZ wie der Energieerzeugung aus Wasser, Strömung und Wind zu. Darüber hinaus hat der Küstenstaat gemäß Art. 56 Abs. 1b SRÜ Hoheitsbefugnisse in Bezug auf die Errichtung und Nutzung von künstlichen Inseln, von Anlagen und Bauwerken, die wissenschaftliche Meeresforschung und den Schutz und die Bewahrung der Meeresumwelt.

Die AWZ der Bundesrepublik ist in der Ostsee ca. 4.500 km<sup>2</sup> groß. Sie grenzt an die ausschließlichen Wirtschaftszonen des Königreichs Dänemark, des Königreichs Schweden sowie der Republik Polen. Darüber hinaus trifft die deutsche AWZ an der Grenze zur 12-Seemeilen-Zone – welche zugleich die Hoheitsgrenze der Bundesrepublik Deutschland darstellt – auf die Küstengewässer der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein.

Es handelt sich bei vorliegendem Raumordnungsplan um einen räumlichen Gesamtplan mit raumrelevanten Festlegungen für folgende Bereiche:

- Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Seeschifffahrt
- Wirtschaftliche Nutzung
- Wissenschaftliche Nutzung
- Schutz der Meeresumwelt.

Der Festlegung von Zielen und Grundsätzen liegen insbesondere folgende Entwicklungsvorgaben zugrunde:

- Der besonderen Bedeutung der Schifffahrt - wie sie im SRÜ zum Ausdruck gebracht wird - soll auch im Rahmen der Raumordnung Rechnung getragen werden. Daher werden die anerkannten und für die internationale Schifffahrt wichtigen Schifffahrtswege im Sinne des Art. 60 Abs. 7 SRÜ als Grundgerüst des Raumordnungsplanes definiert, an denen sich andere Nutzungen zu orientieren haben.
- Entsprechend der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist es Ziel der Raumordnung, den Ausbau der Offshore-Windenergienutzung zu unterstützen. Dieses beinhaltet sowohl die Bereitstellung ausreichend dimensionierter Flächen zum Erreichen der in der Strategie genannten Ausbauziele, als auch die Sicherung einer geordneten Ableitung des in Offshore-Windparks auf dem Meer gewonnenen Stroms in Richtung Land.
- Nutzungen, wie bspw. Rohstoffgewinnung, Verlegung von Kabeln und Rohrleitungen sowie Forschung, ist genügend Raum und Sicherheit für weitere Entwicklungen zu geben. Zugleich ist genügend Flexibilität für noch nicht absehbare künftige Entwicklungen zu bewahren. Vor diesem Hintergrund werden zum einen für genannte Nutzungen Gebietsfestlegungen getroffen und zum anderen weite Teile der AWZ von Festlegungen freigehalten. So kann z.B. auch den Belangen der Fischerei Rechnung getragen werden, für die eine Festlegung von Gebietskategorien wegen der Regelungskompetenz der EU und der fehlenden räumlichen Abgrenzbarkeit von Fanggebieten nicht möglich ist.
- Über die fachplanerische Sicherung der NATURA-2000-Flächen hinaus soll ein Beitrag zum Schutz der Meeresumwelt als wertvoller Natur- und Freiraum geleistet werden. Bei Inanspruchnahme des Meeresraumes durch andere Nutzungen ist hierauf besonders Rücksicht zu nehmen.

## **1.2 Beziehung zu anderen relevanten Plänen und Programmen**

Bei der Raumordnungsplanung für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone handelt es sich um eine einstufige Planung, d.h. sie ist weder abgeleitet aus übergeordneten Plänen noch

gibt sie Vorgaben für nachgeordnete Planebenen. Auf die Raumordnungsplanung folgt unmittelbar die Genehmigungsebene.

Es gilt jedoch, andere Planungen und Untersuchungen im bzw. angrenzend an den Untersuchungsraum zu berücksichtigen. Dieses gilt insbesondere für die Festlegungen von zwei besonderen Eignungsgebieten für Windenergie nach § 3a Seeanlagenverordnung (SeeAnIV) in der AWZ der Ostsee, für die ebenfalls strategische Umweltprüfungen durchgeführt und welche nach Einbeziehung weiterer Belange und abschließender Abwägung auch auf Ebene der Raumordnung als Vorranggebiete in den Raumordnungsplan übernommen wurden, wie es auch § 18a Abs. 3 Satz 2 ROG 1998 vorsieht.

Darüber hinaus sind Abstimmungsprozesse mit den Ländern angezeigt, die im Küstenmeer raumordnerisch tätig geworden sind. Dieses ist im Ostseeraum für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern der Fall. Nach Neuaufstellung des Landesraumentwicklungsplans im Mai 2005 trifft das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern nunmehr landesplanerische Aussagen für das Küstenmeer. Zur Zeit befindet sich der Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein 2009 in der Neuaufstellung, welcher Aussagen zum schleswig-holsteinischen Küstenmeer trifft. Die Öffentlichkeitsbeteiligung wurde am 31.01.2008 eingeleitet.

Der in der kartographischen Darstellung der Ostsee besonders gekennzeichnete Bereich der Nordansteuerung der Häfen Swinemünde (Swinoujście) und Stettin (Szczecin) sowie der Reede Nr. 3 wird vom Raumordnungsplan wegen widersprechender Rechtsauffassung nicht erfasst. Nach deutscher Ansicht handelt es sich um einen Teil der deutschen AWZ, wobei hieraus im Verhältnis zu Polen keine Rechte und Pflichten geltend gemacht werden. Nach polnischer Ansicht ist dieser Bereich Teil des polnischen Küstenmeeres.

### **1.3 Darstellung und Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes**

Umweltschutzziele geben Auskunft darüber, welcher Umweltzustand in Zukunft angestrebt wird (Umweltqualitätsziele). Ziele des Umweltschutzes lassen sich in einer Gesamtschau den internationalen, gemeinschaftlichen und nationalen Übereinkommen bzw. Vorschriften entnehmen, die sich mit dem Meeresumweltschutz befassen und aufgrund derer sich die Bundesrepublik Deutschland zu bestimmten Grundsätzen bekannt und zu Zielen verpflichtet hat. Diese Übereinkommen bzw. Vorschriften dienen als Vorgabe für die anstehende Aufstellung des Raumordnungsplans und des Umweltberichts.

#### **1.3.1 Übersicht über internationale Übereinkommen zum Meeresumweltschutz**

Die Bundesrepublik Deutschland ist Vertragspartei aller relevanten internationalen Übereinkommen zum Meeresumweltschutz.

(1) *Weltweit gültige Übereinkommen, die ganz oder teilweise dem Meeresumweltschutz dienen*

- Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen von 1982
- Übereinkommen von 1973 zur Verhütung der Verschmutzung durch Schiffe in der Fassung des Protokolls von 1978 (MARPOL 73/78)
- Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen (London, 1972) sowie das Protokoll von 1996
- Übereinkommen über Maßnahmen auf Hoher See nach Ölverschmutzungs-Unfällen von 1969
- Übereinkommen über Vorsorge, Bekämpfung und Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Ölverschmutzung (OPRC) von 1990.

(2) *Regionale Übereinkommen zum Meeresumweltschutz*

- Übereinkommen über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes (Helsinki-Übereinkommen von 1992).
- 

(3) *Schutzgutspezifische Abkommen*

- Übereinkommen zur Erhaltung der wandernden wild lebenden Tierarten von 1979 (Bonner Konvention)
- Im Rahmen dieser Konvention geschlossene Abkommen:
- Abkommen zur Erhaltung der Kleinwale in Nord- und Ostsee von 1991 (ASCOBANS)
- Abkommen zur Erhaltung der europäischen Fledermauspopulation von 1991
- Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel von 1995
- Übereinkommen über die biologische Vielfalt von 1993.

### 1.3.2 Umweltschutz auf EU- und internationaler Ebene

Als einschlägige Rechtsvorschriften sind insbesondere die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie)<sup>2</sup>, die Vogelschutzrichtlinie<sup>3</sup> und die Wasserrahmenrichtlinie<sup>4</sup> sowie Vorschriften zur nachhaltigen Fischerei im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik<sup>5</sup> zu nennen.

Ferner hat die Europäische Kommission am 24.10.2005 im Rahmen der Umsetzung des 6. Umweltaktionsprogramms eine thematische Strategie für den Schutz und die Erhaltung der Meeresumwelt zusammen mit einem Vorschlag für eine „EU-Meeresschutzstrategie“ (Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie)) vorgelegt (EUROPÄISCHE KOMMISSION; 2005a, 2005b). Gesamtziel der Strategie sind „Schutz und Wiederherstellung der Ozeane und Meere Europas sowie die Nachhaltigkeit menschlichen Handelns, damit auch zukünftige Generationen Ozeane und Meere genießen und nutzen können, die biologische Vielfalt bieten, dynamisch, sicher, sauber, gesund und produktiv sind“. Ziel der Meeresschutzstrategie ist die „Erreichung oder Einhaltung eines guten Zustands der Meeresumwelt Europas bis zum Jahr 2020“. Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/756/EG) ist am 17.06.2008 vom Europäischen Parlament und vom Rat verabschiedet worden.

Am 7.6.2006 hat die Europäische Kommission das Grünbuch „Die künftige Meerespolitik der EU: Eine europäische Vision für Ozean und Meere“ veröffentlicht (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006). Es soll eine Debatte über die künftige Meerespolitik der EU anstoßen, die von einer ganzheitlichen Betrachtung der Ozeane und Meere ausgeht. Damit verfolgt die EU das strategische Ziel „die Notwendigkeit einer umfassenden Meerespolitik, die auf Entwicklung einer prosperierenden maritimen Wirtschaft und die Realisierung des vollen Potentials dieser Wirtschaftstätigkeiten in ökologisch nachhaltiger Weise abzielt und durch Exzellenz in meereswissenschaftlicher Forschung, Technologie und Innovation getragen wird“. Die Meeresschutz-

---

<sup>2</sup> Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 über die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen - Flora-, Fauna-, Habitat-Richtlinie (FFH-RL) (ABl. L 206, S.7).

<sup>3</sup> Richtlinie 79/409/EWG des Rates vom 2. April 1979 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten - EU-Vogelschutzrichtlinie (ABl. L 103, S.1).

<sup>4</sup> Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327, S. 1).

<sup>5</sup> Verordnung (EG) Nr. 2371/2002 des Rates vom 20.12.2002 über die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Fischereieressourcen im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik (ABl. L 358 vom 31.12.2002, S. 59 ff.); Verordnung (EG) Nr. 894/97 des Rates vom 29. April 1997 über technische Maßnahmen zur Erhaltung der Fischbestände (ABl. L 132 vom 23.05.1997, S. 1).

strategie wird als Umweltsäule der künftigen EU-Meeresspolitik betrachtet. Im Oktober 2007 hat die Kommission das sog. Blaubuch „Eine integrierte Meeresspolitik für die Europäische Union“ (KOM (2007) 575), das an die Ergebnisse des Konsultationsverfahrens des Grünbuchs anknüpft, sowie einen Aktionsplan (SEC (2007) 1278) zu den wichtigsten maritimen Aufgabenbereichen, inkl. nachhaltiger Meeresnutzung sowie Klimawandel, veröffentlicht. Dieses Blaubuch ist vom Europäischen Rat am 14.12.2007 gebilligt worden. Gleichzeitig wurde die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie als umweltpolitische Säule der Meeresspolitik ausdrücklich begrüßt.

In diesem Zusammenhang sind auch die Klimaschutzziele auf europäischer Ebene zu erwähnen. Der Europäische Rat hat am 09.03.2007 einen Aktionsplan für eine europäische Energiepolitik verabschiedet und ehrgeizige Klimaschutzziele beschlossen. Zielvorgabe für die EU ist es, die Treibhausgasemissionen bis 2020 gegenüber 1990 um 30% zu reduzieren. Der europäische Rat billigte auch das verbindliche Ziel in Höhe von 20% für den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU bis 2020 (Dok. 7224/07)

Im Rahmen des Helsinki-Übereinkommens über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebiets verständigte sich die Helsinki-Kommission (HELCOM) 2005 darauf, einen „Baltic Sea Action Plan“ (BSAP) zu entwickeln. Der BSAP soll sicherstellen, dass alle möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung der Ostsee getroffen und vorhandene Schäden saniert werden. In diesem Zusammenhang verabschiedete HELCOM die Vision „A healthy Baltic Sea Environment, with diverse biological components functioning in balance, resulting in a good status and supporting a wide range of sustainable human economic and social activities“ sowie ein System von strategischen Zielen und ökologischen Qualitätszielen, mit dem ein gemeinsam akzeptierter „guter Umweltzustand“ erreicht werden soll. Der Baltic Sea Action Plan ist im Rahmen einer Ministerkonferenz im Herbst 2007 verabschiedet worden.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass es sich bei der Ostsee (mit Ausnahme der russischen Gewässer) um ein von der International Maritime Organization (IMO) ausgewiesenes "Particularly Sensitive Sea Area" (PSSA – Besonders Empfindliches Meeresgebiet) handelt.

### 1.3.3 Umweltschutz auf nationaler Ebene

Hinsichtlich des im Raumordnungsplan zu berücksichtigenden Umweltschutzes sind zunächst die einschlägigen Vorgaben des Raumordnungsgesetzes darzulegen. Leitvorstellung der Raumordnung ist nach § 1 Abs. 2 ROG 1998 (vgl. § 1 Abs. 2 ROG) die nachhaltige Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt und zu einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung führt. Darüber hinaus werden im ROG Grundsätze formuliert, die sich hinsichtlich des Meeresumweltschutzes – z.T. in auf die Gegebenheiten in der AWZ angepasster Form - anwenden lassen.

So enthalten § 2 Abs. 2 Nr. 3 und 8 ROG 1998 (vgl. § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG) u.a. folgende Inhalte:

#### Nr. 3

*"Die großräumige und übergreifende Freiraumstruktur ist zu erhalten und zu entwickeln. Die Freiräume sind in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Böden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt sowie das Klima zu sichern oder in ihrer Funktion wiederherzustellen. (...)"*

#### Nr. 8

*"Natur und Landschaft einschließlich Gewässer, Wald und Meeresgebiete sind dauerhaft zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, möglich und angemessen, wiederherzustellen. (...) Die Naturgüter, insbesondere Wasser und Boden, sind sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen. (...) Bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen soll der Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden. (...)"*

Laut Begründung zum ROG beinhaltet der Schutz der Meeresumwelt dabei "insbesondere die Tier- und Pflanzenwelt des Meeres einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie des Vogelzuges. Die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sollen auf Dauer gesichert werden. Auch die Qualität des Meerwassers, die Hydrographie und die Sedimentverhältnisse sind dem Begriff der Meeresumwelt zuzurechnen"<sup>6</sup>.

Weitere Zielsetzungen im Bereich des Meeresumweltschutzes ergeben sich auf nationaler Ebene fachrechtlich durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)<sup>7</sup>, soweit es für die AWZ gilt, d.h. insbesondere aus der Festlegung von geschützten Meeresflächen nach § 38 BNatSchG. In der Ostsee gibt es zum Zeitpunkt des Inkrafttretens des Raumordnungsplans eine Meeresfläche gemäß § 38 BNatSchG, und zwar das am 15.09.2005 durch Verordnung festgesetzte Naturschutzgebiet "Pommersche Bucht" (EU-Vogelschutzgebiet).<sup>8</sup> In § 3 Abs. 1 der Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes "Pommersche Bucht" wird der Schutzzweck des Gebietes näher definiert: Die Unterschutzstellung dient der dauerhaften Erhaltung und Wiederherstellung des Meeresgebietes in seiner Funktion als Nahrungs-, Überwinterungs-, Mauser-, Durchzugs- und Rastgebiet für die dort vorkommenden Arten nach Anhang I der Richtlinie 79/409/EWG. Die erforderlichen Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen zur Sicherung des Überlebens und der Vermehrung dieser Vogelarten und zur Sicherung ihrer Lebensräume werden im einzelnen in § 3 Abs. 2 der Verordnung aufgeführt. Außerdem sind die im Mai 2004 gemeldeten und 2007 in die Liste der EU-Kommission aufgenommenen FFH-Gebiete „Adlergrund“, „Fehmarn Belt“, „Kadetrinne“, „Pommersche Bucht mit Oderbank“ und „Westliche Rönnebank“ zu nennen, für die das Bundesamt für Naturschutz (BfN) vorläufige Schutz- und Erhaltungsziele formuliert hat.

Darüber hinaus hat sich die Bundesregierung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie in der "Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See" aus dem Jahr 2002 zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen dafür zu schaffen, dass die Potenziale der Offshore-Windenergie möglichst schnell erschlossen werden. Hiermit soll insbesondere unter Klimaschutzgesichtspunkten ein wichtiger Beitrag zur umweltverträglichen Ausgestaltung der Energieversorgung geleistet werden. Ziel ist die Realisierung von 1.000 bis 1.500 Megawatt (MW) installierter Leistung bis zum Jahre 2010 sowie 25.000 bis 30.000 MW bis zum Jahre 2030. Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung aus dem Dezember 2007 sieht nun vor, dass der Anteil der erneuerbaren Energien im Strombereich auf 25-30% im Jahr 2020 gesteigert und danach kontinuierlich erhöht werden soll. Dazu soll die Offshore-Windenergie maßgeblich beitragen (ca. 25.000 MW bis zum Jahr 2030). In der Neufassung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, das am 01.01.2009 in Kraft getreten ist, ist eine Erhöhung des Anteils der erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf mindestens 30 % mit anschließender kontinuierlicher Erhöhung vorgesehen.

### **1.3.4 Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes**

---

<sup>6</sup> Siehe BT - Drucksache 15/2250, S. 60.

<sup>7</sup> Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege – Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 25.03.2002 (BGBl. I S. 1193) zuletzt geändert durch Gesetz vom 08.04.2008 (BGBl. I S. 686).

<sup>8</sup> BGBl. 2005 I, S. 2778.



Die genannten Ziele des Umweltschutzes werden auf verschiedene Arten in der Raumordnungsplanung berücksichtigt.

Die im Raumordnungsgesetz genannte Leitvorstellung sowie die Grundsätze der Raumordnung werden in den Leitlinien zur räumlichen Entwicklung der AWZ in Kapitel 2.4 "Langfristige Sicherung und Nutzung der besonderen Eigenschaften und Potenziale der AWZ durch Reversibilität von Nutzungen, sparsamen Flächenverbrauch sowie Priorität für meerespezifische Nutzungen" sowie in Kapitel 2.5 "Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen durch die Vermeidung von Störungen und Verschmutzungen der Meeresumwelt" aufgegriffen und vertieft. Auch die Zielsetzung der Stärkung der Offshore-Windenergie aus Gründen des Klimaschutzes findet ihren Niederschlag in den Leitlinien, und zwar in Kapitel 2.3 "Förderung der Offshore-Windenergienutzung entsprechend der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung".

Zudem finden sich bei den einzelnen Nutzungen diverse quellenbezogene Regelungen zum Meeresumweltschutz, welche einen Beitrag zur Erfüllung der entsprechenden Zielsetzungen leisten sollen. Diese beinhalten im wesentlichen:

- Berücksichtigung der besten Umweltpraxis („best environmental practice“) gemäß Helsinki-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik
- Untersuchung und Darlegung der Auswirkungen der Nutzung auf die Meeresumwelt im Rahmen eines vorhabenbezogenen Monitorings
- Berücksichtigung der Ausbreitungsvorgänge und weiträumigen ökologischen Wechselbeziehungen von Tier- und Pflanzenarten im Meer bei der Wahl des Standortes für die jeweilige Nutzung
- Vermeidung der Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken und Riffen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als sensible Lebensräume
- Flächensparende Ausübung der jeweiligen Nutzung;
- Rückbau baulicher Anlagen, soweit die nachteiligen Auswirkungen des Rückbaus für die Meeresumwelt geringer sind als der Verbleib
- Einschränkung des Verlegezeitraums von Rohrleitungen und Seekabeln bei der direkten oder indirekten Inanspruchnahme sensibler Habitats
- Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in Natura 2000-Gebieten
- Nachhaltige Bewirtschaftung der Fischbestände und Minimierung von Stoffeinträgen durch Marikultur.

Neben den dargestellten quellenbezogenen Festlegungen werden weitere Grundsätze zu Schutz und Pflege von Meeresnatur und –landschaft getroffen, welche zum Erreichen genannter Umweltschutzziele beitragen. Diese umfassen u.a.:

- Vermeidung und Verminderung von Beeinträchtigungen des Naturhaushalts unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips sowie des Ökosystemansatzes
- Im Falle dauerhaft nicht mehr genutzter Flächen: Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes der Funktionen des Naturhaushalts bzw. Sicherung der Leistungsfähigkeit dieser Funktionen des Naturhaushalts in einem den neuen Lebensverhältnissen angepassten Zustand des neuen ökologischen Gleichgewichts.
- Sicherung der natürlichen Eigenart der Meereslandschaft
- Dauerhafte, großflächige Erhaltung, Entwicklung und Sicherung der AWZ als ökologisch intakter Freiraum
- Freihalten des Meeres von Nutzungen, insbesondere von baulichen Anlagen, die vergleichbar auch an Land möglich wären.

Bei der Auswahl der Gebietsfestlegungen wurden die FFH- und EU-Vogelschutzgebiete soweit wie möglich weiträumig gemieden. In den Fällen, wo dieses nicht möglich war, wurde im Rahmen der Umweltprüfung eine Verträglichkeitsprüfung nach § 34 BNatSchG durchgeführt

(s. Kapitel 5). Somit wird sicher gestellt, dass die Erhaltungs- und Schutzziele dieser Gebiete nicht erheblich beeinträchtigt werden.

Mit den genannten Festlegungen wird insgesamt ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Ausgestaltung der Meeresnutzungen und zum Schutze der Meeresumwelt geleistet. Insbesondere wird auf die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten hingewiesen.

## **2 Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustands**

### **2.1 Boden (Sediment)**

#### **2.1.1 Geomorphologie**

Die Ostsee ist ein Nebenmeer des Atlantiks und über den Großen und Kleinen Belt sowie den Øresund mit der Nordsee verbunden. Ihre Meeresoberfläche ist an den äußeren Enden des Bottnischen und Finnischen Meerbusens im Mittel um 18 bis 20 cm höher als im Übergangsbereich der Beltsee zum Kattegat. Gelegentlich wird die Ostsee als Fjord oder Ästuar bezeichnet, weil sie ein relativ flaches, vom Ozean durch Schwellen und Meerengen getrenntes Becken darstellt, das eine erhebliche Süßwasserzufuhr erfährt (FENNEL, 1996). Ihr Bodenrelief zeichnet sich durch seine charakteristische Becken- und Schwellenstruktur aus, auf deren geologische Ursachen in den folgenden Kapiteln eingegangen wird. Abbildung 2 veranschaulicht die Abfolge von Becken und Schwellen, die nach Osten, mit Ausnahme der Bottenwiek in der nördlichen Ostsee, an Größe, Tiefe und Form zunehmen. WATTENBERG (1949) entwickelte auf dieser Grundlage eine natürliche Gliederung der Ostsee, die in ihrem südwestlichen Bereich Beltsee und Arkonasee umfasst. Für den vorliegenden Umweltbericht wurde diese Gliederung auf der Basis geologischer, geomorphologischer und ozeanographischer Kriterien weiter verfeinert.

Die Ostseebecken übernehmen die Funktion der Sedimentationsräume, in denen vorwiegend feinkörniges Material in Form von Schlicksedimenten abgelagert wird. Für das Ökosystem der Ostsee sind weniger die Becken mit ihren maximalen Wassertiefen als vielmehr die Schwellen von entscheidender Bedeutung, weil sie den Wasseraustausch und folglich die komplexen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse kontrollieren. Dabei sind für die Wirkung der Schwellen nicht ihre flachsten Bereiche ausschlaggebend, sondern die größten Tiefen der Rinnen innerhalb der Schwellen, die Volumen und Beschaffenheit des einströmenden (Boden-) Wassers bestimmen (KÖSTER und LEMKE, 1996).

Im Bereich der südwestlichen Ostsee unterbinden die Drogden-Schwelle am Südausgang des Øresunds und die Darßer Schwelle zwischen Gedser Rev und Fischland-Darß mit ihren flachsten Stellen von 7 m bzw. 18 m den ungehemmten Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee, so dass salz- und sauerstoffreiches Wasser aus der Nordsee nur unter bestimmten Bedingungen in größeren Mengen in die tieferen Ostseebecken einströmen kann. Dabei findet 73% des gesamten Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee über die Darßer Schwelle, speziell das Furchensystem der Kadettrinne, statt (JACOBSEN, 1980) – s. auch Kap. 2.2.1.

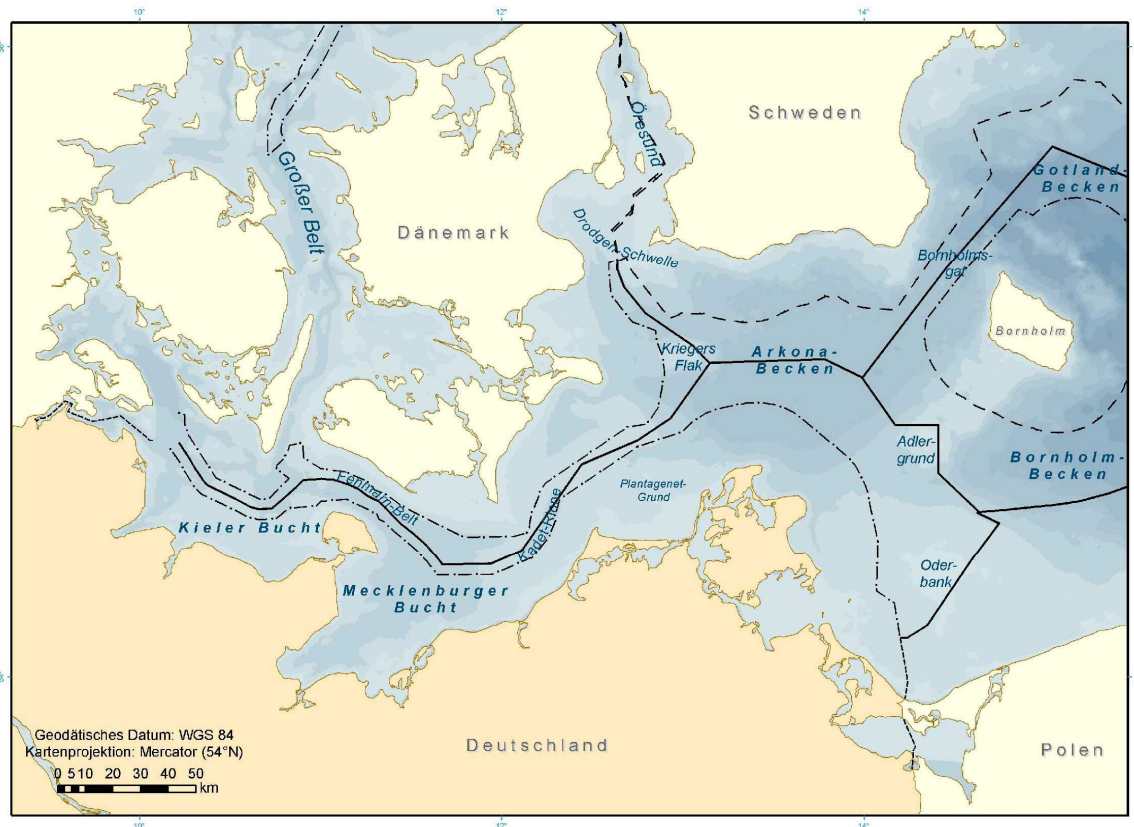


Abbildung 2: Bathymetrische Verhältnisse der südwestlichen Ostsee. Kieler und Mecklenburger Bucht bilden zusammen die Beltsee

## 2.1.2 Geologische Entwicklung

Die erdgeschichtliche Entwicklung des Ostseeraums ist aus verschiedenen Gründen für das Verständnis der geomorphologischen und geologischen Verhältnisse der heutigen Ostsee von Bedeutung. So wurden ihre heutigen Küstenformen sowie ihre charakteristische Morphologie aus Becken und Schwellen bereits durch Strukturen im tieferen Untergrund angelegt und insbesondere durch die formenden Kräfte des skandinavischen Inlandeises während der großen Vereisungen im Pleistozän (2,4 bzw. 1,8 Millionen bis 10.200 Jahre vor heute) weiter ausgestaltet.

Abbildung 3 zeigt eine stark vereinfachte Karte über den geologischen Aufbau des Ostseeraumes ohne die eiszeitlichen Ablagerungen und heutigen Sedimente der Ostsee (KATZUNG, 2004). Der tiefere Untergrund des Ostseeraums wird im Wesentlichen von zwei Hauptstrukturen bestimmt, die im südwestlichen Ostseeraum durch ein großes, transeuropäisches Störungssystem getrennt werden. Die über 2000 km lange Tornquist-Zone trennt den Baltischen Schild und die Osteuropäische Tafel (zusammen als Osteuropäische Platte bezeichnet) im Norden und Nordosten von der südwestlich angrenzenden Mitteleuropäischen oder Norddeutsch-Polnischen Senke, die wiederum Teil der Westeuropäischen Platte ist. Dieses bedeutende Störungssystem war über einen Zeitraum von mehreren Jahrmillionen aktiv und setzt sich im Einzelnen aus einer Vielzahl von Verwerfungen in der Erdkruste zusammen.

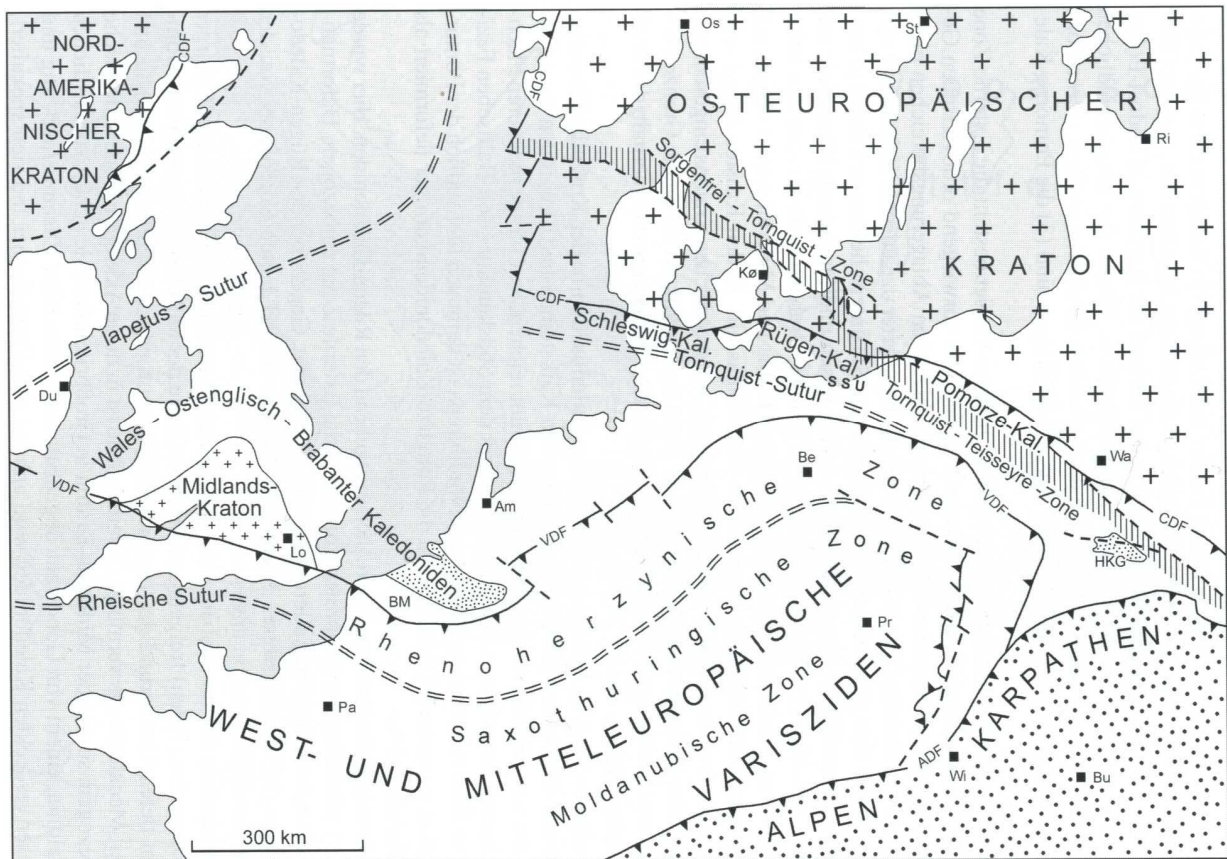


Abbildung 3: Stark vereinfachte Darstellung zum geologischen Aufbau des Ostseeraumes unterhalb der eiszeitlichen und heutigen Deckschichten (KATZUNG, 2004). Deutlich ist die Tornquist-Zone zu erkennen, die im Bereich von Bornholm durch den Rønne-Graben versetzt ist und die Osteuropäische von der Westeuropäischen Platte (Kraton) trennt

Abbildung 4 verdeutlicht die Häufigkeit und Stärke von Erdbeben in der südwestlichen Ostsee. Die Daten des Instituts für Seismologie der Universität Helsinki umfassen die Zeitspanne von 1375 bis heute. Die Verteilung der Erdbebenzentren ist im Ostseeraum bemerkenswerterweise nicht immer an Störungszonen im Untergrund gebunden. Insgesamt sind die Stärken der heutigen Erdbeben verhältnismäßig gering (maximal 3 bis 4). Die Zentren der Erdbeben im Seegebiet zwischen den dänischen Inseln Seeland und Bornholm liegen in der oberen Erdkruste in Tiefen bis 15 km.

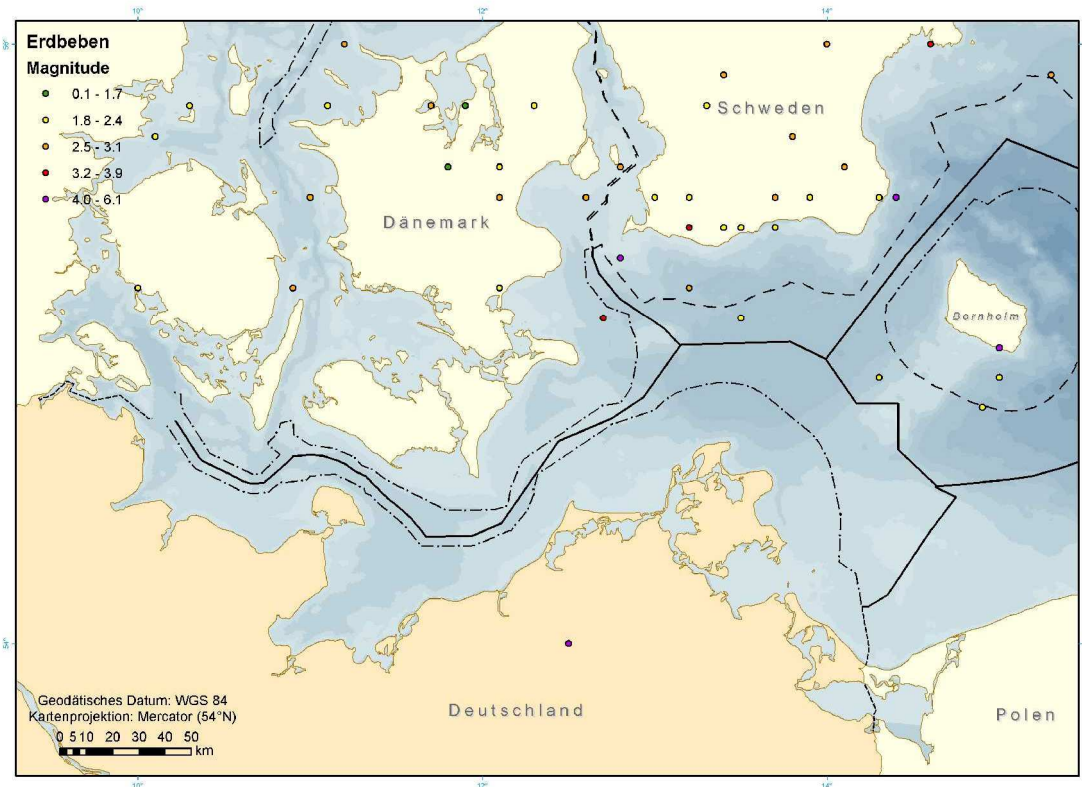


Abbildung 4: Verbreitung und Stärke von Erdbeben in der südwestlichen Ostsee seit 1375 (Quelle: Institut für Seismologie der Universität Helsinki). Die Bebenherde im Seegebiet zwischen Seeland und Bornholm liegen in Tiefen bis 15 km und sind nicht immer an Störungszonen in der Erdkruste gebunden

### **Präkambrium bis Paläozoikum (älter als 251 Millionen Jahre)**

Den ältesten Teil des tieferen Untergrunds bildet die Osteuropäische Platte (Baltischer Schild und Osteuropäische Tafel), deren Gesteine in weiten Teilen Skandinaviens an der Erdoberfläche anstehen. Darüber folgen zunächst paläozoische Sand-, Kalk- und Schiefergesteine. Vor etwa 400 Millionen Jahren entstand das kaledonische Gebirge, aus dessen Abtragungsschutt die festländischen Old Red-Sandsteine entstanden, welche große Teile eines Nord-Kontinents (Old Red oder auch Laurussia genannt) einnahmen. Im weiteren Verlauf kam es zu einer erneuten Überflutung und Ablagerungen von marinen Ton-, Sand- und Kalksteinen. Die variszische Gebirgsbildungsphase führte zu einer tiefgreifenden Änderung in der paläogeographischen Verteilung der Kontinente und Ozeane. Es entstand der Superkontinent Pangaea. Neben festländischem Verwitterungsschutt kam es zur Ablagerung von großen vulkanischen Lavamassen und Schmelztuffen (Ignimbrite), die entlang von Tiefenbrüchen austraten. Gegen Ende des Paläozoiums überflutete das Zechstein-Meer, von der heutigen Nordsee kommend, den südwestlichen Ostseeraum. In diesem subtropischen Randmeer lagerten sich bis zu 1.000 m mächtige Salzzyklen aus Salztonen, Kalksteinen, Dolomiten, Gips, Anhydrit (wasserfreier Gips), Stein- und Kalisalzen ab. In den Kalksandsteinen der Flachwassergebiete bildeten sich mehrere kleinere Erdöl- und Erdgas-Vorkommen. Heute ist nur noch die potenzielle Erdgas-Kondensat-Lagerstätte bei Heringsdorf von wirtschaftlichem Interesse.

### **Mesozoikum (Erdmittelalter): 251 bis 65,5 Millionen Jahre**

Die Salzgesteine wurden im Zuge ihrer Sedimentation erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen unterworfen und begannen als Folge ihrer geringen Dichte in die jüngeren Deckschichten aufzusteigen. Aufgrund ihrer Fließfähigkeit drangen sie aus Tiefen von mehreren Tausend Metern in Form von Salzstöcken, Salzkissen oder Salzmauern teilweise bis an die Erdoberfläche. Der Salzaufstieg, der bei einigen Salzstrukturen immer noch andauert, geht meist auf tektonische Anstöße, d.h. Bewegungen entlang von Störungszonen in der Erdkruste,

zurück. An der deutschen Ostseeküste nimmt die Intensität der Salztektunik von Westen nach Osten ab.

Nach dem Auseinanderbrechen des Superkontinents Pangaea am Ende des Paläozoikums kam es bei mehreren Meeresvorstößen zur Bildung von Sandsteinen, Kalken und Tonen. Die brackisch-ästuarinen Dogger-Sandsteine sind heute in Norddeutschland die bedeutendsten Erdöl-Speichergesteine, aus denen bei Schwedeneck nordöstlich von Eckernförde von 1984 bis 2000 insgesamt 3,4 Millionen t Erdöl gefördert wurden. Vor etwa 100 Millionen Jahren führte ein weltweiter Meeresspiegelanstieg zur Ablagerung der Schreiekreide, die heute infolge tektonischer Bewegungen und Gletschertransports die Kreideklippen auf den Ostsee-Inseln Rügen und Møn bilden.

*Känozoikum (Erdneuzeit): 65,5 Millionen Jahre bis heute*

Zu Beginn des Tertiärs wurde der norddeutsche Raum von insgesamt neun Zyklen von Meeresspiegelschwankungen erfasst. Im älteren Tertiär reichte der Meereseinfluss zeitweilig über das Norddeutsche und Dänische Becken bis Ostpreußen und an den Südrand des Gotland-Beckens. Im weiteren Verlauf folgten dem nach Westen zurückweichenden Tertiär-Meer die Fluss- und Delta-Sedimente der Braunkohlensande, die in Norddeutschland den bedeutendsten Grundwasserspeicher darstellen. Nach dem endgültigen Rückzug des Meeres dominierten die Ablagerungen des Baltischen Flusssystemes. Dieses weit verzweigte, aufgefächerte Flusssystem mit den Nebenflüssen der Vorgänger von Weser und Elbe folgte weitgehend dem Verlauf des heutigen Ostseebeckens, das damals noch nicht existierte. Es formte den Weg für die skandinavischen Gletscher der nachfolgenden Eiszeiten vor.

Bereits gegen Ende des Tertiärs setzte eine weltweite Klimaverschlechterung ein, die im Quartär (2,4 Millionen Jahre bis heute) in den großen Vereisungszyklen des Pleistozäns gipfelte und vor 10.200 Jahren endete. Dabei gab es Phasen kälterer Klimaverhältnisse (Kaltzeiten), in denen die Gletscher unterschiedlich weit in den Ostseeraum und nach Norddeutschland vordrangen, und Warmzeiten mit einem entsprechenden Rückzug der Gletscher. Daran gekoppelt waren Meeresspiegelschwankungen bis 130 m mit weitreichenden Auswirkungen auf die paläogeographischen Verhältnisse. Die Entwicklung im ältesten Pleistozän (Menap bis Elster) ist im südlichen Ostseeraum weitgehend unbekannt. Frühestens während der Elster-Kaltzeit kam es jedoch zu ersten Ausschürfungen in Form schmaler, tiefer Rinnen ähnlich wie in Norddeutschland und der südlichen Nordsee. Erste deutliche Hinweise auf die Existenz eines Ostsee-Vorläufers stammen aus der Holstein-Warmzeit. Die heutige Ostsee-Senke wurde vor mehr als 130.000 Jahren während der beiden großen Gletschervorstöße der Saale-Vereisung (Drenthe- und Warthe-Stadium) ausgeräumt. In der Eem-Warmzeit füllte das Meer, von Westen kommend, große Teile der Ostsee-Senke aus und hatte über Finnland eine Verbindung zum Weißen Meer und zur Barentsee. Zur Zeit der letzten Eiszeit (Weichsel-Kaltzeit) lag der Meeresspiegel der Weltmeere 130 m unter dem heutigen Niveau. Das gesamte Ostseebecken war zu dieser Zeit von skandinavischem Inlandeis bedeckt, dessen Gletscher die Ostsee-Senke in ihrer heutigen Gestalt modellierten. Mit ihrem Rückzug vor 10.200 Jahren begann die eigentliche Entstehungsgeschichte der heutigen Ostsee.

### **2.1.3 Entstehung der Ostsee**

Der Rückzug des skandinavischen Inlandeises am Ende der Weichselzeit löste zwei unterschiedliche Vertikalbewegungen aus, die entscheidend für die Entstehung der Ostsee im Holozän (10.200 Jahre bis heute) waren. Zum einen führte das Freisetzen großer Wassermengen beim Abschmelzen des Gletscher zu einem weltweiten Meeresspiegelanstieg (eustatische Bewegungen). Zum anderen kam es in Skandinavien und im Ostseeraum zu einer Landhebung als Folge der Entlastung der Erdkruste, die durch die enorme Auflast von bis zu 3.000 m mächtigen Gletschern in den Erdmantel gedrückt worden war (isostatische Bewegungen). Daneben dauern regionale Bewegungen der Erdkruste (epirogenetische Vorgänge) an, die ebenfalls zu isostatischen Änderungen führen. Letztere weisen allerdings äußerst geringe Be-

träge von 1 mm pro Jahr im südwestlichen Ostseeraum und bis 9 mm pro Jahr im nordöstlichen Ostseeraum auf, so dass sie für die Entstehung der Ostsee kaum eine Rolle gespielt haben.

Die spät- und nacheiszeitliche Entwicklung der Ostsee lässt sich in vier große Stadien untergliedern:

- Baltischer Eisstausee (bis 10.200 Jahre vor heute)
- Yoldia-Meer (10.200 – 9.300 Jahre vor heute)
- Ancylus-See (9.300 – 8.000 Jahren vor heute)
- Litorina-Meer (8.000 Jahre – heute).

In der südlichen und östlichen Ostsee entwickelte sich vor dem Eisrand der **Baltische Eisstausee** allmählich aus zahlreichen kleineren Eisstauseen, die erst beim endgültigen Rückzug des Gletschers aus der Ostsee-Senke zu einem einheitlichen Seebecken zusammenwuchsen. Charakteristische Ablagerungen des Baltischen Eisstausees sind die rhythmisch geschichteten Bänder- bzw. Warventone. Der Westrand des Baltischen Eisstausees lag im Bereich der Darßer Schwelle. Form und Größe des Eisstausees änderten sich rasch in Abhängigkeit vom weiteren Abschmelzen des Eises und von der fortgesetzten isostatischen Landhebung. Der Baltische Eisstausee entwässerte endgültig nach Westen in eine Meeresbucht der Nordsee im heutigen Skagerrak und Kattegat, als sich der Eisrand am Übergang vom Pleistozän zum Holozän (10.200 Jahre vor heute) hinter die mittelschwedischen Endmoränen zwischen dem Vänern- und Vätternsee zurückgezogen hatte.

Im Zuge des eustatischen Meeresspiegelanstiegs drang Salzwasser über Mittelschweden nach Osten in den Raum von Stockholm vor. Mit dem Auftreten der hocharktischen Salzwassermuschel *Yoldia arctica* (heute *Portlandia arctica*) tritt die Ostsee in das **Yoldia-Stadium** ein. Das Stadium des Yoldia-Meeres endete, als aufgrund andauernder isostatischer Landhebung die Verbindung zur Nordsee verflachte und keine salzhaltigen Bodenströmungen mehr in das Ostsee-Becken eindringen konnten.

Die nachfolgende Phase des **Ancylus-Sees** ist nach der Süßwasser-Muschel *Ancylus fluviatilis* benannt. In diesem Stadium überwog die glazial-isostatische Landhebung gegenüber dem eustatischen Meeresspiegelanstieg, und es kam zu einer erneuten Abtrennung der Ostsee vom Weltmeer und zur Aussüßung durch die Zuflüsse. Der Ancylus-See hatte hinsichtlich seiner Ausdehnung bereits Ähnlichkeit mit der heutigen Ostsee. Das Gebiet der westlichen Ostsee war jedoch in diesem Stadium noch Festland. Die Gletscher hatten sich in die nördlichen Gebirgsregionen zurückgezogen, so dass erstmals die Ufer der Ostsee eisfrei waren. Der Ancylus-See entwässerte zunächst über Mittelschweden in die Nordsee. Nach einer weiteren isostatischen Hebung verlagerte sich der Abfluss nach Süden, bis auf dem Höhepunkt der Ancylus-Entwicklung der Überlauf über die Darßer Schwelle erfolgte, in dessen Verlauf die Kadetrinne und in der westlichen Fortsetzung die Rinnen des Fehmarn- und Großen Belts in den Untergrund eingeschnitten wurden.

Vor 8.000 Jahren erreichte der Meeresspiegelanstieg ein Niveau, das zur Überflutung der dänischen Belte und Sunde und damit zur erneuten Verbindung der Ostsee mit dem Weltmeer führte (**Litorina-Meer**). Das Litorina-Stadium wird in vier Unterstadien untergliedert:

- *Mastogloia*-Meer, benannt nach der Salzwasser-Diatomee (Phytoplankton) *Mastogloia smithii*, niedriger Salzgehalt, bis etwa 7.000 Jahre vor heute,
- *Litorina*-Meer *sensu strictu*, benannt nach der Salzwasser-Schnecke *Littorina littorea*, höchster Salzgehalt, bis etwa 2.000 Jahre vor heute,
- *Limnea*-Meer, benannt nach der Brackwasserschnecke *Limnea ovata*, leichte Aussüßung, bis etwa 500 Jahre vor heute und
- *Mya*-Meer (heutige Ostsee), benannt nach der Sandklaffmuschel *Mya arenaria*.

## 2.1.4 Regionalgeologische Beschreibung (Teilgebiete)

### 2.1.4.1 Kieler Bucht

Die Kieler Bucht als Teil der Beltsee liegt am Südausgang des Kleinen und Großen Belts in die westliche Ostsee. Die östliche Begrenzung bilden der Fehmarn-Belt und Fehmarn-Sund. Die Kieler Bucht ist eine typische Fördenküste, deren schmale, tiefeingeschnittene Buchten durch die erosive Tätigkeit des Weichsel-Gletschers geformt wurden.

Die Wassertiefen liegen zwischen 5 m auf dem Stoller Grund und über 35 m in der Vinds Grav-Rinne bei Fehmarn. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt 15 bis 20 m. Mehrere Untiefen sind Reste einer ehemaligen Landoberfläche, die heute als „ertrunkene“ Endmoränenreste vom umgebenden Meeresboden herausragen. Im nördlichen Teil der Kieler Bucht befindet sich ein etwa West-Ost verlaufendes Rinnensystem bestehend aus der Vejsnæs-Rinne südlich der dänischen Insel Ærø, die über mehrere kleinere Rinnen ihre östliche Fortsetzung im Vinds Grav am Westausgang des Fehmarn-Belts hat. Die maximalen Wassertiefen liegen bei über 30 m in der Vejsnæs-Rinne bzw. bis 42 m im Vinds Grav.

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die Sedimentverteilung auf dem Meeresboden der Kieler Bucht (HERMANSEN und JENSEN, 2000). Restsedimentvorkommen konzentrieren sich auf den küstennahen Bereich zwischen der Flensburger Förde und Eckernförder Bucht sowie westlich von Fehmarn. Einzelne kleinere Vorkommen finden sich auf den Untiefen. Die Sandzonen sind besonders in Nachbarschaft zur Großen Belt-Rinne, wo genügend starke Strömungen Megarippel bilden, auf dem relativ ebenen Meeresgrund in 15 bis 18 m Tiefe und auf der Leeseite verschiedener Untiefen zu finden. Die Verbreitung der schlickigen Sande ist entlang des Küstenhangs und um lokale Untiefen auf einen schmalen Streifen beschränkt. Großflächig kommt er in der Senke westlich von Fehmarn vor. In einigen Bereichen des Fehmarn-Belts liegt dieser Sedimenttyp aufgrund der starken Strömungsverhältnisse in relativ großen Wassertiefen. Schlicker sind hauptsächlich in den Förden verbreitet. Im östlichen Teil der Kieler Bucht sind infolge der geringeren Wassertiefen kaum Schlickvorkommen anzutreffen. Mischsedimente treten in den tiefen Rinnen des Großen Belts und des Fehmarn-Belts auf.

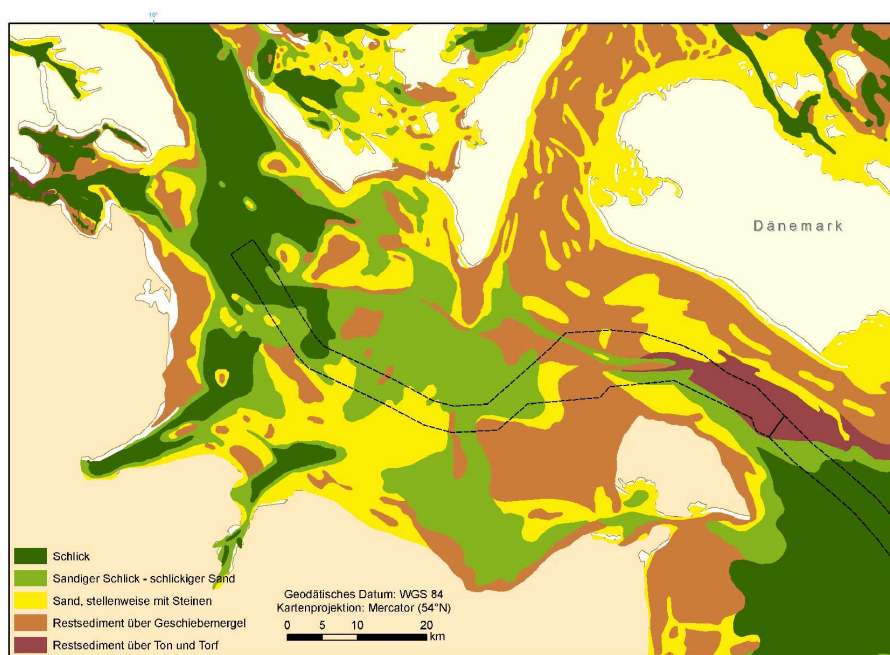


Abbildung 5: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden der Kieler Bucht (HERMANSEN und JENSEN, 2000). In dem Bereich der AWZ kommen sämtliche auf dem Meeresboden anstehenden Sedimenttypen vor



Für den geologischen Aufbau des oberen Meeresbodens ist von Bedeutung, dass die Kieler Bucht erst im Zuge der Litorina-Transgression vor 8.000 Jahren von der Ostsee überflutet wurde. Nach ATZLER (1995) besteht die holozäne Sedimentauflage neben der bereits beschriebenen Sedimentverteilung aus spätglazialen Sanden und Bändertonen. Während die Sande ausschließlich im Außenbereich der Kieler Förde vorkommen, wurden die Bändertone in alten Rinnensystemen, die über die gesamte Kieler Bucht verteilt sind, abgelagert. Die holozänen Sedimente liegen auf einem weichselzeitlichen, 4 bis 5 m mächtigen Geschiebemergel, der aus einer jüngeren und älteren Einheit besteht und in der Kossauer Rinne (westlich von Fehmarn) eine maximale Mächtigkeit von 70 m erreicht. Lokal sind im Geschiebemergel, der zahlreiche Steine und Findlinge führen kann, weichselzeitliche Schmelzwassersande eingeschaltet.

In weiten Teilen der Kieler Bucht folgen unter den weichselzeitlichen Ablagerungen saalezeitlicher Geschiebemergel und Schmelzwassersande, die wiederum in der Regel auf älteren eiszeitlichen oder tertiären Tonen und Sanden liegen. In diesem Seegebiet kommen mehrere große, pleistozäne Rinnensysteme vor, die heute zwar weitgehend verfüllt, aber teilweise noch als leichte Depressionen im Meeresboden erhalten sind und mit der rezenten Schlickverteilung korrelieren.

### **Fehmarn-Belt**

Der 18 bis 24 km breite Fehmarn-Belt nimmt eine Sonderstellung für den Wasseraustausch der Belte mit den östlich angrenzenden Ostsee-Becken ein, indem der Austausch zwischen Nord- und Ostseewasser überwiegend über das System Großer Belt – Fehmarn-Belt erfolgt. Die durchschnittlichen Wassertiefen liegen in dieser Meeresecke zwischen 15 und 25 m. Am Westeingang ragt die ehemalige Eisrandlage des Öjets bis 10 m Wassertiefe auf und verengt den Querschnitt des Fehmarn-Belts in einer Weise, dass die hohen Strömungsgeschwindigkeiten den beim Überlauf des Anclyus-Sees entstandenen Vinds Grav weiter bis auf 42 m Tiefe ausgeräumt haben.

Ausdruck dieser markanten hydrodynamischen Verhältnisse sind mehrere Mega- bzw. Riesenrippelfelder im westlichen Fehmarn-Belt. Die Riesenrippel treten in 11 bis 18 m Wassertiefe auf und bestehen vorwiegend aus Mittelsand. Sie haben Kammhöhen bis 2 m und Wellenabstände von 60 bis 70 m. Kleinere Formen mit Abständen von 25 m finden sich in Wassertiefen von 24 m. Aus ihrem Kammverlauf und ihrem asymmetrischen Querschnitt kann der ostwärts gerichtete Einstrom abgeleitet werden, der spitzwinklig zu den Tiefenlinien verläuft. Dies wird durch langgestreckte Strömungsmarken (Kometenmarken) bestätigt, die im Lee von Hindernissen (Steinen) im Bereich dünner Sandbedeckung auftreten. Auf den Riesenrippeln treten kleinere Rippelfelder auf, in deren Tälern Schillanreicherung und vereinzelte Bioturbation beobachtet wird. Die Riesenrippel liegen auf einer durchgehenden Lage aus Restsedimenten, die aus Steinen in unterschiedlicher Dichte bestehen, die Faustgröße erreichen und wie – anderorts auch – von Seepocken (*Balanus*) bewachsen sein können. Signifikante Unterschiede in der Besiedlung wurden zwischen Kamm- und Talbereich festgestellt, nicht jedoch zwischen Rippelfeld und Umgebung. Die Geschiebemergeloberfläche taucht im östlichen Fehmarn-Belt nach Osten ab, so dass in diesem Bereich spät- bis postglaziale Beckensedimente (Bändertone, Sande und Schluffe) vorherrschen, die zu den Flanken und zur Mecklenburger Bucht hin zunehmend von Sand bis Schlick überlagert sind.

Abbildung 6 zeigt einen geologischen Profilschnitt durch den Fehmarn-Belt zwischen Puttgarden und Rødby Havn. Über tertiären Tonen und kreidezeitlichen Kalken liegt ein 6 bis 57 m mächtiger Geschiebemergel, der wiederum von bis zu 9 m mächtigen Beckentonen des zentralen Fehmarn-Belts überlagert wird. In den Flachwasserbereichen am Rand der Rinne kommen überwiegend sandige und schluffige Gytjen und Torfe vor, deren stufenförmiger Versatz mit tiefsitzenden Störungen in den tertiären Tonen und pleistozänen Geschiebemergeln in Verbindung gebracht wird. Die störungsbedingte Setzung und Ablagerung dieser Sedimen-

teinheit hat wahrscheinlich gleichzeitig stattgefunden, so dass die tektonischen Bewegungen die spät- und postglaziale Sedimentation beeinflusst haben.

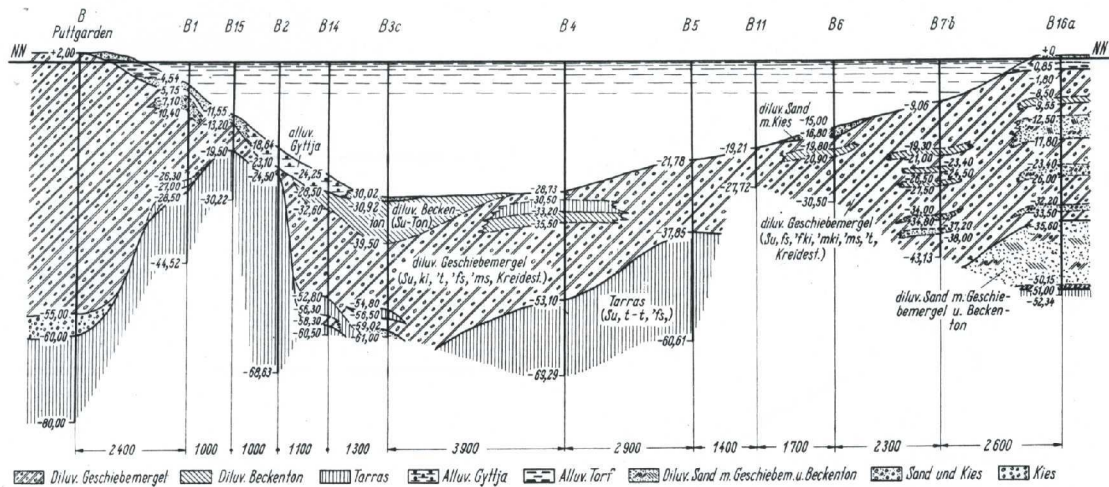


Abbildung 6: Geologischer Profilschnitt durch den Fehmarn-Belt zwischen Puttgarden und Rødby-Havn (RUCK, 1969)

### 2.1.4.2 Mecklenburger Bucht

Östlich des Fehmarn-Belt liegt die Mecklenburger Bucht, die nach KOLP (1976) etwa entlang der 20 m-Tiefenlinie zur Darßer Schwelle und zum Fehmarn-Belt abgegrenzt wird. Die Mecklenburger Bucht ist im Mittel etwas tiefer als die Kieler Bucht, mit einer maximalen Wassertiefe von 28 m jedoch deutlich flacher als das Arkona-Becken. Im Unterschied zur Kieler Bucht fehlen in der Mecklenburger Bucht und im Arkona-Becken die ausgeprägten Rinnenstrukturen im heutigen Meeresboden-Relief.

Die Verteilung der Oberflächensedimente zeigt deutlich den Beckencharakter der Bucht (Abbildung 7). Im Zentrum liegt unterhalb der 20 m-Tiefenlinie das Schlickgebiet, das zum Beckenrand allmählich sandiger wird. Nach der Sedimentklassifikation von KOLP (1966) handelt es sich im wesentlichen um Grobschlick. Im Allgemeinen nimmt die Mächtigkeit des Schlicks zum Beckenzentrum hin auf Werte zwischen 5 bis 10 m zu. Zum Beckenrand werden oberhalb der 20 m-Tiefenlinie Mittel- bis Grobsande auf der küstenfernen Sandzone angetroffen. Dabei gehen die Feinsande mit abnehmender Wassertiefe fließend in Grobsande über. Größere Vorkommen von Grobsand, Kies und Restsediment (Steine, Blöcke) treten in den Flachwasserzonen südlich von Fehmarn auf.

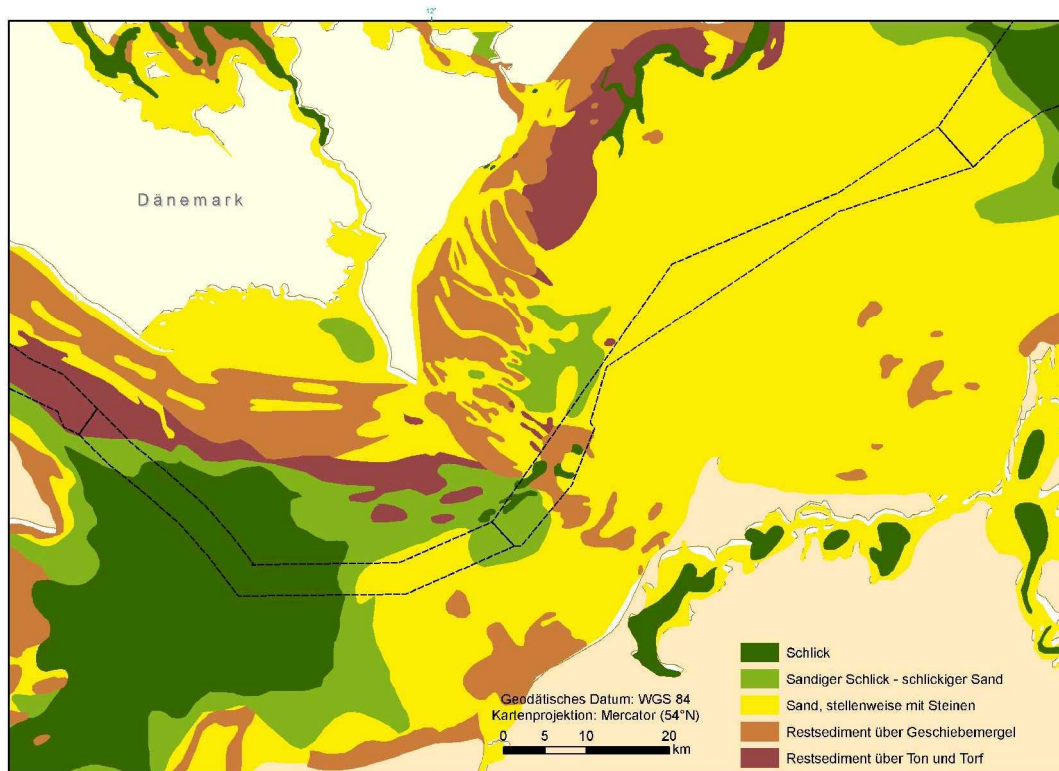


Abbildung 7: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden der Mecklenburger Bucht und der Darßer Schwellen (HERMANSEN und JENSEN, 2000). Der Bereich der AWZ liegt in der Mecklenburger Bucht vollständig im nördlichen Abschnitt des Schlackgebiets, die zum Fehmarn-Belt und zur Darßer Schwellen fließend in sandige Schlacke und schlackige Feinsande übergeht.

Die Quartärbasis der Mecklenburger Bucht besteht wahrscheinlich aus tertiären Sedimenten und liegt in Tiefen zwischen 50 bis 120 m unter NN. Darüber folgt der Geschiebemergel, der ähnlich wie in der Kieler Bucht oder im Arkona-Becken in zwei Einheiten untergliedert werden kann. Der untere Geschiebemergel hat vermutlich eine Mächtigkeit zwischen 20 bis 120 m. Der obere Geschiebemergel ist dagegen geringmächtiger; die Werte bewegen sich im Meter-Bereich. Er hat eine graue bis graubraune Farbe und führt zahlreiche Schreibkreide- und Flintgeschiebe. In den tiefsten Teilen der Mecklenburger Bucht und des Fehmarn-Belts liegen Sedimente aus der Zeit des frühen Baltischen Eisstaussees (W2), die weitgehend der Morphologie des Geschiebemergels folgen. In Wassertiefen über 20 m kommen spätglaziale Sedimente aus der Phase des späten Baltischen Eisstaussees (W3) vor. Sie bestehen aus geschichteten Tonen, die zum Beckenrand in Feinsande übergehen. In den tieferen Bereichen folgen auch sie der Morphologie der darunter liegenden Schichten, außerhalb dieser spätglazialen Becken sind sie horizontal gelagert. Die frühholozänen Süßwasserbildungen der W4-Einheit sind in der zentralen Mecklenburger Bucht 1 bis 2 m mächtig und lithologisch außerordentlich vielfältig: neben grauen Mittel- bis Grobsanden und grauen tonigen Schluffen finden sich Torfgyttjen und Torfe sowie stark kalkhaltige Gytjen und Seekreide. In diesen Sedimenten, deren Oberfläche teilweise erodiert wurde, treten häufig Pflanzenreste auf. Die jüngsten Ablagerungen stellen die litorinazeitlichen und jüngeren marinen Sedimente (W5) dar. Sie gleichen das Relief des Untergrunds aus und sind im Allgemeinen bis 7 m mächtig, lokal können auch Mächtigkeiten über 10 m erreicht werden. Zum Beckenrand keilt die Einheit aus und geht in geringmächtige Sande über. Die Basis des Schlacks bildet ein Transgressionskontakt, der häufig nur über verschiedene Molluskenarten zu erkennen ist.

### 2.1.4.3 Darßer Schwelle

Die Darßer Schwelle bezeichnet das Seegebiet zwischen der Halbinsel Fischland – Darß und den dänischen Inseln Falster und Møn. Aus ozeanographischer Sicht wird sie zu beiden Seiten an der 20 m-Tiefenlinie begrenzt (KOLP, 1976). Sie stellt eine Hochlage mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 17 m dar, welche die tiefer gelegenen Schlickakkumulationsgebiete der Mecklenburger Bucht und des Arkona-Beckens voneinander trennt. Im geologischen Sinn wird die Darßer Schwelle enger gefasst und zwar als ein etwa 12 km breiter Streifen zwischen Fischland-Darß und Falster, der von zwei submarinen Moränenzügen umschlossen wird (Darßer Schwelle i.e.S.) und östlich in die Falster-Rügen-Platte übergeht (KOLP, 1965).

Die Darßer Schwelle i.e.S. und die Falster-Rügen-Platte weisen große morphologische Unterschiede auf. Das Relief der Darßer Schwelle i.e.S. ist durch markante, kleinräumige Änderungen der morphologischen Formen gekennzeichnet. Prägendes Element ist ein submariner Geländerrücken aus Geschiebemergel, der vom Steilufer zwischen Wustrow und Ahrenshoop in nordwestlicher Richtung bis zum Gedser Rev verläuft (Abb. 7). In diesen Rücken ist das Furchensystem der Kadetrinne bis 32 m tief eingeschnitten. Südöstlich der eigentlichen Kadetrinne verläuft parallel die V-förmige, langgestreckte Grenztal-Rinne mit einer maximalen Wassertiefe von 22 m. Die Wassertiefen liegen überwiegend zwischen 10 und 20 m, wobei besonders an den Flanken räumlich eng abgrenzbare, 2 bis 3 m hohe Aufragungen des Meeresbodens beobachtet werden. Die starken Bodenströmungen haben in den tiefsten Teilen der Kadetrinne, die bei genauerer Betrachtung aus drei Rinnen besteht, in Abhängigkeit zur Bodenbeschaffenheit ein stark variierendes, kleinräumiges Relief herausgearbeitet. In unregelmäßiger Folge wechseln hier Geschiebemergelrippen von 1 bis 2 m Höhe mit ebenen Feinsand- und Schlickflächen. Im gesamten Verlauf der Kadetrinne kommen Mischsedimente vor. Die Kadetrinne unterliegt einer aperiodischen Schlicksedimentation, wobei eine Unterbrechung oder Ausräumung dann erfolgt, wenn die Sprungschicht zwischen salzreichem Tiefenwasser und salzärmerem Oberflächenwasser bei starken Ein- und vermutlich auch Ausstromlagen unwirksam wird. Die höchsten und steilsten Aufragungen werden im zentralen Teil der Kadetrinne beobachtet. Die Rinnen haben eine unregelmäßig verlaufende Talsohle und zeichnen sich stellenweise durch sehr steile Böschungen aus. In den Rinnen werden Riesen- bzw. Megarippel mit Kammabständen von etwa 400 m beobachtet (SHD, 1987; DIESING und SCHWARZER, 2003). Vergleichbare Formen mit Kammhöhen bis 5 m finden sich auf der Darßer Schwelle (LEMKE et al., 1994). Die morphologischen Strukturen deuten auf ausgeprägte sedimentdynamische Prozesse, ähnlich denen im Fehmarn-Belt oder in den dänischen Belten.

Die Darßer Schwelle i.e.S. besteht aus einer Geschiebemergel-Hochlage, auf deren Rücken und insbesondere an den Flanken der Rinnen eine unterschiedlich dichte Stein- und Blockbedeckung auftritt. Die Sohle und Flanken der Grenztal-Rinne sind dagegen frei von Restsedimenten. Hier lagern über 10 m mächtige Sande über dem Geschiebemergel. Ein lang gestreckter Sandrücken in 14 bis 15 m Wassertiefe trennt die Grenztal-Rinne vom Rinnensystem der Kadetrinne (TAUBER und LEMKE, 1995).

Das Gedser Rev ist der submarine Südausläufer der Insel Falster und stellt die geologisch-morphologische Fortsetzung der breiten Geschiebemergel-Hochlage auf dänischer Seite dar. Charakteristisch ist eine deutliche Zweiteilung im Hinblick auf seine Morphologie und Sedimentverteilung. Der Südwest-Hang hat eine unregelmäßige, dicht mit Steinen und Blöcken bedeckte Geschiebemergel-Oberfläche mit lokalen Aufragungen. In Verlängerung des Südwest-Hanges findet sich auf dem Gedser Rev in Tiefen von 8 bis 10 m eine 50 bis 60 cm starke Kiesauflage, die über einen längeren Zeitraum hinweg einer Gewinnung für Bauzwecke unterlag (KOLP, 1966).

Die Falster-Rügen-Platte ist wesentlich reliefärmer und mit Ausnahme des bis in weniger als 8 m Wassertiefe aufragenden Plantagenet-Grundes sowie einer nördlich davon gelegenen Rinnenstruktur ins Arkona-Becken kaum morphologisch strukturiert. Sie ist überwiegend von

kalkhaltigem Feinsand mit humosen Partikeln und winzigen Pflanzenresten sowie Torflagen bedeckt. Die Mächtigkeiten der Sande liegen zwischen 10 m bis 50 m. Sie nivellieren das spätglaziale Relief weitgehend ein (TAUBER et al., 1999).

Die Basis besteht aus drei Geschiebemergel-Horizonten, die vermutlich elster-, saale- und weichselzeitlichen Alters sind. Der elsterzeitliche Geschiebemergel (Einheit 1a) ist im Bereich der Kadetrinne erfasst, jedoch nicht direkt am Meeresboden aufgeschlossen. Er ist von bräunlichgrauer bis grünlicher Farbe und hat eine hohe Festigkeit. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 2 und 26 m. Der saalezeitliche Geschiebemergel (Einheit 1b) ist fest, grau und führt zahlreiche Schreibkreide-Geschiebe. Er kommt fast flächenhaft im Bereich der Darßer Schwelle i.e.S. vor. Seine Mächtigkeit bewegt sich zwischen wenigen Dezimetern im Bereich tiefer Rinnen und bis zu 26 m. In tieferen Abschnitten der Kadetrinne steht der mittlere Geschiebemergel unter einer geringmächtigen Auflage aus Schlick oder Restsedimenten an. Der weichselzeitliche Geschiebemergel (Einheit 1c) ist in den Seismogrammen auf der Darßer Schwelle i.e.S. deutlich zu verfolgen. Auf der Falster-Rügen-Platte wird nur die Oberkante des Geschiebemergels erfasst, ohne dass eine sichere zeitliche Zuordnung möglich ist. Westlich einer Linie Darßer Ort – Møn taucht seine Oberfläche ins Arkona-Becken ab. Die Mächtigkeit des weichselzeitlichen Geschiebemergels schwankt zwischen 1,6 und 16,9 m. Er ist grau bis bräunlich grau, hat eine plastische bis sehr feste Konsistenz und zeichnet sich durch zahlreiches Kreide-Geschiebe aus. Seine Oberfläche wird am Meeresboden von unsortierten, groben Restsedimenten bestehend aus Steinen und Blöcken bis über 1 m Durchmesser bedeckt. Auskolkungen um die Steine und Blöcke weisen auf die intensive Wirkung der starken Strömungsverhältnisse hin.

Bei den Einheiten 2 und 3 handelt es sich um sandige bis schluffige Sedimente, die als Schmelzwasser-Ablagerungen der bis zu 50 m unter NN eingeschnittenen Rinnen im Geschiebemergel abgelagert wurden. Ihre Mächtigkeit reicht bis 15 m. Pflanzenreste belegen das relativ hohe Alter der Feinsande, die unter einer 30 cm starken Sandauflage vorkommen und aus dem Yoldia-Stadium stammen. In den Feinsanden finden sich stellenweise mehrere Meter mächtige Tone, die in spätglazialen Staubecken zum Absatz kamen. Die Verbreitung der Einheit 3 ist im wesentlichen auf den Westrand des Arkona-Beckens, die Grenztal- und Vierendelehrinne beschränkt. Es handelt sich dabei überwiegend um gut bis mäßig sortierte olivgraue Feinsande mit hohem Kalkgehalt, die zum Arkona-Becken in die feinkörnige Fazies der spätglazialen Tone übergehen. Die Sedimente der Einheit 4 zeichnen sich durch eine große lithologische Vielfalt aus. Auf der Falster-Rügen-Platte kommen sie hauptsächlich in flachen Rinnen- und Beckenstrukturen gebunden vor. Im Bereich der Darßer Schwelle i.e.S. sind sie durch Torfe, Torf- und Kalkgyttjen und zwischengeschaltete Feinsande vertreten. Einheit 5 umfasst die postancyluszeitlichen Sedimente (Meeressande), die im Bereich der Darßer Schwelle selten mehr als 2 m Mächtigkeit aufweisen. Größere Mächtigkeiten finden sich am Gedser Rev und östlich von Falster. Auf der Falster-Rügen-Platte sind sie eher lückenhaft verbreitet und nur lokal in verfüllten Rinnen mehr als 3 m mächtig.

Die Quartärbasis liegt bei etwa 90 m unter NN (Normalnull) und wird von jurazeitlichen Sedimentgesteinen gebildet (LEMKE, 1998). Sie steigt von Fischland nach Nordosten an, wo kreidezeitliche Gesteine die Unterlage bilden. In der Prerower Störungszone liegt die Basis des Quartärs bei 30 m unter NN und fällt am Westrand des Arkona-Beckens auf etwa 70 m unter NN ab.

#### **2.1.4.4 Arkona-Becken**

Das Teilgebiet „Arkona-Becken“ wird zur Falster-Rügen-Platte von der 40 m-Tiefenlinie begrenzt. Im Westen ragt die Erhebung des Kriegers Flak ins Becken hinein. Im Nordosten hat das Arkona-Becken über den Bornholmshgat Verbindung zum Bornholm-Becken; im Osten grenzt es an die Untiefe der Rønne-Bank mit dem Adlergrund als seinem westlichen Ausläu-

fer. Das Arkona-Becken zeichnet sich durch eine einheitliche Beckenstruktur aus. Das Teilgebiet hat eine Fläche von ... km<sup>2</sup>; die maximale Wassertiefe liegt bei über 50 m.

Die Sedimentverteilung auf dem Meeresboden (Abbildung 8) besteht fast ausschließlich aus mittelschlickigen Sedimenten, die in der Regel unterhalb der 40 m-Tiefenlinie vorkommen (TAUBER et al., 2005). Der Schlick ist von grauolivier Färbung und führt in der Regel wenig Schill (Schalenreste); stellenweise werden bioturbate Strukturen beschrieben. Aufgrund des hohen Gasgehalts der Schlicksedimente sind weite Bereiche des Arkona-Beckens mit reflexionsseismischen Verfahren nicht kartierbar, trotzdem kann anhand von lokal vorliegenden Ergebnissen aus sog. „seismischen Fenstern“ der geologische Aufbau des Untergrunds rekonstruiert werden.

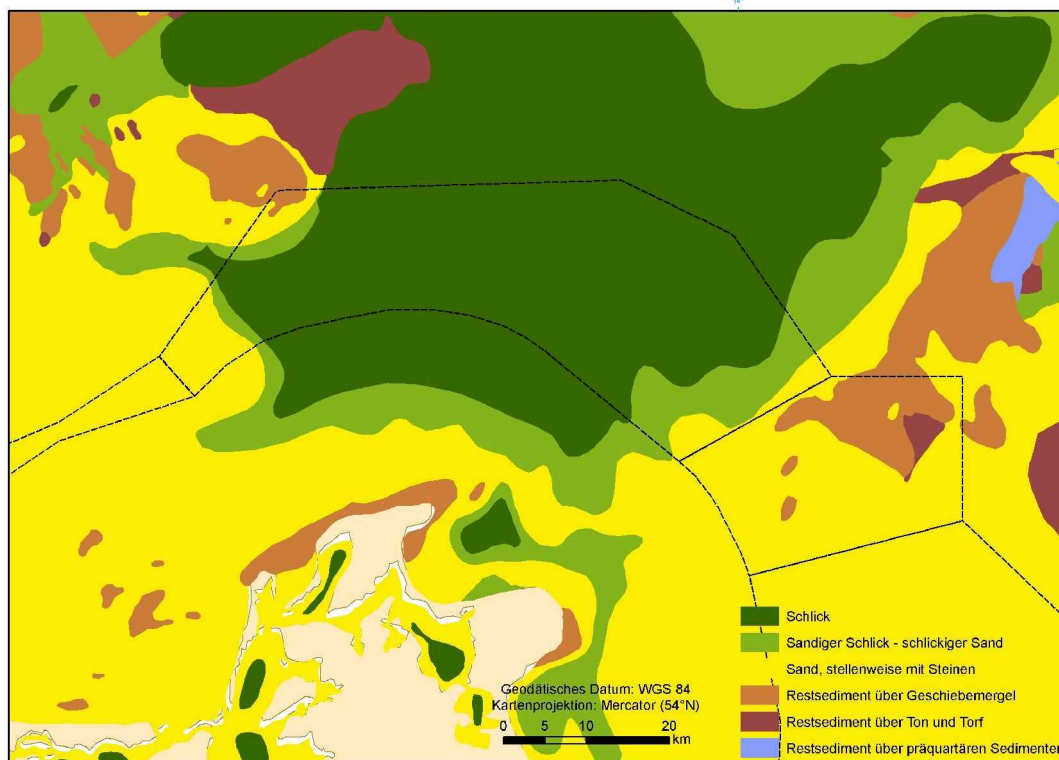


Abbildung 8: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden des Arkona-Beckens und Adlergrunds (HERMANSEN und JENSEN, 2000)

Im Arkona-Becken lässt sich die unterste Einheit in zwei Geschiebemergel-Horizonte (E1b und E1c) unterteilen, die beide vermutlich weichselzeitlichen Alters sind. Die Obergrenze des unteren Geschiebemergelhorizonts lässt sich über weite Bereiche des Arkona-Beckens verfolgen. Die größte Tiefenlage mit 78 m unter NN tritt nordnordöstlich von Kap Arkona auf. Der untere Geschiebemergel hat eine graue Farbe und besteht meist aus tonigem, teils feinsandigem Material von hoher Festigkeit. Er führt zahlreiche kleine Geschiebe, deren Zusammensetzung von Schreiekreide- und Flintgeschiebe dominiert wird. Der untere Geschiebemergel erreicht eine Mächtigkeit bis 35 m. Der obere Geschiebemergel (E1c) zeichnet in weiten Teilen das Relief des Unteren Geschiebemergels (E1b) nach. Er hat Mächtigkeiten, die kaum mehr als 12 m betragen, ist teils lückenhaft verbreitet und keilt zum Beckenrand hin aus.

Darüber folgen die spätglazialen „rosa“ Tone der Einheiten E2 und E3. Ihre Unterscheidung ist in den Seismogrammen nur im Bereich des Beckenrandes wie z.B. im Seegebiet zwischen der Tromper Wiek und dem Adlergrund möglich. Sie finden sich im gesamten südlichen Arkona-Becken und bestehen aus geschichteten rötlich bis rötlich-braunen Warventonen (E2) sowie einem homogenen, stark schluffigen, rötlichen Ton (E3), die in Bereichen mit tief liegendem

Geschiebemergel bis 16 m mächtig werden können. Sie zeichnen die Oberfläche des Geschiebemergels nach. Die Einheit E4 besteht aus grauen, postglazialen schluffigen Tonen, Schluffen und humosen Sedimenten des Yoldia- und Ancyclus-Stadiums, die am Süd- und Westrand des Arkona-Beckens vorkommen. Charakteristisches Merkmal der grauen Schluffe sind die dunkelgrauen bis schwarzen Lagen, Linsen und Schmitzen. Ihre Oberfläche folgt generell dem Relief der rötlich bis rötlich-braunen Tone. Sie erreichen Mächtigkeiten bis 5 m. Die Einheit E5 besteht im zentralen Teil aus Schlick, der zum Beckenrand hin in sandige Schlicke bzw. schlickige Sande übergeht. Meist liegt die Mächtigkeit bei 2 bis 4 m, wobei in Abhängigkeit vom Relief bis 10 m Mächtigkeit möglich sein können, was vor allem im Zentrum des südlichen Teilbeckens der Fall ist. Die Schlicksedimentation hat zu einer weitgehenden Nivellierung des Reliefs geführt. Der Schlick hat eine oliv- bis dunkelgraue Farbe und ist weichplastisch. Häufig führt er Schlieren, Linsen und schmale Lamellen, die aus geringfügig hellerem, grobschluffigem bis feinsandigem Material bestehen und auf Bioturbation zurückzuführen sind. Die Oberfläche des Schlicks ist von einer wenige Millimeter mächtigen, bräunlichen flockigen Schicht (fluffy layer) bedeckt. Unmittelbar darunter liegt in der Regel eine mehrere Dezimeter mächtige, dunkelgraue bis schwarze Schicht, die sich durch einen intensiven Schwefelwasserstoff-Geruch auszeichnet. Mit zunehmender Sedimenttiefe geht diese Schicht in den normalen olivgrauen Schlick über, der zunehmend fester wird und häufig Molluskenbruchstücke und angelöste Molluskengehäuse beinhaltet.

### **Kriegers Flak**

Der Kriegers Flak (auch als Møn-Bank bezeichnet) ist eine Untiefe am westlichen Rand des Arkona-Beckens. Seine Wassertiefen liegen zwischen 16 m im Bereich der dänischen AWZ und 40 m auf deutscher Seite. Morphologisch tritt das Gebiet als Kuppe in Erscheinung, die nach Osten und Süden ins Arkona-Becken abtaucht. Dabei erstreckt es sich nach Süden in Form einer langgezogenen Nase, die zwischen 35 m und 40 m Wassertiefe markant auf den Beckenrund abfällt. Der Meeresboden hat ein sehr unruhiges Relief, das in engem Zusammenhang mit seiner geologischen Entstehung und postglazialen Überprägung steht.

Die Verteilung der Oberflächensedimente auf dem Meeresboden ist sehr heterogen und weist den typischen Schwellencharakter auf. Auf dänischer und schwedischer Seite kommen in weiten Bereichen bis zur 40 m Tiefenlinie im Norden und bis zur 20 m-Tiefenlinie im Süden Restsedimente und örtlich anstehender Geschiebemergel vor, wobei zahlreiche Moränenrücken aus Geschiebemergel die kleinräumige Morphologie im nördlichen Teil des Kriegers Flak prägen. Im Grenzbereich des dänischen und schwedischen Festlandsockels sowie Richtung Gedser Rev finden sich ausgedehnte Sandflächen mit vereinzelt Steinvorkommen, die zur Küste in Sand mit Rippelstrukturen auf Grobsandflächen sowie in Tiefen über 35 m in die relativ homogenen, strukturlosen Sandflächen der Falster-Rügen-Platte übergehen. Vereinzelt wurden in den Sonogrammen Hinweise auf Muschelfelder bzw. -flecken gefunden. In der deutschen AWZ ist der Geschiebemergel in der nordwestlichen Ecke verbreitet, der vor allem an den Flanken bis zur 25 m-Tiefenlinie im Süden bzw. bis zur 40 m-Tiefenlinie im Osten direkt am Meeresgrund ansteht. In den flacheren Wassertiefen ist er markant mit Steinen und Blöcken (Findlingen) bedeckt, die stellenweise wallartige Strukturen bilden. An den Geschiebemergel schließt sich im Süden ein Band aus Grobsand und Kies an, das mit zunehmender Wassertiefe von Sanden und Tonen abgelöst wird. Im Osten grenzen die fleckhaft verteilten, geringmächtigen Sanddecken und Tone unmittelbar an den anstehenden Geschiebemergel. Im Bereich der Stein- und Blockvorkommen ist ein ausgeprägter Muschelbewuchs (*Mytilus*) charakteristisch.

Der Geschiebemergel ist im nordwestlichen Bereich über 25 m mächtig. Er ist deutlich verfestigt und in seiner lithologischen Zusammensetzung inhomogen. Charakteristisch sind die zahlreichen Steine und Blöcke, die auch unterhalb der Meeresbodenoberfläche vorkommen und bei Erkundungsbohrungen für einen möglichen Standort der geplanten Messplattform FINO 3 zum vorzeitigen Abbruch von Bohrungen führten. Nach Süden taucht seine Oberfläche unter spätglaziale, etwa 5 m mächtige Tone, die in Rinnenfüllungen über 10 m Mächtigkeit erreichen und dort als sehr weiche Bändertone ausgebildet sein können. Daneben ist in die-

sen alten Rinnen mit Sand, Kies, Schlick und Torf zu rechnen. Im südlichen Hangbereich liegen die spätglazialen Tone unter einem ca. 8 m mächtigen Sandkeil begraben.

#### 2.1.4.5 Adlergrund

Der Adlergrund stellt den westlichen Ausläufer der Rønnebank dar, die sich als Untiefe von Bornholm Richtung Südwesten zieht. Der Meeresboden hat infolge seiner glazialen Bildungsgeschichte und der postglazialen Überprägung ein sehr unruhiges Relief. Die Wassertiefen bewegen sich zwischen 5 m am Foule-Grund und 25 m. Neue Untersuchungen ergaben, dass auf dem Meeresboden verwerfungsartige Strukturen in Form mehr oder weniger West-Ost verlaufender linienhafter Strukturelemente vorkommen, die eine Breite von etwa 30 m und eine Höhe zwischen 0,5 m bis 1,5 m haben. Die Entstehung dieser Strukturen ist unklar: es können tektonische Prozesse, Eiseinwirkung oder anthropogene Ursachen in Frage kommen.

Im Bereich des Adlergrunds herrscht eine heterogene Sedimentverteilung vor (Abbildung 8), wobei in weiten Teilen Restsedimente (Grobsand, Feinkies und Steine) auf anstehendem Geschiebemergel dominieren. Die Steine sind faust- bis kopfgroß und kommen vereinzelt bis flächendeckend in diesen Arealen vor. Daneben sind Blöcke (Findlinge) mit mehreren Metern Länge verbreitet, die mit Muscheln (*Mytilus*) unterschiedlicher Dichte bewachsen sind. Im Südosten bildet der Geschiebemergel regelrechte Aufragungen. In der südlichen Hälfte zieht hangparallel ein Restsedimentband mit geringmächtiger Sandbedeckung durch das Gebiet. Die geringmächtigen Meeressande treten fleckenhaft zwischen den Restsedimenten oder als langgestreckte Bänder von 100 bis 200 m Breite und mehreren Kilometern Länge im Abstand von 50 m auf. Häufig weisen sie an ihrer Oberfläche Rippelfelder auf. Am Nordwestrand gehen die Sande in die Schlicke des Arkona-Beckens über. Nach Süden ist ein kontinuierlicher Übergang in die sandigen Flächen der Pommerschen Bucht und Oderbank zu verzeichnen (DIESING und SCHWARZER, 2003).

Der Adlergrund verdankt seine Entstehung der Tätigkeit des Weichsel-Gletschers. Im Zuge verschiedener Eisvorstöße und –rückzüge kam es im Zusammenhang mit bedeutenden Geschiebemergelstauchungen zu erheblichen Akkumulationen von Schmelzwasser-Ablagerungen in Form von Sanden und Kiesen. Im südlichen Bereich entstanden durch Deltaartige Schüttungen sanderartige Strukturen. Abb. 9 zeigt einen nordwest-südöstlich verlaufenden geologischen Profilschnitt durch den Adlergrund. Die Basis bildet die kreidezeitliche Schreibkreide, die aufgrund ihrer glazialtektonischen Beanspruchung Störungszonen sowie Zwischenlagen aus Sanden, Kiesen oder Steinen aufweist. Darüber folgt ein 6 bis 10 m mächtiger Geschiebemergel, der im zentralen Bereich des Adlergrunds oberflächennah ansteht. An seinen Flanken wird er von einer Folge aus Grob- und Kiessanden, Mittel- bis Grobsanden sowie Feinsanden überlagert. Darunter keilen spätglaziale Tone und Schluffe des Bornholm- bzw. Arkona-Beckens aus. Während der Litorina-Transgression wurden die Sandkomplexe an ihrer Oberfläche aufgearbeitet, die komplex aufgebaute Akkumulationskörper bilden. Vergleichbare Strukturen werden auf der Stolper Bank als Reste einer ehemaligen Kliffküste interpretiert, die während ihrer Überflutung unter Brandungseinfluss teilweise aufgearbeitet, umgelagert und vor allem in ehemaligen Hohlformen akkumuliert wurden (GROMOLL und STÖRR, 1988; MOJSKI, 2000).



Abb. 4. Lagerstätte Adlergrund — schematische Profilschnitte

a — vorwiegend Grob- und Kiessande; b — Mittelsande, untergeordnet Grob- und Kiessande; c — Feinsande, untergeordnet Mittelsande; d — Tone und Schluffe; e — Geschiebemergel; f — Torfe und Mudden; g — Bezeichnung der Sedimentkomplexe (s. Tab. 1 und 2); h — Grenzen zwischen den Sedimentkomplexen; i — sicher/un-sicher/kontinuierlich (verzahnt); j — <sup>14</sup>C-Datierung an Torfen bzw. Muschelschalen; k — zugeordnete Terrassen (Bezeichnung nach KOLP 1986); l — Paläoströmungsrichtungen: Komplexe C bis F, Komplexe I bis IV und Seebodenoberfläche

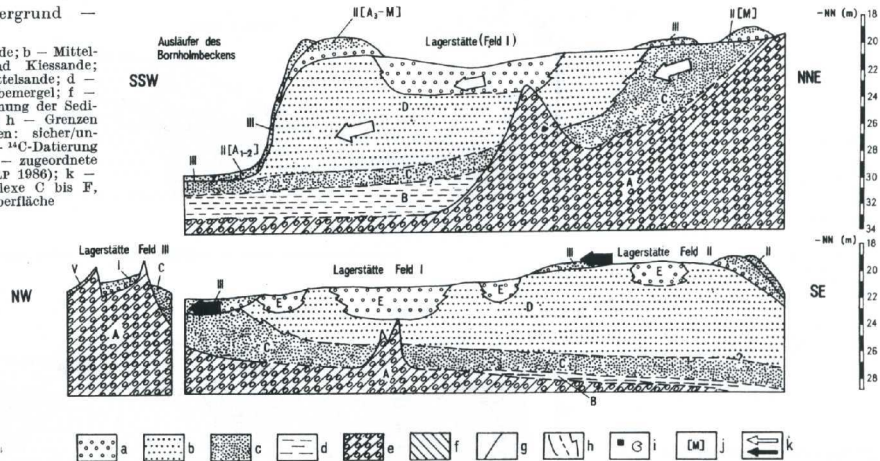


Abbildung 9: Geologischer Profilschnitt durch den Bereich des Adlergrunds (aus: GROMOLL und STÖRR (1988))

### 2.1.4.6 Oderbank

Dieses Teilgebiet wird nach Norden etwa entlang des südlichen Ausläufers des Adlergrunds begrenzt und geht nach Osten auf polnischem Gebiet in das Bornholmbecken über. Die Wassertiefen liegen bei etwa 7 m in den flachsten Bereichen der Oderbank und erreichen maximale Werte von 31 m. Die eigentliche Oderbank wird durch die 10 m-Tiefenlinie begrenzt (KRAMARSKA, 1998). Zwischen dem relativ steilen Südhang der Oderbank und der Küste ist die Meeresboden-Morphologie durch Senken und Untiefen bis 3 m Höhenunterschied geprägt; der Nordhang fällt dagegen sanft nach Nordosten ein.

Sedimentologisch wird der weitgehend strukturlose Meeresboden im Gebiet der Oderbank von Feinsanden dominiert, die durch ihre außergewöhnliche Kornzusammensetzung bestehen (mehr als 70% liegen im Bereich zwischen 0,125 bis 0,25 mm) und eine gute bis sehr gute Sortierung aufweisen (Abbildung 10). Restsedimente in Form vereinzelter Steinvorkommen überwiegen vor dem Greifswalder Bodden und vor Usedom sowie nördlich bis nordöstlich der Oderbank in der Adlergrund-Rinne, jedoch nicht in der Dichte wie auf dem Adlergrund (BOBERTZ et al., 2004). Im nordwestlichen Bereich der Oderbank treten neben isolierten Restsedimentvorkommen (Steine bis 1 m Durchmesser) auch faustgroße bis mehrere Quadratmeter große Muschelfelder sowie kleinere Rippelfelder aus Grobsand auf (SCHULZ-OHLBERG et al., 2002). Daneben wurden in den Sonogrammen (Seitensichtsonar-Aufzeichnungen) längliche bis ovale Gebilde mit einer höheren Reflektivität als der umgebende Sandboden beobachtet, die bis zu 10 m breit und etwa 20 m lang werden können. Ihre Verbreitung deutet auf einen Zusammenhang mit den Fischereiaktivitäten hin (LEMKE und TAUBER, 1997).

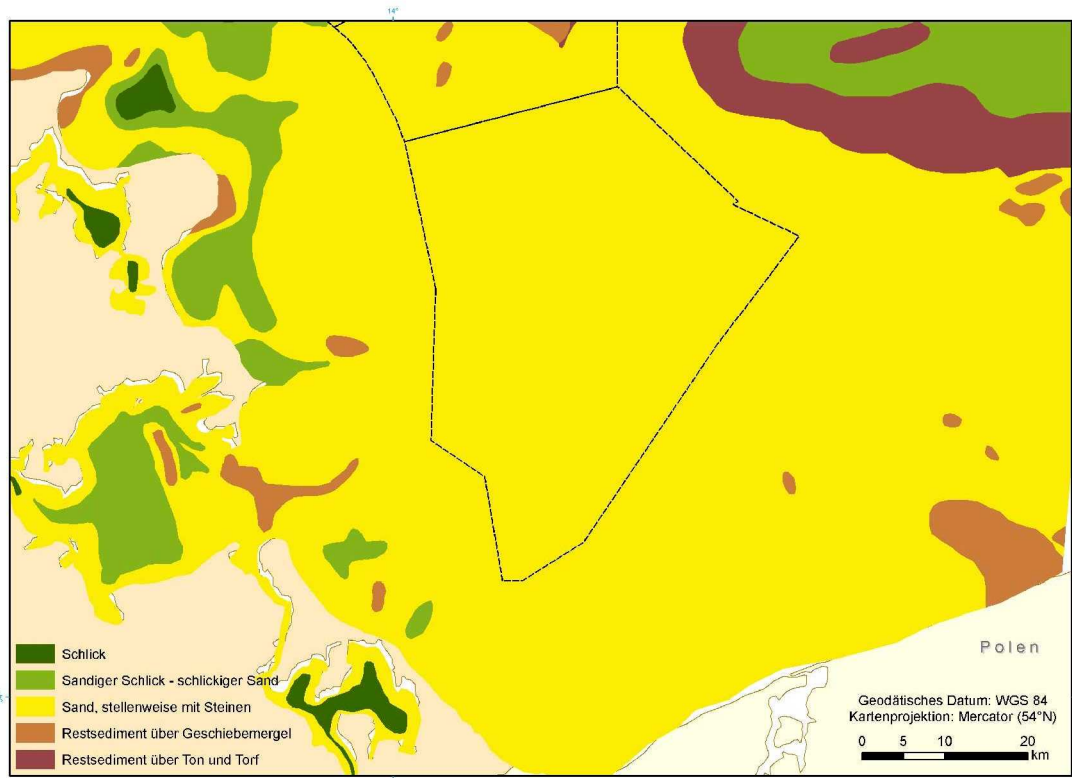


Abbildung 10: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden im Bereich der Oderbank (HERMANSEN und JENSEN, 2000). Die Oder-Bank zeichnet sich insbesondere durch ein enges Kornspektrum der Feinsande aus

Der geologische Aufbau der Oderbank weist in seinem Kern glaziale und fluvioglaziale Sedimente auf (Abbildung 11). Der Geschiebemergel bildet zwei lokal unterschiedliche Einheiten, wobei der ältere bisher ausschließlich in Seismogrammen erfasst wurde und direkt auf dem kreidezeitlichen Untergrund liegt. Der jüngere Geschiebemergel steht dicht unter dem Meeresboden an und erstreckt sich als geringmächtige Ablagerung von der Küste zur Oderbank, um wahrscheinlich im nördlichen Hangbereich zu verschwinden und im Bornholm-Becken wieder aufzutauhen. Die beiden Geschiebemergel werden von einem bis 30 m mächtigen, pleistozänen Sandpaket getrennt. Auf der polnischen Seite der Oderbank wurde das ausgeprägte Paläorelief des Geschiebemergels im Spät- und Postglazial von Marsch- und Seesedimenten eingeebnet. Auf der Oderbank liegen über dem jüngeren Geschiebemergel litorina- und postlitorinazeitliche Sandbarrieren-Ablagerungen, die an ihrer Basis Kies und Mollusken-schalen führen, an ihrer Oberfläche vermutlich von ehemaligen Dünen-sanden bedeckt werden. Die Sande erreichen Mächtigkeiten von etwa 6 bis über 10 m. Nach Norden tauchen sie in etwa 20 m Wassertiefe unter auskeilende Meeressande der Ostsee, deren Mächtigkeit kaum mehr als 1 m erreicht. Der südöstliche Fortsatz in 12,5 m bis 13 m Wassertiefe wird als spitz auslaufende, „ertrunkene“ Sandbank gedeutet, die durch vormaligen küstenparallelen Sandtransport entstanden ist – ähnlich dem heutigen Pendant des Darßer Ortes. Südlich der Oderbank tritt im Untergrund das alte Flussbett der Ur-Oder in Erscheinung, das mit etwa 5 bis 7 m mächtigen Fluss-Sedimenten verfüllt ist (KRAMARSKA, 1998; USCINOWICZ et al., 1988; RUDOWSKI, 1979).

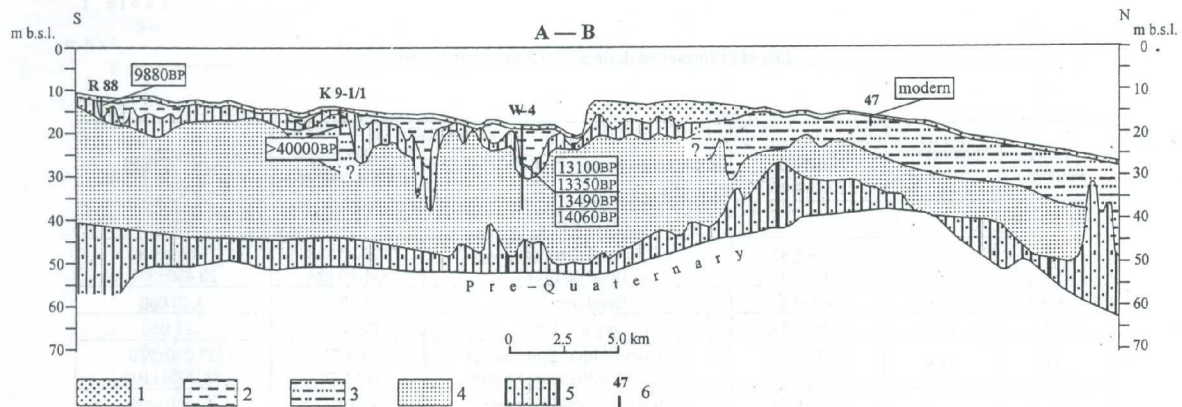


Fig. 2. Geologic cross-section A-B

Holocene: 1 — sands of Littorina and Post-Littorina seas; Late Glacial-Holocene: 2 — lacustrine silts and sands, locally peat; Pleistocene: 3 — Interpleniglacial riverain(?) sands and silts, 4 — glaciofluvial sands and gravels, 5 — till; 6 — boreholes with radiocarbon datings

Abbildung 11: Geologischer Profilschnitt durch den östlichen Ausläufer der Oderbank auf polnischer Seite (aus: KRAMARSKA, 1998)

## 2.1.5 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Boden hinsichtlich Sedimentologie und Geomorphologie

### **Beschreibung natürlicher Faktoren**

**Klimaänderungen und Meeresspiegelanstieg:** Wie aus dem Überblick über die geologische Entstehung der Ostsee hervorgeht, erfuhr dieser Raum im Verlauf der letzten 10.000 Jahre einen dramatischen Klimawandel, der mit einer tiefgreifenden Änderung der Land/Meer-Verteilung durch den weltweiten Meeresspiegelanstieg von 130 m verbunden war. Seit etwa 2.000 Jahren hat sich der Meeresspiegel der Ostsee auf das heutige Niveau eingestellt und unterliegt kurzfristigen, meteorologisch bedingten Änderungen. Stürme verursachen die durchgreifendsten Veränderungen am Meeresboden: einerseits sind sie für entsprechende Kliffabbrüche und Sedimentumlagerungen im Flachwasserbereich verantwortlich. Andererseits kann sandiges Material bei Stürmen aus den Kliffabbrüchen episodisch bis in die tiefen Becken verfrachtet werden, wo es entsprechende Sturmlagen bildet. Letztlich lassen sich alle sedimentdynamischen Prozesse auf meteorologische und klimatische Vorgänge zurückführen, sei es nun die Bildung von Mega- bzw. Riesenrippeln durch den bodennahen Einstrom über die dänischen Meerengen, der über das Wettergeschehen im Nordatlantik gesteuert wird, oder etwa die Bildung von Wellenrippeln (Oszillationsrippel), die durch das regionale und lokale Windfeld verursacht werden.

**Tektonische und isostatische Bewegungen, Erdbeben:** die tektonischen und isostatischen Vorgänge sind säkular wirkende Prozesse, d.h. sie umfassen Zeiträume von mehreren Jahrtausenden. Sie haben ihre Ursachen in den plattentektonischen Bewegungen der Erdkruste und verlaufen daher großräumig. ANDREN und ANDREN (2001) fanden in Sedimentkernen Hinweise darauf, dass sich vor etwa 8.000 Jahren die Tsumani-Welle des submarinen Storegga-Hangrutsches in der Norwegischen See bis in die Ostsee ausgebreitet haben könnte. Auslöser war vermutlich ein Seebeben. Die Analyse der Erdbebenhäufigkeit und -stärke für den südwestlichen Ostseeraum verdeutlicht, dass in diesem Seegebiet nur relativ schwache Erdbeben auftreten, die im Vergleich zur gesamten Ostsee relativ selten sind. Aus diesem Grund kann die südwestliche Ostsee nicht als Erdbeben-gefährdetes Gebiet gelten.

### **Beschreibung anthropogener Faktoren**

**Eutrophierung:** infolge des anthropogenen Eintrags von Stickstoff und Phosphor über die Flüsse, die Atmosphäre und diffuse Quellen führt die verstärkte Primärproduktion zu einer erhöhten Sedimentation organischer Substanz in den Ostsee-Becken. Beim mikrobiellen Ab-

bau kommt es in der Regel zu Sauerstoffmangelsituationen, die zur Bildung von Mudd-ähnlichem Schlick oder Faulschlamm führen. Es kommt in der Folge zu einer Veränderung der Redoxverhältnisse im Bereich der Sediment/Wasser-Grenze, die ganz wesentlich die Akkumulation und Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen im bzw. aus dem Sediment kontrollieren. Zusätzlich kommen Änderungen in der physikalischen Beschaffenheit des Meeresbodens hinzu, weil der Faulschlamm z.B. eine deutlich weichere Konsistenz als der Schlick aufweist. KOLP (1966) berichtet, dass Taucher bis über den Kopf in den Faulschlamm einsinken können.

*Fischerei:* in der Ostsee werden seit Ende des 1. Weltkriegs in der kommerziellen Fischerei fast ausschließlich Grundschleppnetze mit Scherbrettern verwendet. Baumkurrenfischerei findet in diesem Seegebiet nicht statt (RUMOHR, 2003). Anhand von Sonogrammen (Seitensichtsonar-Aufzeichnungen) kartierten KROST et al. (1990) die Verteilung und Intensität von Scherbrett-Spuren in der Kieler Bucht (Abb. 12).

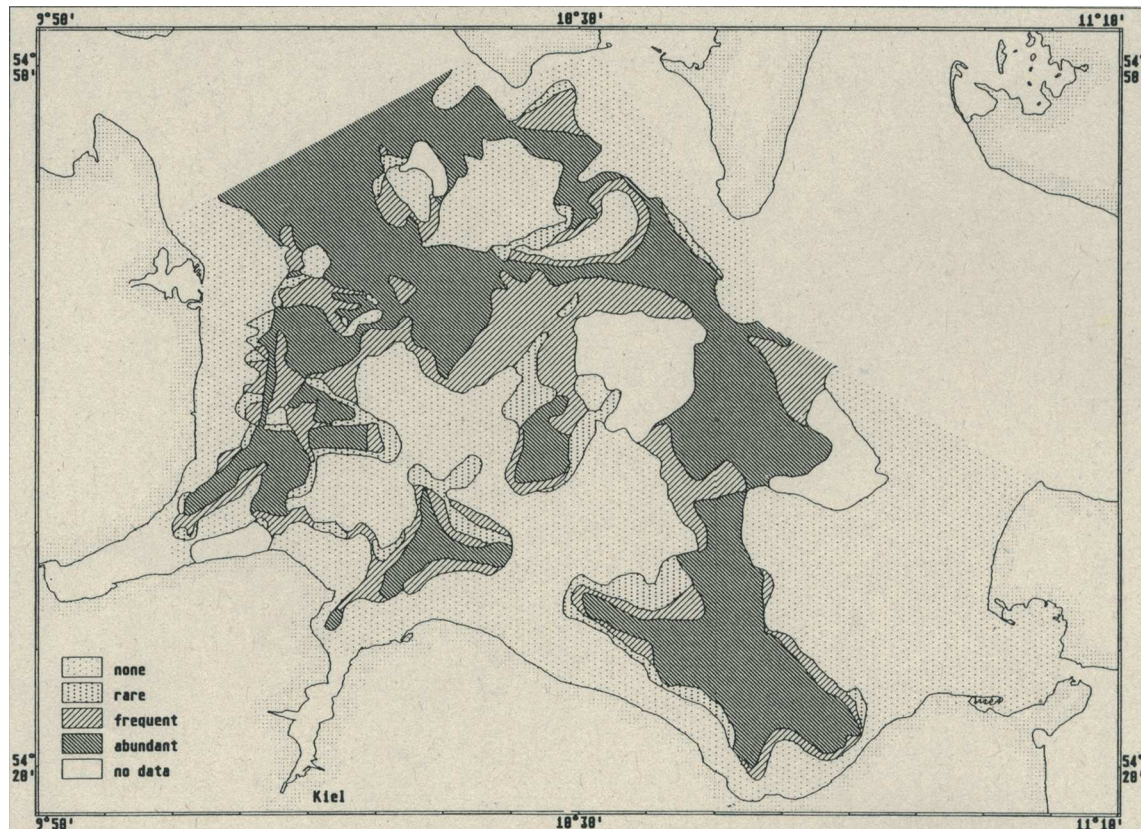


Abbildung 12: Verteilung und Intensität (d.h. Spuren pro Fläche) von Grundschleppnetzspuren durch Scherbretter in der Kieler Bucht (KROST et al., 1990)

Allgemein ist aus den Untersuchungen in der Kieler Bucht festzustellen, dass die Verteilungsdichte der Scherbrettspuren mit der Wassertiefe und dem abnehmenden mechanischen Widerstand der Sedimente zunimmt. Die Abwesenheit von Schleppnetzspuren auf sandigen Böden ist weniger auf geringere Fischereiaktivität als vielmehr auf das höhere Umlagerungspotenzial dieser Sedimente zurückzuführen. Für den restlichen Teil der südwestlichen Ostsee liegen nur singuläre Beobachtungen vor, die sich aber gut in das Verteilungsbild von KROST et al. (1990) einfügen. LEMKE (1998) beschreibt zahlreiche Fischereispuren im Schlickgebiet des Arkona-Beckens. Dagegen finden sich nur vereinzelte Schleppnetzspuren auf dem Kriegers Flak (BSH) sowie auf dem Adlergrund (BSH). Im Bereich der Pommerschen Bucht beschränken sich Scherbrettspuren auf ein Gebiet südwestlich der Oderbank (SCHULZ-OHLBERG et al., 2002). Die Eindringtiefen können in Schlickten bis 23 cm (WERNER et al., 1990), in schlickigen Feinsanden bis 15 cm (ARNTZ und WEBER, 1970) bzw. in Sanden bis 5 cm (KROST et al., 1990) erreichen. Weit geringere Spuren lassen das Rollen- und Kugelgeschirr zurück, die nach Taucherbeobachtungen 2 bis 5 cm tief sein können (KROST et al. 1990). Experimentelle

Untersuchungen mit einer 3 m-Krabbenkurre in der Ostsee ergaben Eindringtiefen von max. 17 mm für die Ketten und über 40 mm für die Kufen (PASCHEN et al., 2000). Die Breite der Scherbrettspuren ist abhängig vom Anstellwinkel, der wiederum von der Beschaffenheit der Sedimente beeinflusst wird. Im Fall von „hüpfenden“ Scherbrettern liegt sie zwischen 1 bis 2 m. Dieses Phänomen tritt auf, wenn die Scherbretter zu tief in den weichen Boden eindringen und über das gestauchte Sediment hinwegspringen. Meist werden die Scherbretter jedoch bei einem Anstellwinkel von 35° bis 40° „über Eck“ gezo gen und hinterlassen Spuren, die weniger als 1 m breit sind (KROST et al., 1990). Aufgehäufte Randwälle sind nur bei den schmalen Scherbrettspuren deutlich zu beobachten. Oft sind die Wälle an ihren Kanten abgerundet, was auf die Einebnung der Spuren durch die natürlichen sedimentdynamischen Prozesse bei Sturmweatherlagen hindeutet. Auf den Schlickböden finden sich häufig perlschnurartig aneinandergereihte Hüpfspuren, die schollenartige Sedimentanhäufungen zurücklassen. Roller- und Kugelspuren sind aufgrund ihrer geringen Eindringtiefe selten und werden außerdem durch die Scherbrettspuren leicht überprägt. In den Schlickgebieten können sich die Scherbrettspuren über einen Zeitraum von mindestens 4 bis 5 Jahre hinweg erhalten (KROST et al., 1990). In diesem Zusammenhang spielt auch die Bildung von Trübungsfladen eine Rolle. WERNER et al. (1990) konnten in der Eckernförder Bucht 90 Minuten nach einem Schleppvorgang mit einem Scherbrett-Grundnetz eine 5 m hohe Trübungsflade nachweisen.

*Historische Steinfischerei:* Von etwa 1800 bis Mitte der 1970er Jahre wurden aus den Flachwasserbereichen vor der deutschen Ostseeküste große Steine und Findlinge u.a. für den Bau von Hafentürmen, Gebäuden und Strassen entnommen. In Schleswig-Holstein wurde die Steinfischerei 1976 verboten, um Küstenschutzmaßnahmen nicht weiter zu unterlaufen. Die Steinfischerei beschränkte sich auf Wassertiefen bis maximal 20 m, wobei in der gesamten Ostsee etwa 100 Millionen t Steine entnommen wurden (ZANDER, 1991). Für die Kieler Bucht ergaben Schätzungen von BREUER und SCHRAMM (1988) etwa 1,5 Millionen t Steine im Zeitraum von 1930 und 1970. Diese Angabe wurden von BOCK (2003) und BOCK et al. (2004) auf 3,5 Millionen t (Gesamtmenge) korrigiert, wobei illegale Entnahmen nicht berücksichtigt wurden. KAREZ und SCHORIES (2005) schätzen, dass insgesamt ca. 5,6 km<sup>2</sup> Siedlungsraum für Hartsubstrat-Bewohner vor der schleswig-holsteinischen Küste durch die Steinfischerei verloren gingen. Für die Küste Mecklenburg-Vorpommerns liegen derartige Informationen nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ebenso wie in Schleswig-Holstein auch hier die Entnahmeaktivitäten aus wirtschaftlichen Gründen auf den Bereich des Küstenmeeres beschränkt blieben. Deshalb ist davon auszugehen, dass die Steinvorkommen in der AWZ von der Steinfischerei nicht berührt wurden.

*Sand- und Kiesentnahmen:* seit den 1960er Jahre werden in der südwestlichen Ostsee Sand und Kies als Rohstoffe für den Küstenschutz und die Bauindustrie entnommen. In der Kieler Bucht wurden im Zeitraum von 1971 bis 1981 auf dem Gabelsflach, dem Stoller Grund und nahe dem Kieler Leuchtturm Sand vor allem für Hafentürmen gewonnen; vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns findet seit den 1960er Jahren Sand- und Kiesgewinnung statt. Während für den Zeitraum vor 1989 keine Zahlen verfügbar sind, beläuft sich die Entnahmemenge von 1990 bis 2003 auf ca. 18 Millionen m<sup>3</sup>. Auf dem dänischen Festlandsockel wurden auf dem Gedser Rev, Kriegers Flak und auf der Rønnebank Sande und Kiese gewonnen. Es sind zwei verschiedene Arten der Gewinnung mit unterschiedlichen ökologischen Auswirkungen zu betrachten: die flächenhafte Gewinnung erfolgt mit einem Schleppkopf-Saugbagger (suction trailer hopper dredging) und führt zur Bildung von Dezimeter tiefen Furchen, während bei der stationären Gewinnung mit Stechkopf-Saugbagger (anchor suction hooper dredging) trichterartige Strukturen bis mehrere Meter Tiefe entstehen können (ICES, 2001). Je nach Wassertiefe, Sedimentangebot, Exposition und Gewinnungsart unterscheiden sich Potenzial und Dauer einer Wiederverfüllung der Entnahmestrukturen. Im Falle von Verfüllungen stellen meist feinkörnigere Sedimente das Füllmaterial. Insbesondere bei Kiessandlagerstätten bleibt ein trichter- bzw. muldenförmiges Relief erhalten, weil die rezenten hydro- und sedimentdynamischen Prozesse aufgrund des Sedimentangebots keine vollständige Wiederverfüllung oder gar Regenerierung des Meeresbodens bewerkstelligen können (ZEILER et al., 2004).

*Erdöl-Förderung:* Etwa 4 km vor der Küste Schleswig-Holsteins wurde in den Jahren 1984 bis 2000 auf den mittlerweile rückgebauten Plattformen „Schwedeneck A“ und „Schwedeneck B“ insgesamt 3,4 Millionen t Erdöl aus Tiefen zwischen 1.400 und 1.600 m gefördert. Es liegen keine Hinweise auf Setzungserscheinungen im Umfeld der Förderanlagen infolge der Erdölgewinnung vor, wie sie für die Nordsee beschrieben werden (z.B. FLUIT und HULSCHER 2002; MES, 1990). Daher können auch Setzungserscheinungen in der AWZ ausgeschlossen werden.

*Seekabel (Telekommunikation, Energieübertragung):* Im Zuge der natürlichen Sedimentdynamik graben sich auf dem Meeresboden verlegte Seekabel in weniger als einem Jahr selbst ein, wobei keine sichtbaren Verlegespuren mehr zu erkennen sind (ANDRULEWICZ et al., 2003). Über Tiefe dieses Selbsteingrabbungsprozesses liegen bisher keine Informationen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sie sich im Bereich von 10 bis 30 cm bewegt. Im Fall eines Verlegens im Meeresboden wird beim Einspülvorgang sandiges Material aufgewirbelt und im unmittelbaren Nahbereich wieder sedimentiert. In der Regel kommt es durch die sedimentdynamischen Prozesse zu einer vollständigen Einebnung der Verlegespuren, insbesondere nach Schlechtwetterperioden. Während des Betriebs von Gleichstrom-Kabeln wird das umliegende Sediment lokal eng begrenzt erwärmt. Ebenso kommt es zu einer geringfügigen, räumlich eng begrenzten Änderung des Erdmagnetfeldes sowie zur Bildung von Wasserstoff und Chlor an der Elektrode ohne nachweisbare Einflüsse auf die Meeresumwelt.

*Ehemalige Munitionsversenkung:* Nach dem Ende des 2. Weltkriegs wurden 35.000 t chemischer Munition östlich von Bornholm versenkt. Die Ladungen wurden von den Verladehäfen in Wolgast und Peenemünde auf festgelegten Routen in das Versenkungsgebiet im Bornholm-Becken transportiert. Augenzeugenberichten zufolge wurde ein Teil der Ladung bereits während des Transports über Bord geworfen. Von 1994 bis 1996 hat das BSH diese Transportwege beginnend am Ausgang des Greifswalder Boddens bis zur Grenze der AWZ flächendeckend mit Seitensichtsonar und Magnetometer in 50 m-Abständen vermessen, um mögliche Munitionsreste zu orten. Im Ergebnis wurden etwa 100 verdächtige Objekte identifiziert. Im Zuge der detaillierten Überprüfung durch die zuständige Stelle der Bundesmarine konnte bei lediglich vier Objekten der Verdachtsmoment verrosteter Munitionsüberreste erhärtet werden (SCHULZ-OHLBERG et al., 2002), die ausschließlich innerhalb der 12-Seemeilenzone liegen.

*Militärische Übungen auf See:* bei Schießübungen der Marine und Luftwaffe auf See sedimentieren Munitionsreste (Hülsen von Granaten u.ä.) auf den Schlick- und Sandböden. Sie sinken im Lauf der Zeit in die weichen Schlick ein oder versanden und können im Zuge der natürlichen Sedimentumlagerung wieder freigelegt werden. Außerdem können U-Boote beim Absetzen auf dem Meeresboden durch ihr Eigengewicht Sedimente punktuell in unterschiedlichem Ausmaß komprimieren.

*Schifffahrt:* Wracks können je nach Wassertiefe, Typ und vorhandener Menge des Sediments versanden und wieder freigelegt werden. Je nach Größe beeinflussen sie die kleinräumige Sedimentdynamik, indem es im Nahbereich zu Auskolkungen kommt bzw. im Strömungsschatten zur Sedimentation von Sanden. Im Fall eines Ankerwurfs wird je nach Ankergröße und Sedimenttyp Material bis in etwa 1,5 bis 2 m Tiefe lokal eng begrenzt aufgewühlt. In schlickigen Sedimenten entsteht eine Trübungsfahne, die aufgrund der Größe und Dauer des Eingriffs wesentlich geringer in ihrem Umfang ausfällt als die Grundschleppnetzfisherei.

Die anthropogenen Faktoren wirken in folgender Weise auf Meeresboden ein:

- Abtrag
- Durchmischung
- Aufwirbelung (Resuspension)
- Materialsortierung
- Verdrängung und
- Verdichtung (Kompaktion).

Auf diese Weise werden die natürliche Sedimentdynamik (Sedimentation/Erosion) und der Stoffaustausch zwischen Sediment und Bodenwasser beeinflusst.

### **Einschätzung**

Die Zustandseinschätzung des Meeresbodens beschränkt sich auf die AWZ der Ostsee und ist in Tabelle 1 für die Aspekte „Seltenheit/Gefährdung“, „Vielfalt/Eigenart“ und „Natürlichkeit“ zusammengestellt.

Tabelle 1: Zustandseinschätzung des Schutzgutes „Boden“ (Sedimentologie und Geomorphologie) in der AWZ der Ostsee

<b>Aspekt: Seltenheit/Gefährdung</b>			
Kriterium	Kategorie	Einschätzung	
Flächenmäßiger Anteil der Sedimente auf dem Meeresboden und Verbreitung des morphologischen Formeninventars	Hoch	Sedimenttypen und Bodenformen kommen ausschließlich in der AWZ vor	MITTEL – GERING
	Mittel	Sedimenttypen und Bodenformen sind in der südwestlichen Ostsee verbreitet	
	Gering	Sedimenttypen und Bodenformen finden sich in der gesamten Ostsee	
<b>Aspekt: Vielfalt/Eigenart</b>			
Kriterium	Kategorie	Einschätzung	
Heterogenität der Sedimente auf dem Meeresboden und Ausbildung des morphologischen Formeninventars	Hoch	Heterogene Sedimentverteilung und ausgeprägte morphologische Verhältnisse	MITTEL – HOCH*
	Mittel	heterogene Sedimentverteilung und keine ausgeprägten Bodenformen bzw. homogene Sedimentverteilung und ausgeprägte Bodenformen	
	Gering	Homogene Sedimentverteilung und strukturloser Meeresboden	
<b>Aspekt: Natürlichkeit</b>			
Kriterium	Kategorie	Einschätzung	
Ausmaß der anthropogenen Vorbelastung der Sedimente auf dem Meeresboden und des morphologischen Formeninventars	Hoch	Nahezu keine Veränderung durch anthropogene Aktivitäten	MITTEL
	Mittel	Veränderung durch anthropogene Aktivitäten ohne Verlust der ökologischen Funktion	
	Gering	Veränderung durch anthropogene Aktivitäten mit Verlust der ökologischen Funktion	

## **2.1.6 Schadstoffverteilung im Sediment**

Im Wesentlichen sind die Ausführungen zur Schadstoffbelastung auf die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) beschränkt. Vertiefende Informationen finden sich im Bericht des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) 1999 – 2002 (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

### **2.1.6.1 Metalle**

Metalle kommen natürlich in der Umwelt vor. Durch Verwitterung, Vulkanismus und Ausgasungen werden sie für den geochemischen Kreislauf mobilisiert. Weiter ist im Ostseeraum, anders als in der Nordsee, die eiszeitlich bedingte Erosion/Abrasion von besonderer Bedeutung für die Sedimentzusammensetzung. Elementkonzentrationen, die durch natürliche Pro-

zesse in die Umwelt gelangen, werden als Hintergrundkonzentrationen bezeichnet. Der Nachweis von Metallen in der Umwelt ist somit nicht zwangsläufig als Verschmutzung zu werten. Es gibt zahlreiche essentielle Elemente wie Kupfer oder Zink. Ihre Bioverfügbarkeit ist in einem bestimmten Konzentrationsbereich Voraussetzung für biologisches Wachstum. Organismen sind in der Lage, sich in einer bestimmten Bandbreite an veränderliche Elementkonzentrationen anzupassen. Wird diese Bandbreite überschritten, tritt eine toxische Wirkung ein. Andere Elemente wie Quecksilber, Cadmium oder Blei haben keine bekannte vitale Funktion.

Durch menschliche Aktivitäten werden zum Teil erhebliche zusätzliche Mengen einzelner Elemente in der Umwelt mobilisiert, wodurch die natürlichen Hintergrundkonzentrationen regional deutlich überschritten werden können. Maßnahmen zur Emissionsminderung führten in den vergangenen Jahrzehnten jedoch zur kontinuierlichen Abnahme vieler Schadstoffe in Luft, Wasser, Biota und Sediment.

Das Sediment ist keine homogene Matrix. Es besteht aus Partikeln unterschiedlicher Korngröße und chemischer Zusammensetzung. Entscheidend für die Anreicherung von Metallen im Sediment ist der Anteil der Feinkornfraktion mit Korngrößen unter 20 µm Durchmesser ( $\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ). Unter anderem sind Eisen(III)oxid-hydrate, Mangan(IV)oxid-hydrate und Eisen(II)sulfide vorzugsweise im feinen Sedimentanteil enthalten, die neben den Tonmineralen und dem organischen Material effizient Spurenmetalle binden. Aber nicht nur die chemische Affinität zu den Spurenmetallen spielt hier eine wichtige Rolle, sondern auch die vergleichsweise sehr große Oberfläche des Feinkornanteils, die zur Adsorption (Anlagerung) zur Verfügung steht. Um die Spurenmetallgehalte in Regionen unterschiedlicher Sedimentzusammensetzung miteinander vergleichen zu können, werden die Messungen in der Feinkornfraktion des Sedimentes mit Korngrößen kleiner 20 µm durchgeführt. Auf diese Weise werden die Gehalte nur in der Fraktion bestimmt, in der der überwiegende Teil der Spurenmetalle gebunden ist. Die Verdünnung durch grobes Material (Sand) hat so keinen Einfluss auf die Messwerte. Alle in diesem Bericht angegebenen Metallgehalte im Sediment beziehen sich auf die Messung in der Feinkornfraktion und sind auf die Trockenmasse bezogen, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

Bezugspunkt für die Bewertung der Metallgehalte sind in der Ostsee die gemessenen Elementhintergrundkonzentrationen. Hintergrundkonzentrationen von Stoffen, die wie Metalle natürlich in der Umwelt vorkommen, werden aus Proben bestimmt, die durch menschliche Aktivität weitgehend unbeeinflusst sind. Die hier verwendeten Metallhintergrundwerte wurden aus dem vorindustriellen Tiefenbereich von Sedimentkernen abgeleitet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Referenzkonzentration für Küsten und Übergangsgewässer der deutschen Ostseeküste. Gehalte der Feinkornfraktion (<20µm) bezogen auf die Trockenmasse (UBA, 2004)

Element	Sediment / $\text{mg kg}^{-1}_{\text{TM}}$
Cadmium (Cd)	0,25
Kupfer (Cu)	20
Blei (Pb)	15
Quecksilber (Hg)	0,05
Zink (Zn)	35

TM=Trockenmasse

Für die Beschreibung der Metallverteilung in der AWZ wurden 7 Stationen, von der Lübecker Bucht im Westen über Mecklenburger Bucht, Darßer Schwelle, Arkona-Becken, bis zur Pommernbucht im Osten berücksichtigt (Abbildung 13). An den Stationen wurden durch das Leibnitz Institut für Ostseeforschung in Warnemünde (IOW) im Auftrag des BSH jährlich einmal im Mai Oberflächensedimentproben (0 - 2 cm) mittels Kastengreifer entnommen und untersucht. Die Messung der Elementgehalte erfolgte ausschließlich an der Feinfraktion (< 20 µm) der Sedimentproben. Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Sedimenttypen sind sehr unterschiedlich und reichen vom feinkörnigen Schlick (Lübecker/Mecklenburger Bucht, Arkona-



Becken) über Sand (K8) bis hin zu Kies und Restsediment auf Geschiebemergel (M1, K3) (Abbildung 13). Die Station LB2 (Lübecker Bucht) liegt unmittelbar im Bereich einer historischen Altlast und bedarf einer gesonderten Bewertung.

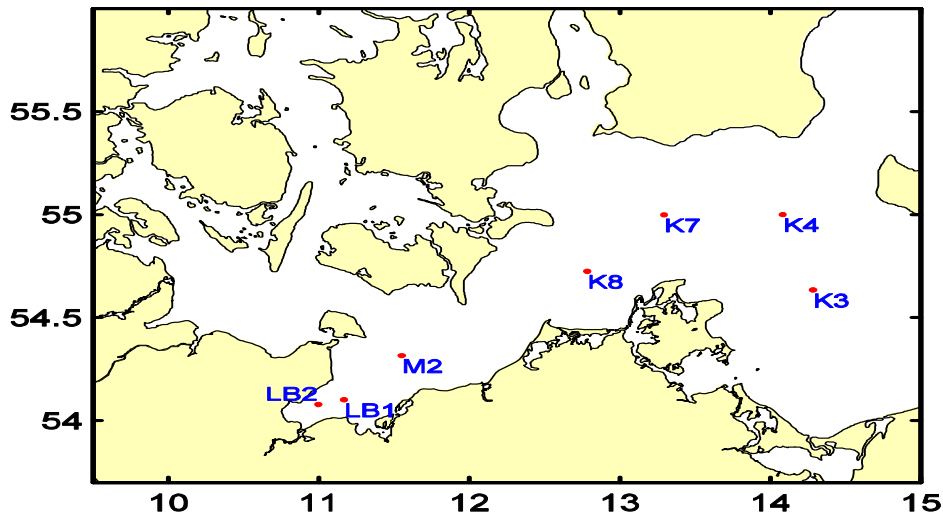


Abbildung 13: Sediment-Monitoringstationen in den äußeren Küstengewässern der westlichen Ostsee (Quelle: IOW)

Zur Abrundung des Gesamtbildes sind Messergebnisse aus den Oberflächensedimenten der Küstengewässer dargestellt. Die Untersuchungen in der Feinkornfraktion der Oberflächensedimente stammen aus dem Sedimentmonitoring des LANU (Landesamt für Natur und Umwelt; Küstengewässer Schleswig-Holstein) im Jahr 2000 an zehn Stationen zwischen der Flensburger Förde und der Lübecker Bucht und des LUNG (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern) in den Jahren von 1995 bis 2000 in den inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns.

In der AWZ (von der Mecklenburger Bucht, Darßer Schwelle, Arkona-Becken bis zur Pommernbucht) variierten die **Quecksilbergehalte** im Zeitraum von 1999 bis 2002 zwischen 0,10 und 0,18 mg/kg (Mediane, bezogen auf Trockenmasse). Lediglich in der Lübecker Bucht (LB1; 0,22 mg/kg) und im Arkona-Becken (Station K7; 0,67 mg/kg) wurden deutlich erhöhte Gehalte festgestellt. Eine Erklärung für die hohen Gehalte im Arkona-Becken gibt es zur Zeit noch nicht – jedoch konnte eine Sedimentkernuntersuchung zeigen, dass das Belastungsmaximum in dieser Region aus dem Ende der 50er Jahre stammt (POHL et al., 2006). In der Lübecker Bucht werden die erhöhten Gehalte auf die Ablagerung schwermetallhaltiger Stäube aus der Metallverhüttung in den sechziger Jahren zurückgeführt. In jüngerer Zeit versuchte man, die Altlast durch die Verklappung von nicht kontaminiertem Material abzudecken, um eine weitere Resuspension und Verdriftung des kontaminierten Materials zu verhindern. Weiterführende Informationen zur Altlast sind in dem BLMP Bericht Meeresumwelt 1999-2002 (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005) sowie in LEIPE (2005) zu finden. Im Bereich der Altlast in der Lübecker Bucht (LB2) lag der Median der gemessenen Quecksilbergehalte bei 0,76 mg/kg. An der schleswig-holsteinischen und mecklenburg-vorpommerschen Ostseeküste wurden im gleichen Zeitraum ähnliche bis erhöhte mittlere Gehalte von 0,1 bis 0,75 mg/kg gemessen. Erhöhte Gehalte wurden in der Flensburger (1,3 mg/kg) und Kieler Förde (1,7 mg/kg) und im Zentralbereich des Greifswalder Boddens (Maximalwert 8,3 mg/kg (2001)) gemessen.

Mit Ausnahme der Stationen LB2 (Altlast Lübecker Bucht) und K7 (Arkona-Becken) zeigt **Cadmium** einen von Westen nach Osten abnehmenden Gradienten der Cadmiumgehalte im Oberflächensediment der AWZ. Die Mediane der Gehalte bewegen sich mit Ausnahme der genannten Stationen zwischen 0,81 mg/kg in der Lübecker Bucht und 0,36 mg/kg in der Pommerschen Bucht (Abbildung 14).

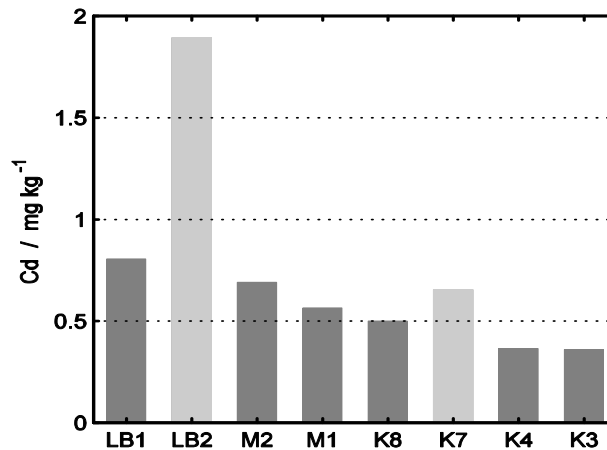


Abbildung 14: Cadmiumgehalte in der Feinkornfraktion des Oberflächensedimentes. Mediane der Messwerte im Zeitraum von 1998 bis 2000

In den Küstengewässern der westlichen Ostsee variierten die Cadmiumgehalte zwischen 0,33 mg/kg (Mecklenburger Bucht) und 1,8 mg/kg (Kieler Innenförde). Die mittleren Cadmiumgehalte in den Sedimenten an den Stationen der Mecklenburg-Vorpommerschen Küste lagen zwischen 1 und 3,5 mg/kg (BACHOR, 2001). In den östlichen Küstengewässern führten die hohen Cadmiumfrachten der Oder zu einer Cd-Anreicherung in den Sedimenten. Hohe Cadmiumgehalte zeigen sich im Kleinen Haff (mittlerer Gehalt 3,5 mg/kg im Zeitraum 1995-2000).

In der AWZ variierten die Mediane der **Bleige**halte (1999-2002) im Oberflächensediment zwischen 169 mg/kg in der Lübecker Bucht (außerhalb der Altlast) und 70 mg/kg in der Pommerschen Bucht. Ähnlich wie beim Cd und Hg wurden auch für das Blei erhöhte Gehalte im Arkona-Becken an der Station K7 registriert (110 mg/kg). Die Bleigehalte im Bereich der Altlast Lübecker Bucht (576 mg/kg) überstiegen die Gehalte in den weiter östlich liegenden Gebieten um den Faktor 5 bis 8. In den Sedimenten der Küstengewässer wurden vor der schleswig-holsteinischen Küste 41 bis 180 mg/kg und vor der mecklenburg-vorpommerschen Küste 37 bis 100 mg/kg Blei im Oberflächensediment gemessen. Die Belastungsschwerpunkte lagen im schleswig-holsteinischen Küstengewässer in der Flensburger Förde und im mecklenburg-vorpommerschen Küstengewässer im Kleinen Haff. Die Anreicherungen im Haff können auf die Bleifrachten der Oder zurückgeführt werden (EIDAM et al., 2000).

In der AWZ bewegten sich die Mediane der **Kupfer**gehalte (1999-2002) im Oberflächensediment zwischen 34 mg/kg in der Mecklenburger Bucht (M1) und 46 mg/kg westlich Hiddensee (K8). Im Gebiet der Altlast Lübecker Bucht wurde ein Median von 94 mg/kg beobachtet. Kupfer zeigte lediglich eine geringe Anreicherung im Arkona-Becken. In den Küstengewässern Schleswig-Holsteins (30-140 mg/kg) und Mecklenburg-Vorpommerns (30-70 mg/kg) wurden ähnliche bis leicht erhöhte Kupfergehalte gemessen. Die höchsten Gehalte wurden in der Flensburger Förde (140 mg/kg) festgestellt. Erhöhte Belastungen zeigen sich vor allem in der Nähe von Häfen, was auf den Einsatz kupferhaltiger Antifoulingmittel (aufwuchshemmende Schiffsanstriche) schließen lässt (BACHOR, 2001).

In der AWZ variierten die **Zink**gehalte (Median 1999-2002) im Oberflächensediment zwischen 244 mg/kg in der Lübecker Bucht (Außerhalb des Altlastgebietes) und 148 mg/kg in der Pommerschen Bucht. Die Zinkgehalte im Oberflächensediment zeigen einen leicht ausgeprägten, abnehmenden Gradienten von West nach Ost. Lediglich im Bereich des Arkona-Beckens weichen die Gehalte etwas zu höheren Werten ab (184 mg/kg). Im Gebiet der Altlast Lübecker Bucht wurde ein Median der gemessenen Zinkgehalte von 937 mg/kg beobachtet. Die Oberflächensedimente in den Küstengewässern wiesen mittlere Zinkgehalte von 150 bis 672 mg/kg auf. Erhöhte Gehalte traten vor allem in der Flensburger Förde (410 mg/kg) sowie im Kleinen Haff (672 mg/kg) auf.

An den Stationen in der AWZ liegen die Messwerte aus dem Zeitraum 1999 bis 2002 (Mediane) alle über den Referenzwerten (Hintergrundwerte) des UBA (UBA, 2004). Besonders deutlich gilt dies für die Elemente Blei und Zink. Der Median der Bleigehalte überschreitet den Hintergrundwert um den Faktor fünf (Pommersche Bucht) bis elf (Lübecker Bucht, außerhalb der Altlast), beim Zink lag die Anreicherung gegenüber dem Referenzwert zwischen den Faktoren sieben und vier, mit einer ähnlichen räumlichen Struktur. Die Elemente Quecksilber, Cadmium und Kupfer wiesen Anreicherungsfaktoren von zwei bis fünf auf. Vor allem die Gehalte der Elemente Quecksilber und Cadmium zeigen in den Oberflächensedimenten einen deutlichen von der Küste zur offenen See hin abnehmenden Gradienten. Bei Kupfer und Zink ist dieses Muster weniger ausgeprägt. Blei zeigt dagegen in der AWZ gleiche bis, gegenüber der Küste, leicht erhöhte Gehalte im Oberflächensediment.

### 2.1.6.2 Organische Schadstoffe

Der überwiegende Teil der heute bekannten 18 Mio. chemischen Substanzen sind organische Verbindungen. Davon besitzen ca. 20 000 industrielle Bedeutung und werden in größeren Mengen hergestellt. Etwa 2000 Verbindungen gelten als umweltrelevant (Schadstoffe), weil sie giftig (toxisch) oder in der Umwelt beständig (persistent) sind und/oder sich in den Nahrungsketten anreichern (bioakkumulieren) können. 100 bis 300 dieser Verbindungen sind z. Z. in Listen prioritär zu behandelnder Stoffe erfasst (EG-WRR, US EPA, OSPAR, HELCOM).

Die Substanzen stammen aus industrieller Produktion und gelangen durch menschliche Aktivitäten in die Meeresumwelt. Gegenwärtig überwacht das BSH routinemäßig ca. 100 organische Schadstoffe, die aufgrund ihrer Umweltrelevanz von besonderer Bedeutung sind oder als Leitsubstanzen für ganze Schadstoffklassen angesehen werden (THEOBALD, 1998).

Anthropogene Schadstoffe sind im Meer ungleichmäßig verteilt und kommen in sehr unterschiedlichen Konzentrationen vor. Ihre Verteilungen hängen von vielerlei Faktoren ab, wie von ozeanographischen Zustandsvariablen, von der Art der Quelle (Schifffahrt, Industrie, Haushalt, Landwirtschaft), von den Eintragsmengen und Eintragspfaden (direkt über Flüsse, diffus über Atmosphäre) sowie von den charakteristischen physikalischen und chemischen Eigenschaften und von der Stabilität der Schadstoffe. All diese Einflussgrößen können von Stoff zu Stoff sehr verschieden sein. Aus diesen Gründen verhalten sich die meisten Schadstoffe selten konservativ, d.h. ein einfacher Zusammenhang zwischen der Konzentration anthropogener Stoffe und den hydrodynamischen Variablen ist selten erfüllt. Allenfalls für regional begrenzte Gebiete mit klaren Quellenzuordnungen lassen sich einfache Korrelationen finden und nutzen. Im Prinzip muss die Verteilung und Bewertung stoffspezifisch für jeden einzelnen Schadstoff betrachtet werden. Eine solche detaillierte Betrachtung erfolgte beispielsweise in dem BLMP-Bericht für die Jahre 1999-2002 (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

Die Untersuchungen werden im Küstengebiet Schleswig-Holsteins durch das LANU und im Küstengebiet Mecklenburg-Vorpommerns durch das LUNG und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) vorgenommen. Im Gebiet der Ostsee werden seit 2003 Sediment-Untersuchungen durch das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) durchgeführt. Die organischen Schadstoffe werden in der Gesamtprobe (< 2 mm) bestimmt. Die TOC-Gehalte (TOC=gesamter organisch gebundener Kohlenstoff) der Sedimente sind in der westlichen Ostsee i.a. höher als in der Deutschen Bucht in der Nordsee. Sie variieren zwischen 0,3 und 154 mg/g TM, wobei die höchsten Werte im Küstenbereich beobachtet werden. In der Arkonasee wurden 2004 vom IOW TOC-Werte von 0,3 bis 64 mg/g TM gemessen.

**Polare Stoffe** wie z.B. das Insektizid Lindan ( $\gamma$ -HCH) und seine technischen Nebenprodukte werden im Sediment nur geringfügig angereichert, so dass die Konzentrationen meist nahe oder unter der Bestimmungsgrenze liegen. Diese Stoffe sind besser im Seewasser zu bewerten (s. Kapitel 2.2.8). Aus diesem Grund wurden vom IOW keine HCH-Bestimmungen in der AWZ durchgeführt. Informationen über HCH-Konzentrationen in Sedimenten des Küstenbe-

reichs sind im BLMP Bericht für die Jahre 1999-2002 zusammengefasst (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

**Unpolare chlorierte Schadstoffe** wie Hexachlorbenzol (HCB), polychlorierte Biphenyle (PCB) oder das Insektizid DDT (und seine Metabolite DDE und DDD) können aufgrund ihrer Anreicherung in den Sedimenten meist gut nachgewiesen werden.

**HCB** lag 2004 in den Sedimenten der AWZ nur in geringen Konzentrationen vor (Konzentrationsbereich zwischen 0,007 und 0,2 µg/kg TM, Abbildung 15). Im schleswig-holsteinischen Küstengewässer (LANU) wurden etwas höhere Werte von < 0,06 bis 0,36 µg/kg TM beobachtet. Die mittleren HCB-Gehalte in den Sedimenten der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns lagen mit 0,31 bis 1,5 µg/kg TM (LUNG) signifikant höher als in der AWZ. Die geringsten Werte wurden dabei in den Rügenschon Bodden und im Greifswalder Bodden, die höchsten in der Wismar-Bucht, im Kleinen Haff und Peenestrom gemessen. Wie bei den meisten anderen Schadstoffen weisen die Sedimente an der Station Unterwarnow die höchsten Kontaminationen auf (14,7 µg/kg TM).

Bei den **PCB** dominieren stets die höher chlorierten Kongenere Nr. 138, 153 und 180. Im Gebiet der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee sind annähernd gleiche Konzentrationen von PCB und p,p'-DDE anzutreffen (0,5 bis 1,5 µg/kg; s. Abbildung 15), wogegen in der Lübecker Bucht eine höhere Belastung (1 bis 3 µg/kg) gemessen wird (IOW), bei einem ähnlichen Gehalt an TOC. Aufgrund des sandigen Sediments und des geringen TOC-Gehalts werden nordwestlich Hiddensees nur sehr geringe Konzentrationen gefunden (< 0,02 bis 0,4 µg/kg).

In den Küstengewässern und inneren Gewässern von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern variieren die PCB-Konzentrationen über einen sehr großen Bereich (PCB-Summenkonzentration 3,2 bis 1369 µg/kg; Einzelheiten s MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

The figure is a map of the Baltic Sea region, showing sampling stations and their corresponding concentrations of chlorinated hydrocarbons (HCB and PCB congeners) in surface sediments. The map covers parts of Denmark, Germany, and Poland. Key locations marked include Kiel, Lübeck, Rostock, and various stations (M2, M1, K7, K4, K8). A legend in the bottom right corner identifies the compounds: HCB (purple), PCB 28/61 (dark blue), PCB 52 (light blue), PCB 101 (yellow), PCB 118 (orange), PCB 153 (red), PCB 138 (dark red), and PCB 180 (brown). A vertical scale bar on the right indicates concentrations in µg/kg TM, ranging from 0 to 4.0. The map also shows geographical features like the Skagerrak, Kattegat, and the Baltic Sea proper.

Abbildung 15: Chlorkohlenwasserstoff-Konzentrationen in Oberflächensedimenten (IOW, 2004)

- 44 -

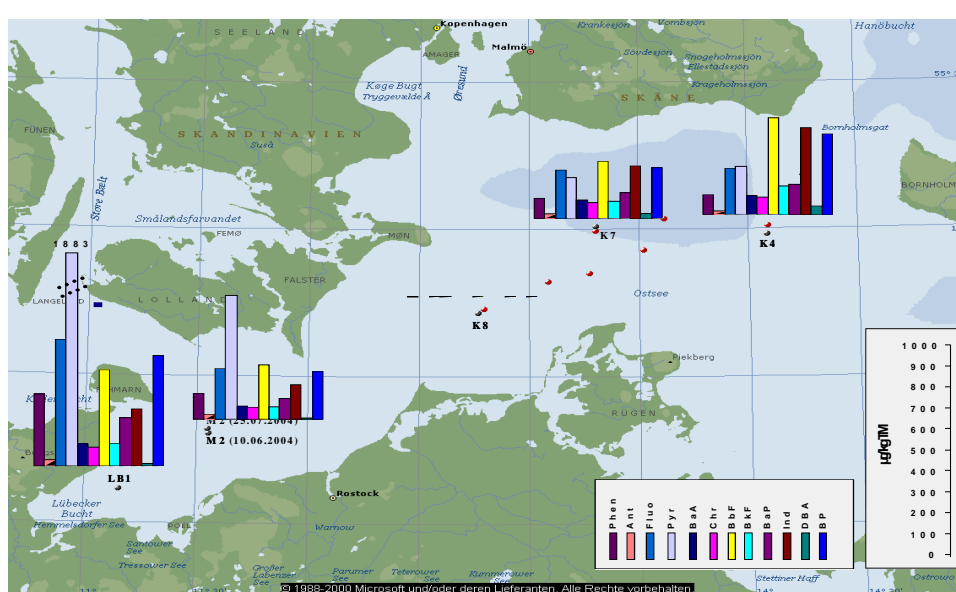


Abbildung 16: PAK-Konzentrationen in Oberflächensedimenten (IOW, 2004)

Die Konzentrationen des *DDT*-Metaboliten *p,p'*-DDE lagen im gleichen Bereich wie CB 153. Wie bei den PCBs ist auch für DDT und seine Metabolite eine recht homogene Verteilung in den Oberflächensedimenten anzutreffen (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005; s.a. DANNENBERGER und LERZ, 1996).

Die **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe** (PAK) weisen ähnliche Verteilungen wie die PCB auf, allerdings liegen die Konzentrationen ca. 100 bis 1000-fach höher (Abbildung 16). In der Mecklenburger Bucht und der Arkonasee variieren die Konzentrationen der einzelnen PAK zwischen 5 und 500 µg/kg und die Summe der Mediane von 12 EPA-PAK (EPA = der Umweltbehörde der USA) liegt bei 1700 µg/kg.

Alle beschriebenen lipophilen Schadstoffe weisen in der AWZ eine relativ homogene Verteilung ohne Belastungsschwerpunkte auf. Die Konzentrationen korrelieren gut mit den TOC-Gehalten der Sedimente, so dass die Konzentrationen primär davon und vom Schlickanteil beeinflusst werden. Lokale Quellen oder Altlasten sind in der AWZ nicht bekannt.

In den Küstengewässern variierten die Konzentrationen stärker, hier sind z.T. auch Belastungsschwerpunkte für einzelne Schadstoffe zu finden, die von Altlasten oder speziellen Gebiets-Nutzungen abhängen (Einzelheiten s. MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

Mineralöl-Kohlenwasserstoffe wurden in der AWZ nicht bestimmt. Die Sedimente der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns wiesen mittlere Konzentrationen von 47 bis 272 mg/kg TM auf (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

Zinnorganische Verbindungen wurden in der AWZ bisher nicht bestimmt. Dagegen liegen über die Konzentrationen in den Küstengewässern zahlreiche Messungen vor, die zeigen, dass die biologische Wirkschwelle von 50 µg Sn/kg TM z.T. um ein Vielfaches überschritten wird (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

### 2.1.6.3 Radioaktive Stoffe (Radionuklide)

Sedimente reichern Stoffe aus der Wassersäule an. Sie sind damit eine wesentliche Senke für den Verbleib von in das Meer eingetragenen Schadstoffen. Je nach chemischen Eigenschaften der Elemente und je nach Schwebstoffbeschaffenheit reichern sich auch radioaktive Stoffe durch Sedimentation am Meeresboden an. Für eine Reihe von Radionukliden bedeutet diese Anreicherung einen weitgehend irreversiblen Prozess, durch den die Radioaktivität der Wassersäule "ausgekämmt" und in der Meeresbodenoberfläche konzentriert wird. Jedoch muss man auch je nach chemischen und physikalischen Gegebenheiten mit einer Resuspension, d.h. einer Wiederfreisetzung der abgelagerten Radionuklide in die Wassersäule rechnen, wenn entsprechende Turbulenz des Wassers dazu ausreicht.

Das Cs-137 aus dem Tschernobyl-Unfall wurde in den Sedimenten der westlichen Ostsee regional sehr unterschiedlich deponiert. Die relativ höchste Konzentration an einem Ort findet sich vielfach nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern je nach Ort in Tiefen von 2 bis 8 cm. In Abbildung 17 ist das Inventar in  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$  einiger ausgewählter Sedimentstationen der westlichen Ostsee bis in 16 cm Tiefe dargestellt. Es finden sich Inventare, die von Ort zu Ort um den Faktor 10 variieren. Dabei ist die Deposition nicht abhängig vom geographischen Ort, korreliert also auch nicht mit den Wasserkonzentrationen, die von Ost nach West abnehmen. Die höchsten Inventare finden sich in wasseraustauscharmen Buchten, wie z.B. in der Ekernförder Bucht ( $5,5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ ) oder der Neustädter Bucht ( $3,8 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

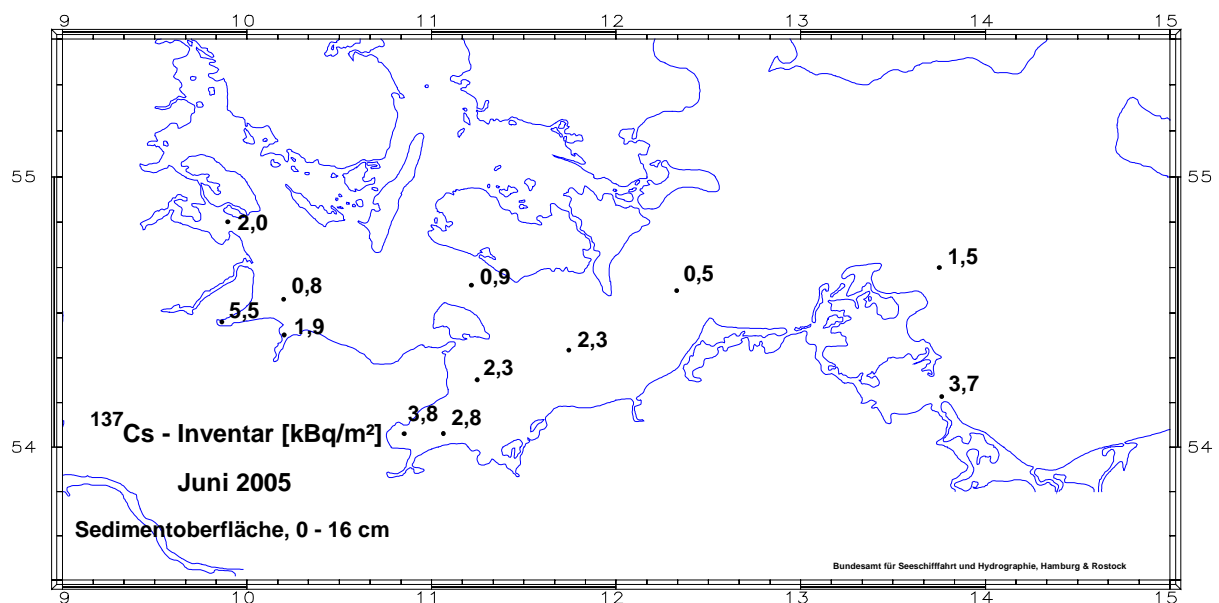


Abbildung 17: Cs-137 Inventar [ $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ ] in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juni 2005. Das Inventar wird bis 16 cm Sedimenttiefe erfasst.

### 2.1.7 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Boden hinsichtlich Schadstoffe im Sediment

#### 2.1.7.1 Metalle

In der westlichen Ostsee (Mecklenburger Bucht bis Arkona-Becken) kann, bedingt durch die Kürze der verfügbaren Messreihen, bis heute kein Trend in den Metallgehalten der Oberflächensedimente erkannt werden. Belastungsschwerpunkte liegen in der Lübecker Bucht und im westlichen Arkona-Becken. Mit der Abdeckung der Altlast in der Lübecker Bucht und der damit verbundenen Eindämmung der Resuspension (erneute Aufwirbelung) von kontaminiertem

Material wird langfristig eine Normalisierung der Sedimentqualität in diesem Gebiet erwartet. Im westlichen Arkona-Becken werden seit Jahren insbesondere erhöhte Quecksilber- und Bleigehalte gemessen. Die Ursachen dieser Anomalie sind bisher nicht bekannt. Zur Küste hin wird in der Regel eine Zunahme der Elementgehalte im Oberflächensediment beobachtet. Dies gilt insbesondere für Quecksilber und Cadmium, aber auch für Zink und Kupfer. Die in der AWZ gemessenen Bleigehalte sind dagegen recht gut mit den in Küstennähe beobachteten Werten vergleichbar, liegen zum Teil sogar darüber.

### 2.1.7.2 Organische Stoffe

Ein zusammenfassender Überblick über die Belastung der Sedimente ist außerordentlich schwierig, da einerseits Daten über die offene See recht lückenhaft, andererseits die Daten aus den Küstengebieten sehr heterogen sind. Erschwert wird eine regionale Betrachtung vor allem dadurch, dass bei den veröffentlichten Daten meist ein Bezug auf den TOC-Gehalt oder eine Korngrößennormierung fehlt. Die Konzentrationen in der AWZ sind durchgehend geringer als in den Küstengebieten, wo häufig lokale Belastungsschwerpunkte auftreten. Je nach Substanz liegen die Maximalwert/Minimalwert-Verhältnisse zwischen 10 und 3500. Weitergehende regionale Bewertungen benötigen die Berücksichtigung von Sedimentparametern (TOC, Korngrößenverteilung). In der AWZ liegt bei vergleichbaren TOC-Gehalten der Sedimente eine relativ homogene Verteilung vor, bei Stationen mit geringem Feinkornanteil und geringen TOC-Werten (sandige Sedimente) ist die Belastung stets sehr gering. Im Vergleich zur Nordsee (Deutschen Bucht) sind die Konzentrationen in der AWZ der Ostsee im Durchschnitt deutlich höher; dies liegt höchstwahrscheinlich an den höheren TOC- und Schlick-Gehalten der Ostsee-Sedimente.

Für Sedimente der AWZ liegen noch keine längerfristigen Daten vor, so dass keine Aussagen über zeitliche Trends möglich sind.

### 2.1.7.3 Radioaktive Stoffe (Radionuklide)

Im Vergleich mit anderen Meeresgebieten weisen die Oberflächensedimente der Ostsee deutlich höhere spezifische Aktivitäten als z.B. diejenigen der Nordsee auf. Diese Aussage gilt in den meisten Fällen auch für natürliche Radionuklide. Einerseits ist dieser Effekt darauf zurückzuführen, dass die Korngröße der mehr schlickigen und damit feinkörnigeren Sedimente der Ostsee kleiner ist, andererseits liegt dies auch darin begründet, dass die geringere Turbulenz im Wasser der Ostsee zu einem Sedimentieren der feineren Partikel führt. Auch die höhere Flächendeposition des Tschernobyl-Eintrags auf das Gebiet der westlichen Ostsee im Vergleich zur Nordsee spiegelt sich in den erhöhten Aktivitäten wider. In Gebieten mit noch höheren Flächendepositionen, wie z.B. im Finnischen oder Bottnischen Meerbusen, finden sich Cs-137-Inventare im Sediment, die um mehr als den Faktor 10 höher sind als in der deutschen AWZ.

In der zeitlichen Entwicklung kann man beobachten, dass das Inventar in den Sedimenten in den ersten Jahren nach dem Tschernobyl-Unfall stetig anstieg. Seit ca. 10 Jahren ist eine Stagnation zu beobachten, die sich mit einem Quasi-Gleichgewicht zwischen radioaktivem Zerfall (Halbwertszeit des Cs-137: 30 Jahre) und weiterer Deposition erklären lässt.

## 2.2 Wasser

### 2.2.1 Strömungen

Die Zirkulation der Ostsee wird geprägt durch einen Austausch von Wassermassen mit der Nordsee durch die Belte und den Sund. Im oberflächennahen Bereich fließt brackisches Ostseewasser in die Nordsee ab, während am Boden schwereres, salzhaltigeres Nordseewasser aus dem Kattegat in die Ostsee vordrängt. Dieser Einstrom von Salzwasser wird durch die Drogdenschwelle (Silltiefe 9 m) am südlichen Ausgang des Sundes und die Darßer Schwelle (Silltiefe 19 m) östlich der Beltsee behindert. Bedingt durch spezifische Wetterlagen kommt es sporadisch zu Salzwassereinbrüchen, bei denen salz- und sauerstoffreiches Wasser zum Teil bis in die tieferen östlichen Becken der Ostsee vordringt. Da es in den tiefen Becken durch den Abbau organischen Materials zu Sauerstoffzehrung kommt und die vertikale Durchmischung durch Dichteschichtung weitgehend unterbunden wird, sind diese Salzwassereinbrüche zur „Durchlüftung“ der tieferen Becken für die Ostsee von besonderer Bedeutung (vergl. auch Kap. 2.2.8.2).

Beim Einströmen von Salzwasser aus dem Kattegat in die Ostsee werden zwei Prozesse unterschieden. Einerseits gibt es die großen Salzwassereinbrüche, die über einen Zeitraum von mindestens fünf Tagen große Mengen Salzwassers in die Ostsee transportieren. Dabei werden große Teile des Arkona-Beckens mit Salzwasser aufgefüllt. Der zweite Prozess sind Einstromereignisse mittlerer Stärke, die etwa 3 – 5 mal pro Winter auftreten. Hier fließt das Bodenwasser nach Überströmen der Darßer Schwelle und der Drogdenschwelle als dichte Bodenströmung in das Arkona-Becken. Das dichtere, über die Drogdenschwelle in das Arkona-Becken strömende Wasser fließt als relativ schmales Band gegen den Uhrzeigersinn am Rand des Arkona-Beckens entlang. Es umströmt das Kriegers Flak und setzt sich in Richtung Darßer Schwelle fort, wo sich das über die Darßer Schwelle einströmende Salzwasser diesem Band überlagert. Von dort setzt sich das Band entlang des südlichen Randes des Arkona-Beckens nach Osten in Richtung Bornholm Gatt fort, wo es in das Bornholmbecken abfließt (BURCHARD und LASS, 2004; LASS, 2003).

Modelluntersuchungen (BURCHARD et al, 2005) mit einem vereinfachten numerischen Modell modifizieren dieses Bild: Danach fließt der überwiegende Teil des über die Drogdenschwelle einströmenden Wassers im Uhrzeigersinn um das Kriegers Flak und beeinflusst den in der deutschen AWZ liegenden Sektor geringer als die bislang veröffentlichten Beobachtungen und Modellergebnisse besagen. Durchgeführte Messungen mit einem östlich von Kriegers Flak am Boden stehenden ADCP (akustischer Doppler-Profilstrommesser) könnten diese Modellergebnisse stützen. Da sich die neuen Modelluntersuchungen ausschließlich auf den Einstrom aus dem Öresund beschränken, liegen keine neuen Erkenntnisse bezüglich des Einstroms aus der Beltsee (Darßer Schwelle) vor. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Einstrom im wesentlichen am südlichen Rand des Arkona-Beckens nach Osten ausbreitet und somit auch die tieferen Gebiete des Adlergrundes beeinflusst.

In der Ostsee entstehen die Strömungen primär durch den Einfluss des Windes (Triftstrom). Trift eine Strömung auf eine Küste, kommt es infolge des Staus zu Gefällströmungen. Ein dritter Faktor ist der Süßwasserabfluss der Flüsse mit etwa 480 km<sup>3</sup>/Jahr. Berücksichtigt man Niederschlag und Verdunstung, ergibt sich ein Süßwasserüberschuss von 540 km<sup>3</sup>/Jahr, das entspricht etwa 2,5 % des Wasservolumens der Ostsee. Innerhalb der westlichen Ostsee gibt es praktisch keine hinreichend permanente Strömung, die sinnvollerweise mit einem Namen versehen werden könnte (RHEINHEIMER, 1996). Gezeitensignale in den Strömungen sind – sofern überhaupt nachweisbar – zu vernachlässigen. Im Fehmarnbelt beobachtet man im Jahresmittel an der Oberfläche einen Netto-Ausstrom von 8 cm/s und am Boden einen Netto-Einstrom mit 7 cm/s (LANGE et al., 1991). Tabelle 3 zeigt charakteristische Strömungsparameter für den Fehmarnbelt, die Mecklenburger Bucht, das Arkona-Becken und für die Tromper Wiek.



Tabelle 3: Charakteristische Strömungsparameter für ausgesuchte Positionen in der westlichen Ostsee

	<b>Fehmarnbelt</b>	<b>Mecklenburger Bucht</b>	<b>Arkona-Becken</b>	<b>Tromper Wiek</b>
Breite	54°34,5' N	54°21,5' N	54°59,3' N	54°38,6' N
Länge	11°10,0' E	11°39,5' E	13°09,1' E	13°30,0' E
Wassertiefe [m]	28	26	31	25
Messintervall [Minuten]	60	60	10	10
Oberflächennah:				
Anzahl Messwerte [ ]	18280	11026	14689	11093
mittlerer Betrag [cm/s]	28,7	17,7	9,6	10,3
maximaler Betrag [cm/s]	117,6	74,8	78,0	51,9
Reststrom [cm/s]	7,6	1,4	2,3	5,7
Richtung [°]	347	332	184	325
Bodennah:				
Anzahl Messwerte [ ]	20997	16158	14689	11093
mittlerer Betrag [cm/s]	16,4	12,9	6,0	7,1
maximaler Betrag [cm/s]	92,7	90,7	30,0	35,0
Reststrom [cm/s]	6,6	2,3	0,4	2,0
Richtung [°]	114	175	230	309
Quelle	LANGE et al. (1991)	LANGE et al. (1991)	BSH-Messung (2005)	KLEIN u. MIT- TELSTAEDT (2001)

## 2.2.2 Seegang

Beim Seegang unterscheidet man zwischen den vom lokalen Wind erzeugten Wellen, der sogenannten Windsee, und der Dünung. Dünung sind Wellen, die ihr Entstehungsgebiet verlassen haben. Aufgrund der geringen Größe und der starken Zergliederung der Ostsee kommt eine voll entwickelte Dünung nur selten zustande. In der Arkonasee beträgt der Dünungsanteil nur etwa 4%. Die Dünung hat eine größere Wellenlänge und eine größere Periode als die Windsee.

Die Höhe der Windsee hängt ab von der Windgeschwindigkeit und von der Zeit, die der Wind auf die Wasseroberfläche einwirkt (Wirkdauer), sowie von der Windstreichlänge (Fetch), d.h. der Strecke, über die der Wind wirkt. Als Maß für den Seegang wird die signifikante oder auch kennzeichnende Wellenhöhe ( $H_s$ ) angegeben, d.h. die mittlere Wellenhöhe des oberen Drittels der Wellenhöhenverteilung.

Im klimatologischen Jahresgang (1961-1990) treten in der Arkonasee die höchsten Windgeschwindigkeiten mit etwa 19 kn im Dezember auf und fallen dann bis zum Juni kontinuierlich auf 13 kn ab. Danach steigt die Windgeschwindigkeit wieder stetig bis Ende November an (BSH, 1996). Im Jahresmittel liegt die Windgeschwindigkeit bei 16,2 kn. Dieser Jahresgang ist auf die mittlere Wellenhöhe des Seegangs übertragbar. Sie beträgt knapp 1,4 m im Dezember, fällt bis Ende Januar auf ca. 1,15 m ab und behält diesen Wert bis Mitte März bei. Ab Mitte März fällt der Wert bis Ende Mai stetig auf 0,7 m ab. Ab Juni nimmt die Wellenhöhe wieder kontinuierlich bis zum Dezember zu.

Die Tabellen 4 und 5 zeigen 5-Jahres-Statistiken des Seegangs für unterschiedliche Teilgebiete der Ostsee. Die Daten stammen aus dem Seegangmodell des Deutschen Wetterdienstes und sind durch BSH-Messungen mit Seegangsbojen validiert. Im Gegensatz zu den Messdaten weisen die Modelldaten jedoch keine zeitlichen Lücken auf und sind deshalb für statistische Betrachtungen geeigneter. Neben den Mittelwerten sind zusätzlich die am häufigsten vorkommenden Werte angegeben, die die lokalen Gegebenheiten oft besser beschrei-

ben. So wird z.B. bei der Windgeschwindigkeit häufig ein Wert von 8 m/s beobachtet, durch Zeiten der Windstille beträgt der Mittelwert aber nur 6,6 m/s.

Tabelle 4: 5-Jahre-Mittel der Windgeschwindigkeit und des Seegangs für den Fehmarnbelt und die Teilgebiete Mecklenburger Bucht und Darßer Schwelle

	<b>Fehmarnbelt 54°N 39', 11°04'E</b>				
	Häufigster Wert	Mittelwert	Standardabweichg	Minimum	Maximum
Wind:					
Geschwindigkeit [m/s]	8,0	7,1	3,6	0,7	24,8
Richtung [°]	240	236			
Signifikante Wellenhöhe [m]	0,5	0,6	0,6	0,1	4,8
Windsee:					
Höhe [m]	0,5	0,5	0,6	0,0	4,8
Periode [m]	3,0	2,9	1,6	0,0	7,6
Richtung [°]	270	244			
Dünung:					
Höhe [m]	0,5	0,2	0,1	0,1	1,4
Periode [m]	6,0	5,0	0,8	3,0	8,1
Richtung [°]	270	246			

	<b>Mecklenburger Bucht 54°21'N, 11°34'E</b>				
	Häufigster Wert	Mittelwert	Standardabweichg	Minimum	Maximum
Wind:					
Geschwindigkeit [m/s]	8,0	7,1	3,6	0,7	25,1
Richtung [°]	240	235			
Signifikante Wellenhöhe [m]	0,5	0,7	0,6	0,1	4,3
Windsee:					
Höhe [m]	0,5	0,6	0,6	0,0	4,3
Periode [m]	3,0	2,9	1,6	0,0	7,3
Richtung [°]	240	249			
Dünung:					
Höhe [m]	0,5	0,2	0,1	0,1	1,3
Periode [m]	6,0	4,9	0,8	3,0	9,4
Richtung [°]	60	18			

	<b>Darßer Schwelle 54°45'N, 12°45'E</b>				
	Häufigster Wert	Mittelwert	Standardabweichg	Minimum	Maximum
Wind:					
Geschwindigkeit [m/s]	8,0	7,3	3,8	0,7	26,4
Richtung [°]	240	238			
Signifikante Wellenhöhe [m]	0,5	0,8	0,7	0,1	5,7
Windsee:					
Höhe [m]	0,5	0,7	0,7	0,0	5,6
Periode [m]	3,0	3,2	1,7	0,0	8,7
Richtung [°]	240	245			
Dünung:					
Höhe [m]	0,5	0,3	0,2	0,1	2,2
Periode [m]	6,0	5,0	0,9	3,0	10,8
Richtung [°]	60	63			

Tabelle 5: 5-Jahre-Mittel der Windgeschwindigkeit und des Seegangs für die Teilgebiete Arkona-Becken und Oderbank

	<b>Arkona-Becken 54°51'N, 13°55'E</b>				
	Häufigster Wert	Mittelwert	Standardabweichg	Minimum	Maximum
<b>Wind:</b>					
Geschwindigkeit [m/s]	8,0	7,4	3,8	0,7	27,2
Richtung [°]	270	243			
Signifikante Wellenhöhe [m]	0,5	0,9	0,8	0,1	6,8
<b>Windsee:</b>					
Höhe [m]	0,5	0,8	0,8	0,0	6,8
Periode [m]	3,0	3,4	1,8	0,0	9,0
Richtung [°]	270	251			
<b>Dünung:</b>					
Höhe [m]	0,5	0,3	0,2	0,2	2,1
Periode [m]	6,0	5,1	1,0	3,2	10,7
Richtung [°]	270	196			

	<b>Oder Bank 54°03'N, 14°15'E</b>				
	Häufigster Wert	Mittelwert	Standardabweichg	Minimum	Maximum
<b>Wind:</b>					
Geschwindigkeit [m/s]	8,0	6,6	3,3	0,7	24,7
Richtung [°]	240	238			
Signifikante Wellenhöhe [m]	0,5	0,6	0,5	0,1	4,9
<b>Windsee:</b>					
Höhe [m]	0,5	0,4	0,5	0,0	4,8
Periode [m]	3,0	2,7	1,5	0,0	9,4
Richtung [°]	270	294			
<b>Dünung:</b>					
Höhe [m]	0,5	0,2	0,2	0,1	1,6
Periode [m]	6,0	5,0	1,0	3,1	12,8
Richtung [°]	60	20			

### 2.2.3 Wasserstandsschwankungen

Wasserstandsschwankungen durch Gezeiten sind in der Ostsee vernachlässigbar. Der Springtidenhub der halbtägigen Gezeit liegt im Bereich der AWZ unter 10 cm.

Die Ostsee reagiert aufgrund ihrer geringen Ausdehnung sehr schnell auf meteorologische Einflüsse (BAERENS und HUPFER, 1999). Extreme Hoch- oder Niedrigwasser sind primär durch den Wind verursacht. Wasserstände von über 100 cm über, bzw. unter NN werden als Sturmhoch-, bzw. Sturmniedrigwasser bezeichnet. Im langjährigen Mittel liegen diese Extremwasserstände etwa 110 – 128 cm über, bzw. 115 – 130 cm unter NN. Einzelne Ereignisse können deutlich über diesen Werten liegen: 1872 wurde in Travemünde ein Sturmhochwasser mit 316 cm über NN beobachtet. Zwischen 1901 und 1993 wurden 196 Sturmhochwasser an der deutschen Ostseeküste beobachtet.

Neben den Sturmhoch- und Niedrigwassern verursachen Eigenschwingungen der Ostseebecken (Seiches) Wasserstandsschwankungen in der Größenordnung von bis zu einem Meter. Das System Westliche Ostsee – Bottnischer Meerbusen hat eine Periode von 31 Stunden, das System Westliche Ostsee – Finnischer Meerbusen von 26 Stunden. Diese u.a. auch durch Windstau verursachten Schwingungen klingen meist nach 4 Perioden wieder ab.

Für das 20. Jahrhundert zeigen die jährlichen Maximal-Wasserstände der Ostsee und die jährliche Variabilität einen statistisch signifikanten positiven Trend mit einem deutlichen Anstieg in den 1960er und 1970er Jahren. Schwankungen des Meeresspiegels mit Perioden größer als ein Jahr sind auch mit den Schwankungen des Nordatlantischen Oszillationsindex (NAO) korreliert. Langfristige Faktoren, die den mittleren Meeresspiegel der Ostsee beeinflussen, sind die isostatische Landhebung im Bereich des Bottnischen Meerbusens (9 mm/a) und der eustatische Anstieg des Meeresspiegels von 1-2 mm/a (MEIER et al., 2004). Abschätzungen für den globalen Anstieg des Meeresspiegels liegen bei Werten zwischen 0,09 und 0,88 m bis zum Jahre 2100, vorausgesetzt die westantarktische Eismasse bleibt stabil. Ihr Abschmelzen würde einen globalen Anstieg des Meeresspiegels von bis zu 6 m bewirken.

### 2.2.4 Temperatur

Die Abbildungen 18 und 19 geben, basierend auf den Daten von JANSSEN et al. (1999), eine flächenhafte Verteilung der monatlich gemittelten Oberflächentemperaturen wieder. Beide Abbildungen sind farblich einheitlich skaliert. Die niedrigsten Temperaturen treten im Februar auf. Die sommerliche Erwärmung beginnt im April und erreicht ihr Maximum im August. Im September beginnt die Abkühlung. Der Datensatz von JANSSEN et al. (1999) umfasst alle verfügbaren Temperaturmessungen aus den Jahren 1900 bis 1996.

Abbildungen 20 und 21 zeigen die thermische Schichtung in der westlichen Ostsee anhand der Differenz zwischen Boden- und Oberflächentemperatur, ebenfalls berechnet aus den Daten von JANSSEN et al. (1999). Zwischen Mai und Juni baut sich eine kräftige Schichtung auf mit Temperaturdifferenzen von bis zu 12 °C im August. Im Laufe des Septembers baut sich die thermische Schichtung schnell ab, im Oktober ist die westliche Ostsee weitgehend vertikal homotherm.

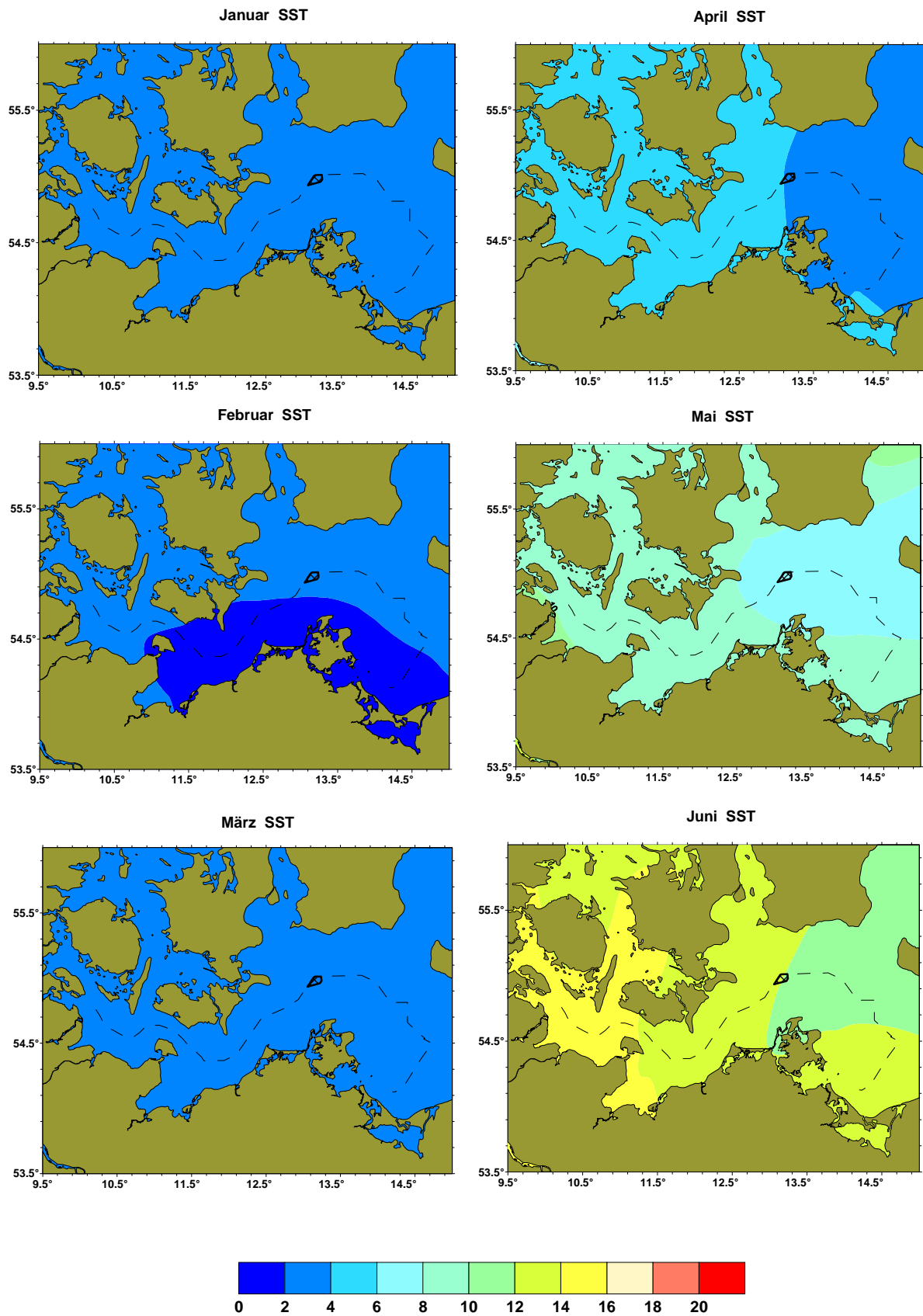


Abbildung 18: Klimatologische Monatsmittel der Oberflächentemperatur (1900 -1996) nach JANSSEN et al. (1999) für die Monate Januar bis Juni

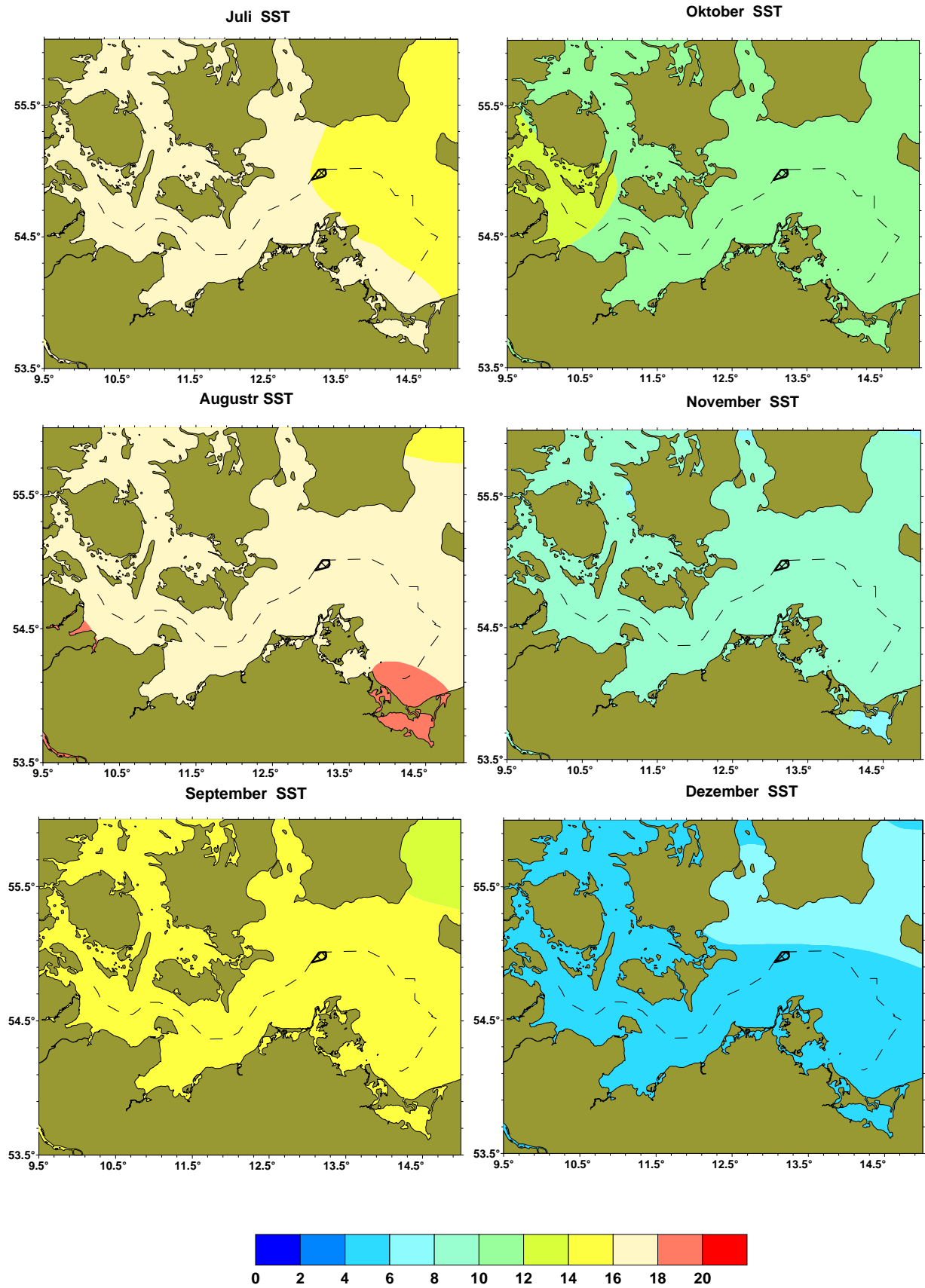


Abbildung 19: Klimatologische Monatsmittel der Oberflächentemperatur (1900–1996) nach JANSSEN et al. (1999) für die Monate Juli bis Dezember

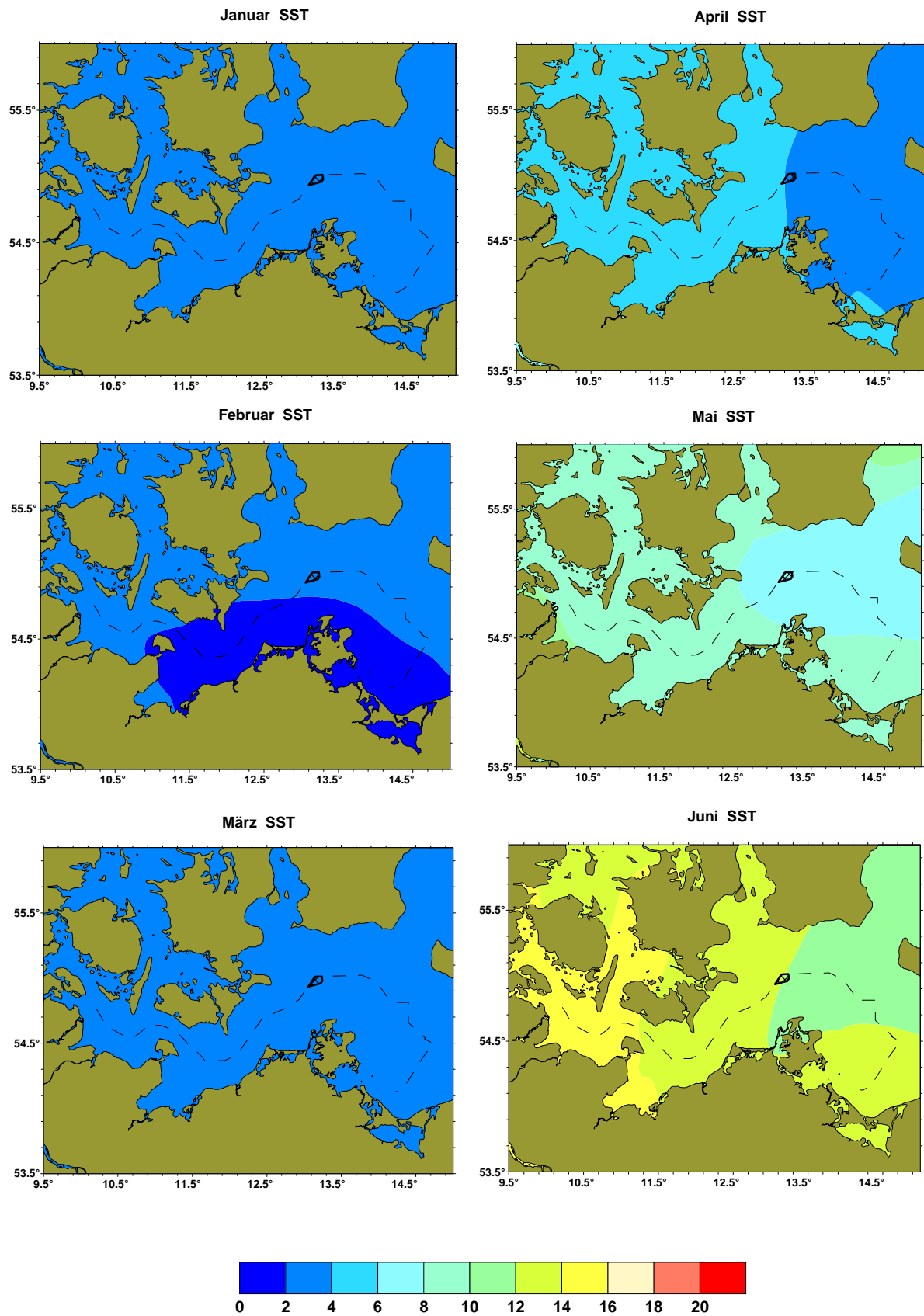


Abbildung 20: Temperaturschichtung in der westlichen Ostsee (Boden – Oberfläche) nach Janssen et al. (1999) für die Monate Januar bis Juli

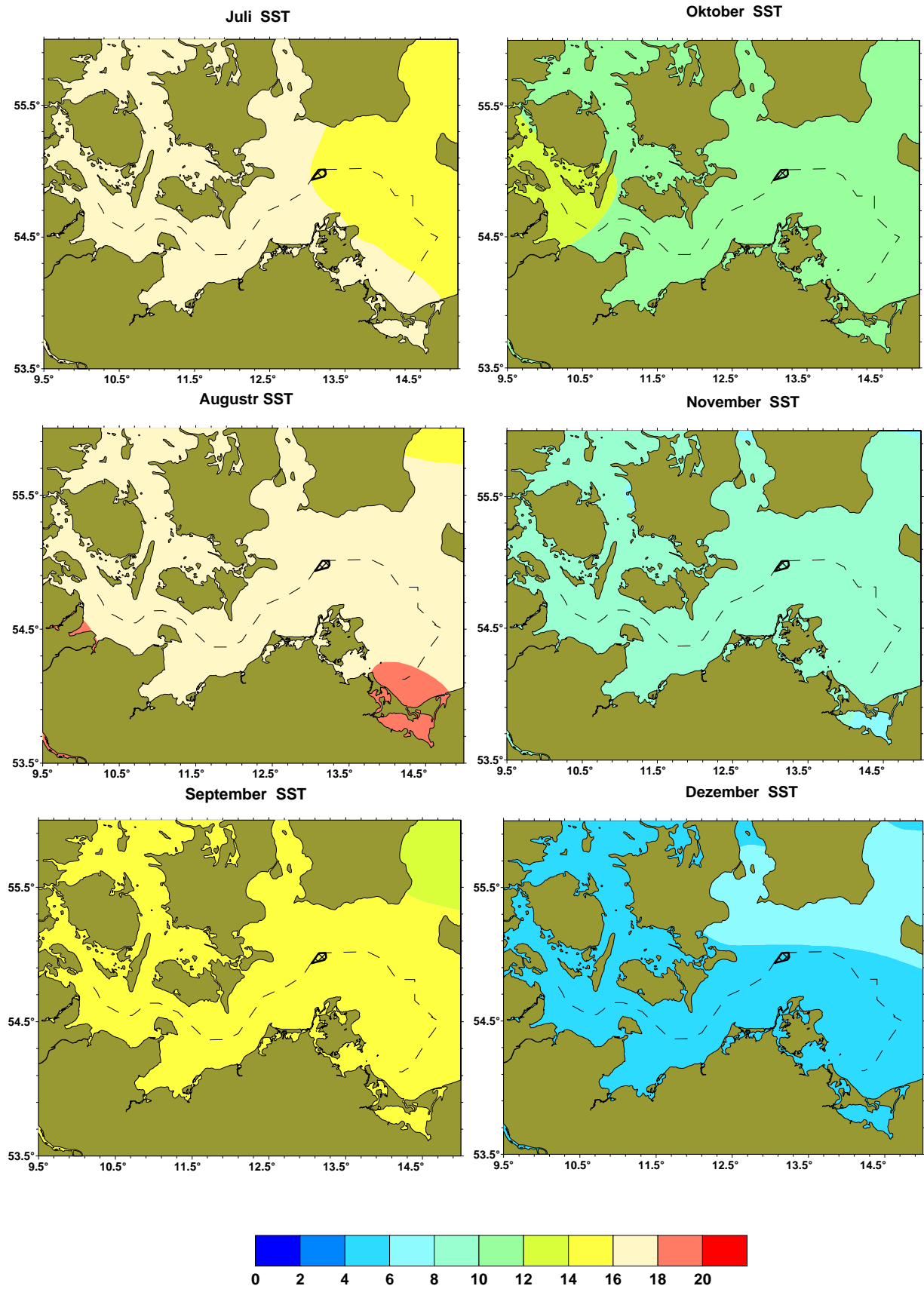


Abbildung 21: Temperaturschichtung in westlichen Ostsee (Boden – Oberfläche) nach JANSSEN et al. (1999) für die Monate Juli bis Dezember



Exemplarisch zeigt die Abbildung 22 den Jahresgang in der Arkonasee basierend auf den Monatsmittelwerten in 10 und 40 m Wassertiefe. Zwischen April und Mai beginnt dort im langjährigen Mittel der Aufbau der Temperaturschichtung, die im August ihr Maximum mit einem Temperaturunterschied von 7° C zwischen 10 und 40 m Tiefe erreicht. In Abhängigkeit von den meteorologischen Randbedingungen kann es in einzelnen Jahren zu deutlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel kommen.

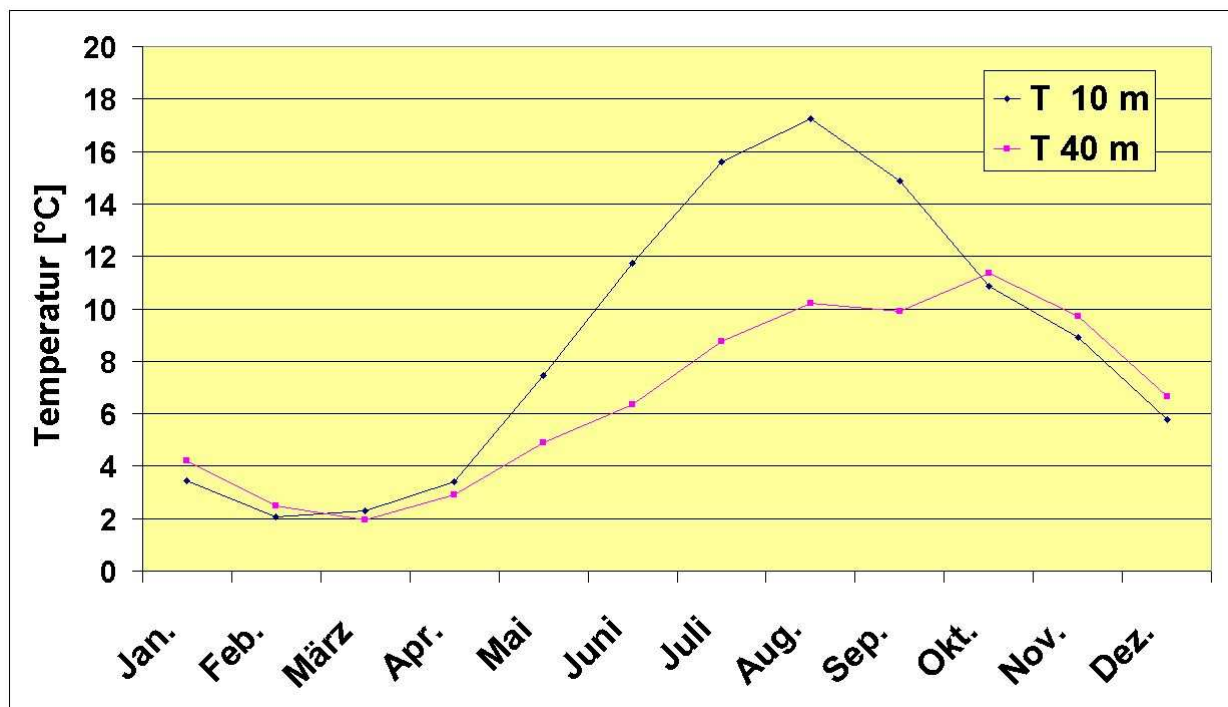


Abbildung 22: Klimatologie des Jahresganges in der Arkonasee in 10 und 40 m Tiefe, basierend auf den Daten von Janssen et al. (1999)

### 2.2.5 Salzgehalt

Die Abbildungen 23 und 24 bilden den mittleren Jahresgang des Salzgehaltes der Deckschicht nach JANSSEN et al. (1999) ab. Hervorgehoben ist die 10er-Isohaline zur Verdeutlichung der Grenze zwischen dem salzarmen Ostsee-Brackwasser und dem salzhaltigeren Wasser, welches durch die Belte und den Sund von Westen aus demn Kattegat in die westliche Ostsee einströmt. Bedingt durch die höhere Dichte des salzhaltigeren Wassers, findet dieser Einstrom primär am Boden statt und schichtet sich unter das leichtere Oberflächenwasser (s.u.). Die 10er-Isohaline erreicht ihre westlichste Position in den Sommermonaten und ihre östlichste Position im Dezember, wenn durch die starken Winterstürme aus westlichen Richtungen Wasser aus dem Skagerrak und Kattegat in die westliche Ostsee gedrückt wird. Generell nimmt der Salzgehalt von West nach Ost ab, wobei die horizontalen Gradienten in den Belten und im Sund besonders ausgeprägt sind.

Auch für den Salzgehalt wird die Schichtung anhand der Differenz zwischen Boden- und Oberflächensalzgehalt dargestellt (Abbildungen 25 und 26), ebenfalls berechnet aus den Daten von JANSSEN et al. (1999).

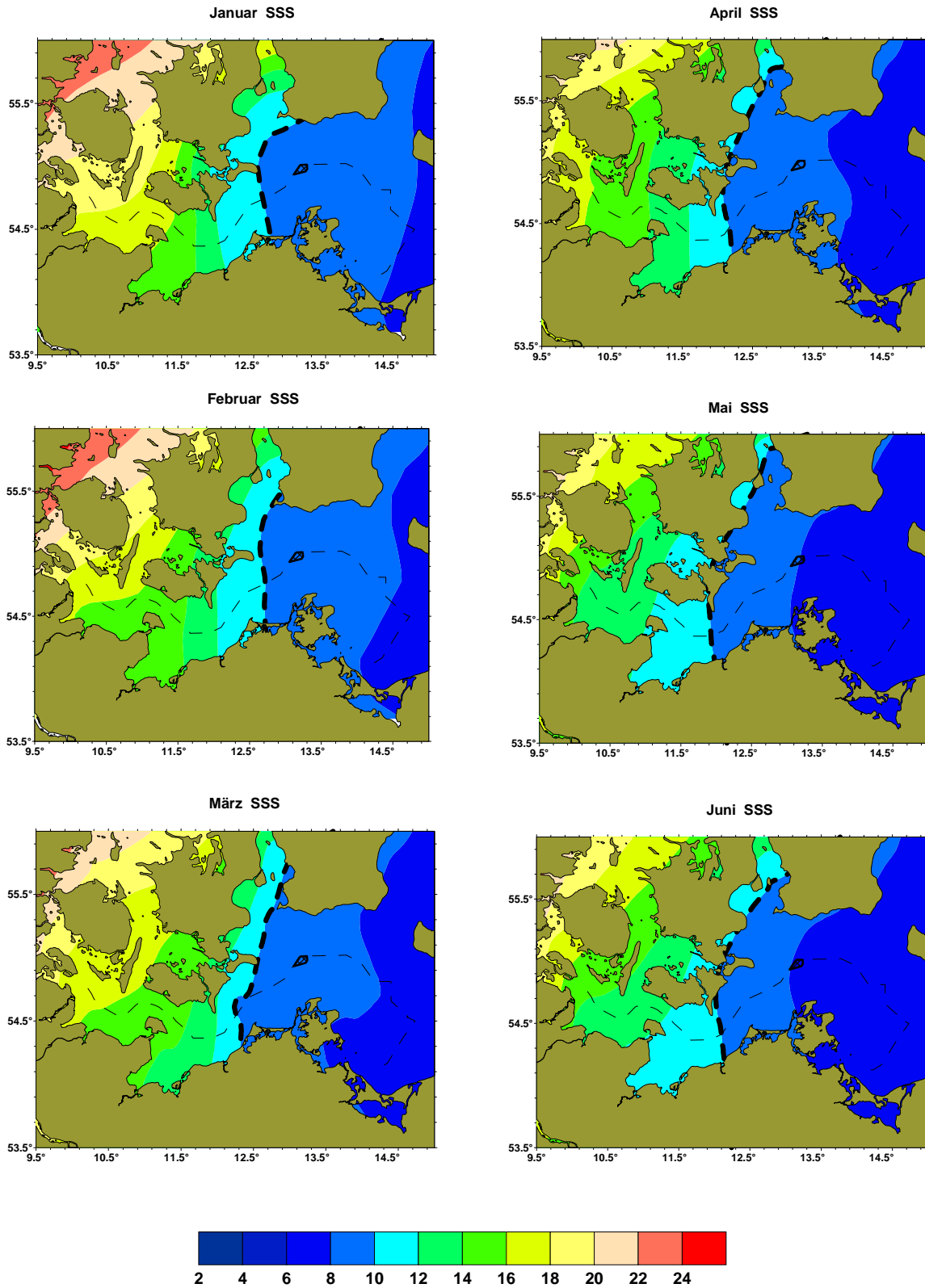


Abbildung 23: Klimatologische Monatsmittel des Oberflächenalzgehalts (1900-1996) nach JANSSEN et al. (1999) für die Monate Januar bis Juni

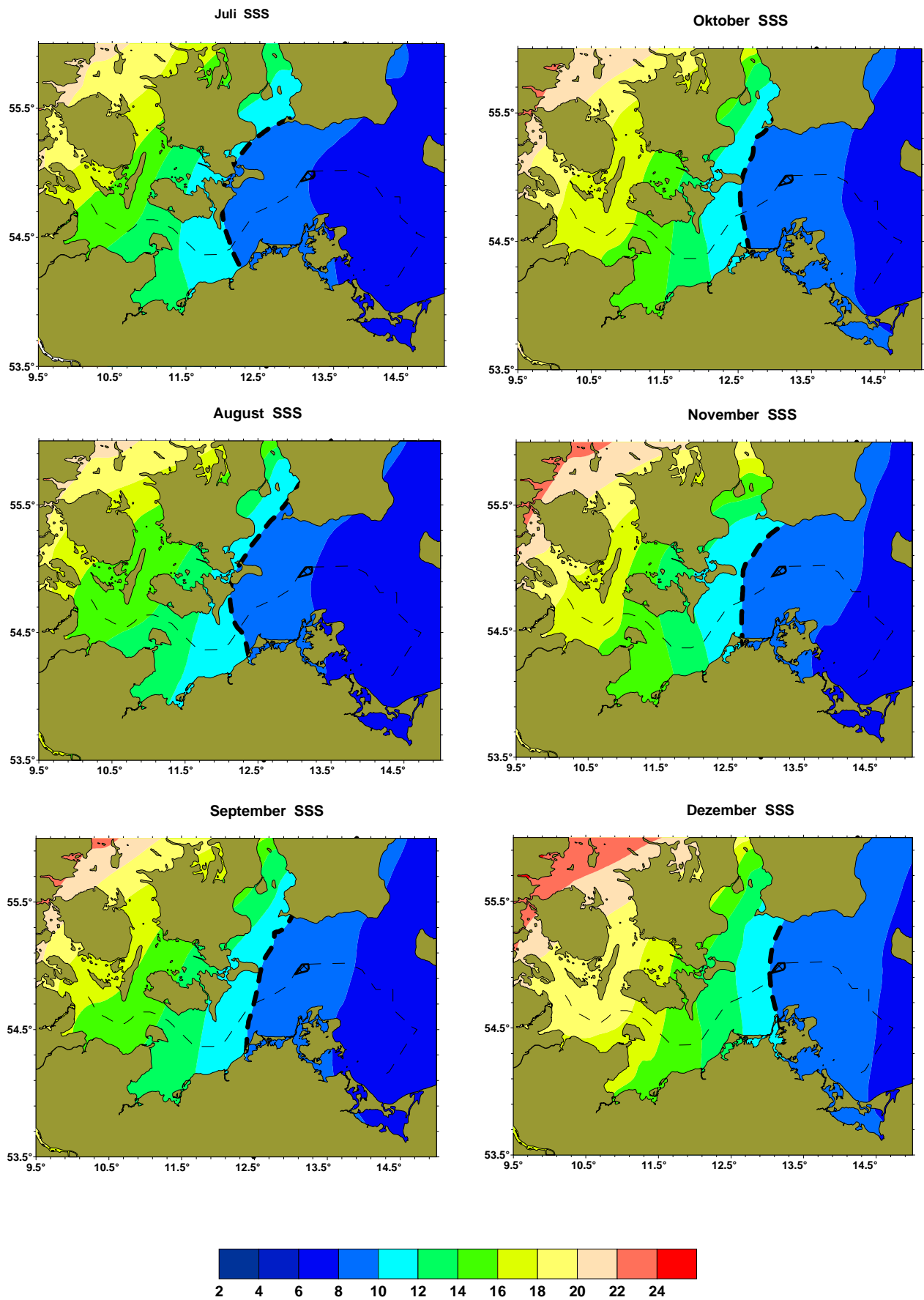


Abbildung 24: Klimatologische Monatsmittel des Oberflächensalzgehalts (1900-1996) nach Janssen et al. (1999) für die Monate Juli bis Dezember

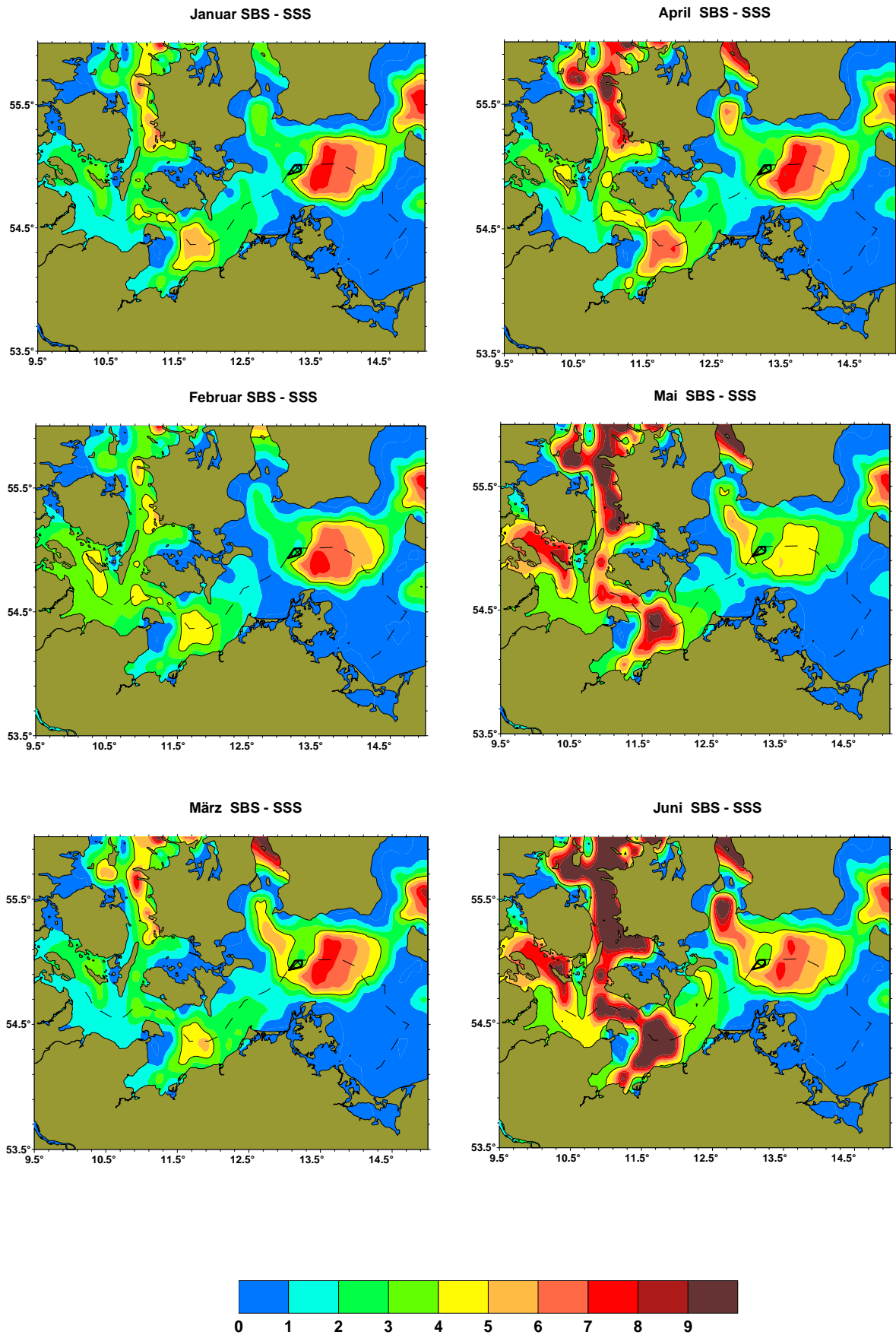


Abbildung 25: Salzgehaltsschichtung in der westlichen Ostsee nach Janssen et al. (1999) für die Monate Januar bis Juni

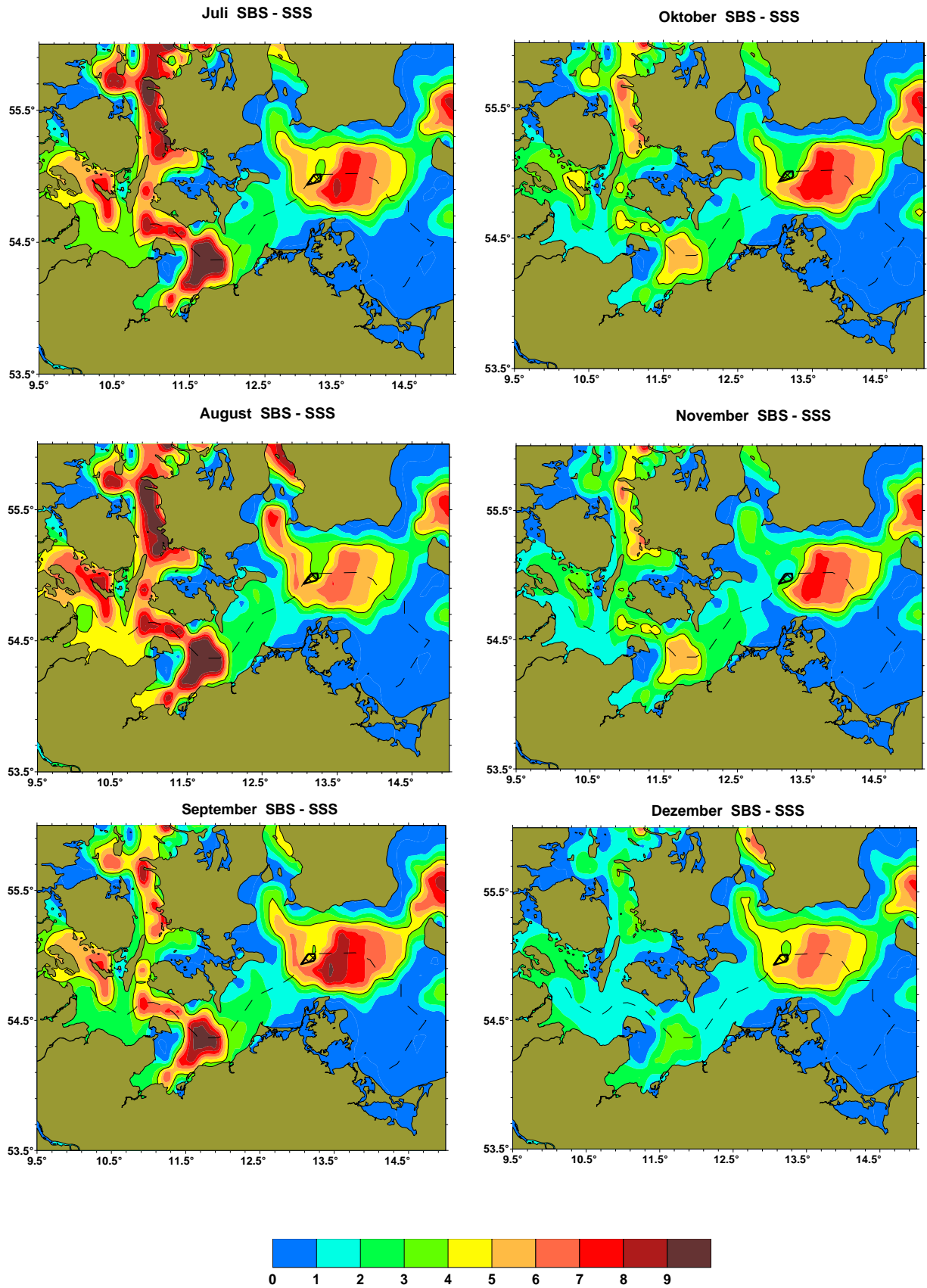


Abbildung 26: Salzgehaltsschichtung in der westlichen Ostsee nach Janssen et al. (1999) für die Monate Juli bis Dezember

## 2.2.6 Eisverhältnisse

Südlich von 56°N bildet sich Eis im Winter nicht regelmäßig. Die Vereisung kann hier vier charakteristische Entwicklungsstadien durchlaufen, die nicht nur von der Strenge des Winters und den regionalen ozeanographischen Bedingungen abhängen, sondern auch durch die Küstenmorphologie und Tiefe der offenen See bestimmt werden. Sie werden in den Abbildungen 27 und 28 durch die Darstellung der Häufigkeit des Eisvorkommens zum Zeitpunkt der maximalen Eisentwicklung der Winter (Ende Februar/Anfang März) veranschaulicht. Die Linien kennzeichnen gleichzeitig die Eisausdehnung, gesondert für niedrigen und hohen Bedeckungsgrad des Eises, in sehr milden, milden und normalen Wintern (sehr schwache, schwache und mäßige Eiswinter mit 73% Eishäufigkeit im 30-jährigen Zeitraum von 1961 und 1990), kalten Wintern (starke Eiswinter mit 10% Eishäufigkeit), sehr kalten und strengen Wintern (sehr starke bis extrem starke Eiswinter mit 17% Eishäufigkeit).

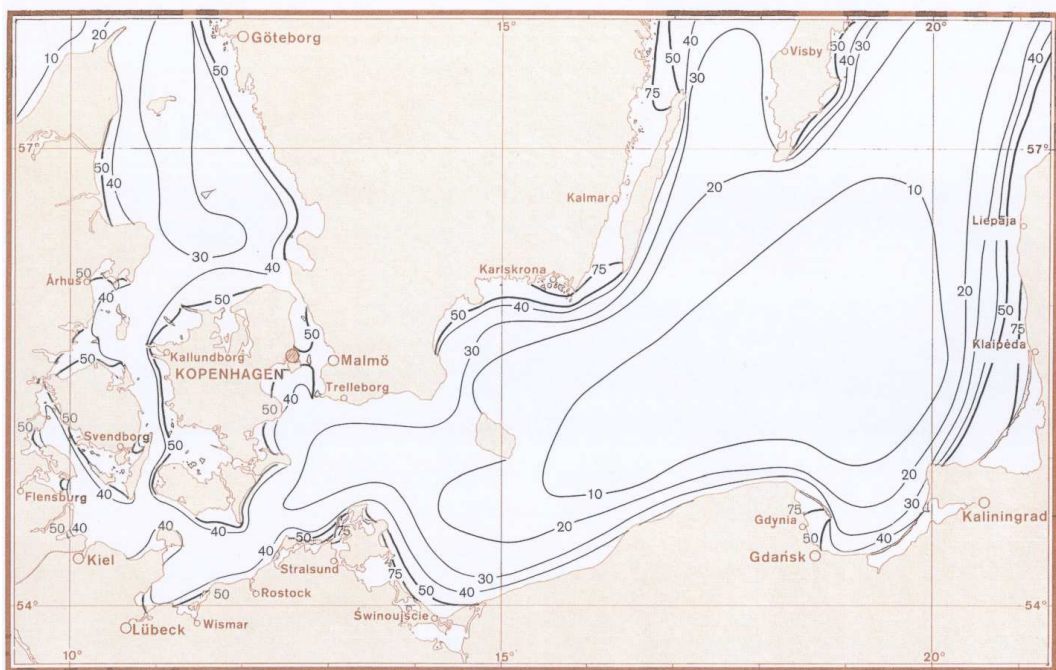


Abbildung 27: Häufigkeit des Eisvorkommens im Zeitraum 1961 bis 1990 in % (BSH, 1996)

In mäßigen Eiswintern vereisen nur die flachen Buchten vollständig, die wegen ihrer relativ abgeschlossenen Lage zur See hin keinen nennenswerten Wasseraustausch mit der wärmeren See haben. In geringerem Maß bildet sich auch an den Außenküsten Eis, vor allem vor der Ostküste Rügens und vor Usedom.

In starken Eiswintern wird die Oberflächenschicht der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie des Fehmarnbelts soweit abgekühlt, dass sich auf offener See Eis bildet. Es wächst zum grauen Eis (Eisdicke 10-15 cm) an. Der Bedeckungsgrad beträgt großflächig gewöhnlich weniger als 6/10 der Wasseroberfläche. Östlich der Darßer Schwelle kommt nur in einem schmalen Streifen außerhalb der Ostseeküsten Eis vor, dessen Bedeckungsgrad überwiegend weniger als 6/10 beträgt.

In sehr starken Eiswintern vereist die Ostsee westlich von Bornholm vollständig, und vor der baltischen und schwedischen Küste tritt in einem breiten Streifen hauptsächlich dichtes bis sehr dichtes Treibeis (Bedeckungsgrad mehr als 7/10) auf. Es besteht überwiegend aus weißem Eis mit einer Dicke von 30-70 cm.

In extrem starken Eiswintern wird auch im Seegebiet zwischen Bornholm und der baltischen Küste der wegen seiner großen Tiefe recht erhebliche Wärmeverrat des Wassers verbraucht, so dass sich auch dort eine geschlossene Eisdecke ausbilden kann. Dieser sehr seltene Ver-

eisungszustand wurde im letzten Jahrhundert in den Wintern 1939/40, 1941/42 und 1946/47 erreicht.

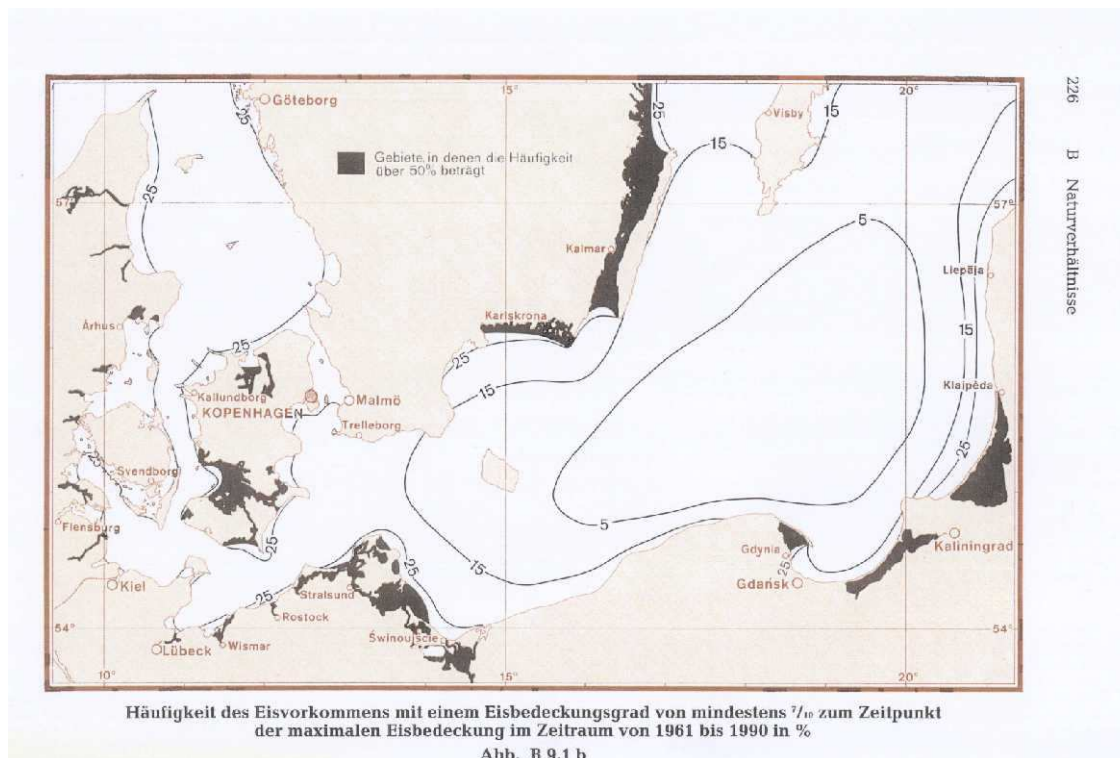


Abbildung 28: Häufigkeit des Eisvorkommens mit einem Bedeckungsgrad von mindestens  $7/10$  zum Zeitpunkt der maximalen Eisentwicklung im Zeitraum 1961 bis 1990 in % (BSH, 1996)

#### *Die Eisentwicklung im Verlauf des mäßigen und sehr starken Eiswinters:*

Im *November* kann sich bei ungewöhnlich kalter Witterung in den Haff- und Boddengewässern sowie in einigen geschützt liegenden Fahrwassern der mecklenburgischen Küste Eis bilden. Im *Dezember* setzt im Mittel die Vereisung der Haffgewässer (dritte Dekade) ein. Bei ungewöhnlich kalter Witterung bildet sich schon in der ersten und zweiten Dekade in allen geschützt liegenden Fahrwassern der Südküste Eis, in der letzten Dekade auch in den Förden und an der mecklenburgischen und pommerschen Außenküste.

Im *Januar* beginnt im langjährigen Durchschnitt die Eisbildung in den geschützt liegenden Fahrwassern, und zwar an der mecklenburgischen Küste vorwiegend in der ersten Dekade, an der schleswig-holsteinischen Ostküste in der zweiten Dekade. In der dritten Dekade kommt auch schon an der Außenküste der Lübecker und Danziger Bucht häufig Eis vor. Bei sehr kalter Witterung vereist bereits in der ersten Dekade die ganze Außenküste der südlichen Ostsee. In der zweiten Dekade bildet sich in der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie im Fehmarnbelt auf offener See Neueis und graues Eis (Eisdicke 10-15 cm), das überwiegend in aufgelockerter Form vorkommt. In der dritten Dekade vereist die Lübecker Bucht vollständig.

Im *Februar* wird in mäßigen Eiswintern der Höhepunkt der Vereisung im Küstenabschnitt westlich von Darßer Ort Anfang des Monats erreicht (überwiegend graues Eis), im Küstenabschnitt östlich von Darßer Ort erst Mitte des Monats (überwiegend grau-weißes Eis, Eisdicke 15-30 cm). In der dritten Dekade ist das Eis in fast allen Häfen schon wieder abgeschmolzen. In sehr starken Eiswintern schreitet die Vereisung der See langsam voran. In der Mehrzahl dieser Winter wird in der Ostsee westlich von Bornholm in der dritten Dekade der Höchststand der Vereisung erreicht. In diesem Stadium ist die See mit überwiegend weißem Eis (Eisdicke 30-50 cm) bedeckt. In der Kieler Bucht und in großen Teilen der Mecklenburger Bucht ist das Eis unbeweglich. Im Gebiet von Fehmarnbelt bis westlich der Gedser-Enge bleibt das Eis infolge Wind und Strömung noch am längsten in Bewegung. Es bilden sich dabei örtlich offene

Stellen im Eis, während an anderen Orten das Eis übereinander geschoben oder bei genügender Dicke aufgepresst wird. Es wurden auf See 3 bis 4 m hohe Presseisrücken (Segelhöhe über der Wasseroberfläche) beobachtet, die in mehreren Reihen angeordnet waren. In der Ostsee östlich von Bornholm kommt in sehr starken Eiswintern in der dritten Februardekade hauptsächlich lockeres Treibeis (Eisbedeckungsgrad höchstens 6/10) vor, seltener Treibeisgebiete mit höherem Bedeckungsgrad. Die Hanö Bukt ist größtenteils mit Festeis bedeckt, und auch entlang der pommerschen Küste erstreckt sich ein breiter Festeissaum.

Im *März* schmilzt in mäßigen Eiswintern das restliche Eis in den geschützt liegenden Fahrwassern der mecklenburgischen und pommerschen Küsten ab. In sehr starken Eiswintern hat in der ersten Dekade das Eis in der Ostsee südlich von 56° N seine größte Ausdehnung. Zu diesem Zeitpunkt überwiegt östlich von Bornholm das grau-weiße bis weiße Eis mit einem Bedeckungsgrad von 7/10-8/10. Eis von niedrigerem Bedeckungsgrad kommt im Gebiet von 18° E bis 20° E vor. Wind und Strömung verändern das Eisvorkommen sehr. Davon sind besonders die Pommersche und Danziger Bucht betroffen, die bei NO-Winden die Sammelbeken für die von See herantreibenden umfangreichen Eismassen abgeben. Durch die konvergente Eisbewegung in den Buchten entstehen starke Schubkräfte, die breite Presseiszonen erzeugen. Andererseits wird das grobe Eis an der Küste durch ablandige Winde rasch seawärts vertrieben. In der zweiten Dekade setzt westlich von Bornholm der Eisrückgang ein. In der Mehrzahl der sehr starken Eiswinter schmilzt das Eis in den Küstengebieten westlich von Darßer Ort in der dritten Dekade weitgehend ab. Auf offener See treiben aber noch Felder von überwiegend grobem Eis, die durch den Windschub an die luvseitigen Küsten gelangen. Östlich von Darßer Ort ist der Eisrückgang auf See in dieser Zeit noch kaum spürbar.

Im *April* werden nach sehr starken Eiswintern die Häfen spätestens in der ersten Dekade wieder eisfrei. In der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie im Fehmarnbelt schmelzen auf See die Eisreste spätestens in der zweiten Dekade vollständig ab, eine Dekade später als das restliche Eis westlich und östlich von Bornholm.

### 2.2.7 Schwebstoffe und Trübung

Unter dem Begriff „Schwebstoff“ werden alle im Meerwasser suspendierten Teilchen mit einem Durchmesser  $>0,4 \mu\text{m}$  verstanden. Der Schwebstoffgehalt (SPM = Suspended Particular Matter) ist die getrocknete Materialmenge, die nach Filtration einer Wasserprobe bestimmten Volumens, auf einem Filter mit der Porengröße von  $0,4 \mu\text{m}$  verbleibt. Neben dieser Standardmethode gibt es weitere Verfahren (z. B. mittels Zentrifuge) mit denen Schwebstoffgehalte angenähert bestimmt werden.

Schwebstoff besteht aus mineralischen und/oder organischen Material. Der organische SPM-Anteil 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 siltig-sandigem Bodensedimenten an. Dabei wirken sich Windsee und in tieferem Wasser insbesondere die Dünung am stärksten aus. In den Flachwasserbereichen der Ostsee ist das sandige Sediment oft von einer Schicht flockigen Materials (Fluff) bedeckt, das sehr leicht resuspendiert werden kann und einen hohen Anteil an organischem Material besitzt (EMEIS et al., 2000).

Für die deutsche AWZ ist die Datenlage bei in-situ Messungen sehr inhomogen und für statistisch belastbare Aussagen nicht ausreichend. Für eine erste Abschätzung der oberflächennahen Schwebstoffverteilung sind in den Abbildungen 29 und 30 Monatsmittel des oberflächennahen Schwebstoffgehalts aus den MERIS<sup>9</sup>-Daten des ENVISAT-Satelliten der Europäischen Raumbehörde (ESA) für 2004 dargestellt.

---

<sup>9</sup> Fernerkundungsverfahren „Medium Resolution Imaging Spectrometer“



Die höchsten Konzentrationen werden im Oderhaff und in den Bodden beobachtet. Im Frühjahr werden durch die starken Abflüsse (Schneesmelze) verstärkt Schwebstoffe in die Pommersche Bucht eingetragen. Da im Frühjahr östliche Winde dominieren, werden die Schwebstoffe vorwiegend entlang der Küste in die Arkonasee transportiert (SIEGEL et al., 1999). Die Sedimentationsrate im Arkona-Becken wurde von EMEIS et al. (2000) auf etwa 600 g pro m<sup>2</sup> pro Jahr abgeschätzt.

Auch zwischen der Südspitze von Falster, der Gedser Odde, und der Südost-Küste von Lolland ist über dem Röd-Sand ganzjährig eine erhöhte Schwebstoffkonzentration sichtbar. Sie entsteht primär durch strömungsbedingte Klifferosion.

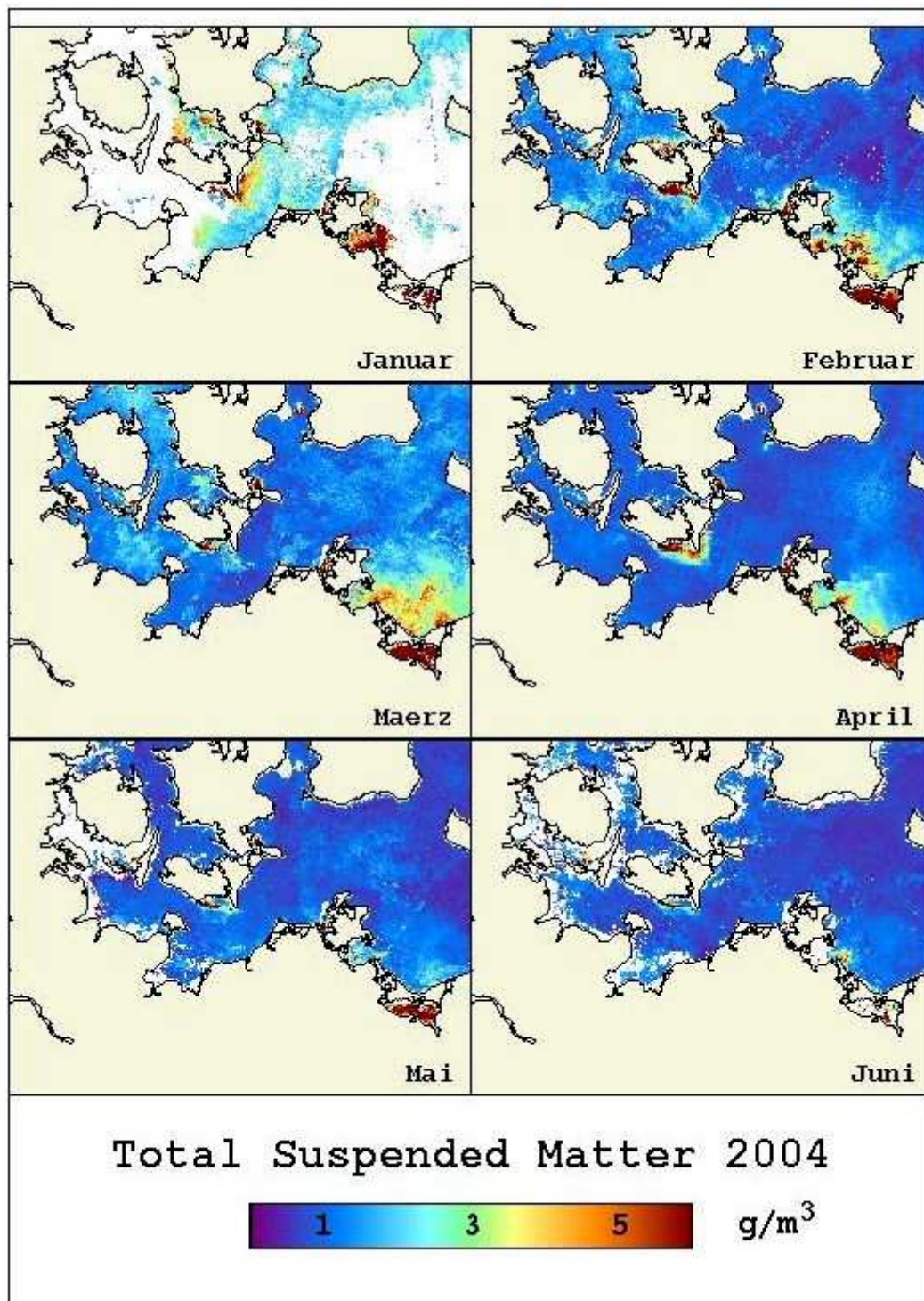


Abbildung 29: Monatsmittel des oberflächennahen Gesamt-Schwebstoffgehaltes aus den MERIS-Daten des ENVISAT-Satelliten für die Monate Januar bis Juni 2004

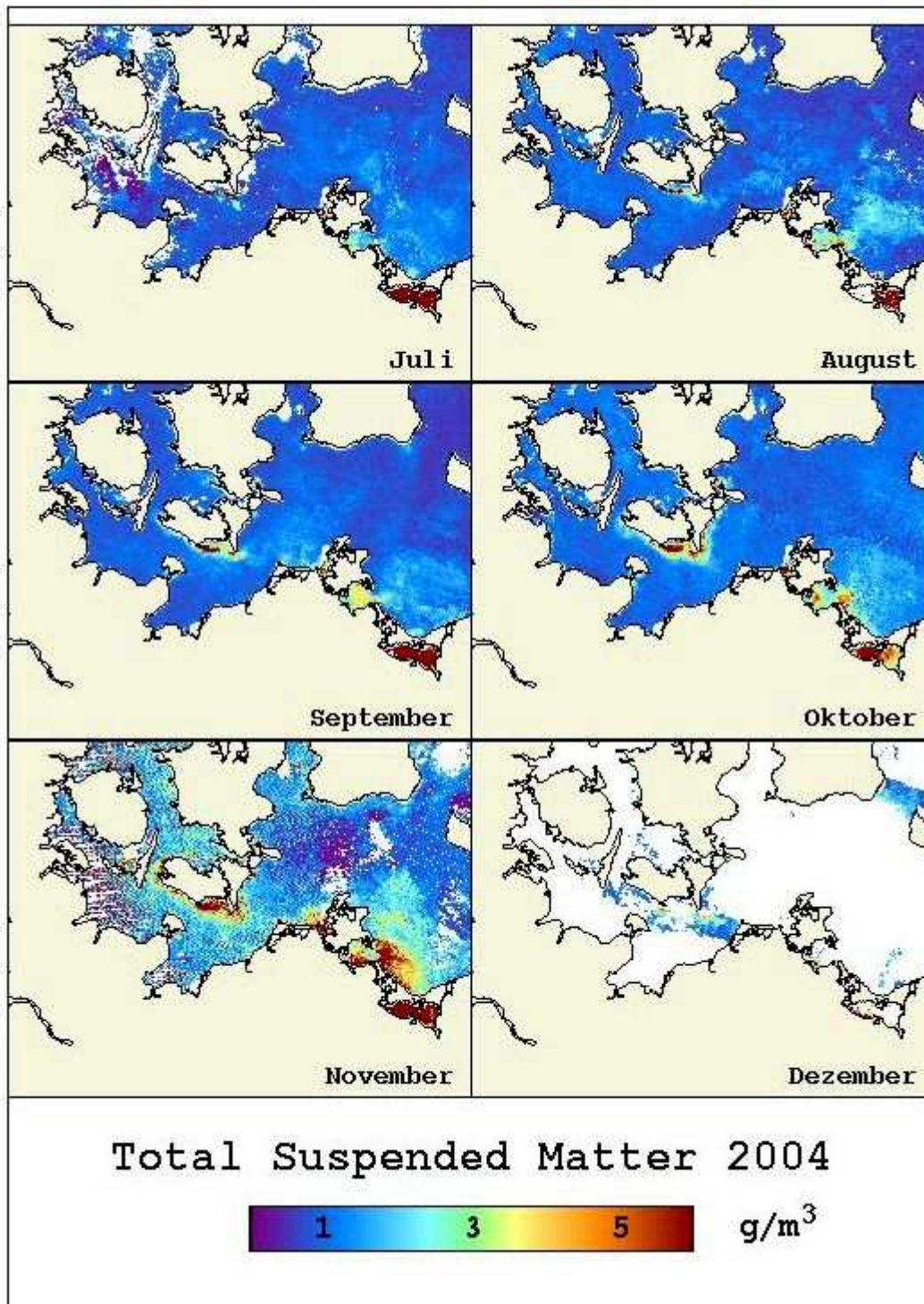


Abbildung 30: Monatsmittel des oberflächennahen Gesamt-Schwebstoffgehaltes aus den MERIS-Daten des ENVISAT-Satelliten für die Monate Juli bis Dezember 2004

## **2.2.8 Nähr- und Schadstoffverteilung**

Im Wesentlichen sind die Ausführungen zur Nähr- und Schadstoffbelastung auf die AWZ beschränkt. Vertiefende Informationen finden sich im Bericht des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) 1999 – 2002 (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005).

### **2.2.8.1 Nährstoffe**

In der Ostsee ist ein typischer Jahresgang von Nährstoffen wie in der Nordsee zu beobachten. Unterschiede treten jedoch in der Höhe des winterlichen Maximums und seiner zeitlichen Lage auf. Anders als im Übergangsbereich zur Nordsee verbleiben die Nährstoffe in den zentralen und nördlichen Teilgebieten bis zu drei Monate auf einem relativ stabilen, hohen winterlichen Niveau. Dieses Niveau (Plateauphase) wird durch ein Gleichgewicht aus mikrobieller Mineralisation, geringer Produktivität und großem vertikalen Austausch verursacht. Die Plateauphase wird für Trenduntersuchungen in der offenen Ostsee genutzt.

Bei einer zeitlich engen und gleichmäßig über das Jahr verteilten Probenahme können auch Jahresmittelwerte für Tendaussagen genutzt werden, wie es in den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns der Fall ist. Jahresmittelwerte eignen sich besonders auch für Untersuchungsgebiete, in denen ein vom Normalen abweichender Jahresgang zu beobachten ist. Es handelt sich hierbei um besonders flache Gebiete (Darß-Zingster Boddengewässer, Kleines Haff, Innere Schlei). Hier spielen die Austauschvorgänge zwischen Wasser und Sediment eine große Rolle.

In den inneren Küstengewässern sind die Phosphatkonzentrationen in der Regel zwei- bis dreifach höher als an der Außenküste; die Nitratkonzentrationen können die Werte der vorgelegten offenen See sogar um Größenordnungen überschreiten. Besonders hohe Werte finden sich in der Inneren Schlei, der Unterwarnow und dem Kleinen Haff. Dem Anfang der 1990er Jahre beobachteten Trend zur Verringerung der Phosphatkonzentrationen folgte ab 1997 eine Stabilisierung auf niedrigerem Niveau. Im Zeitraum 1999-2002 stiegen die Konzentrationen wieder leicht an, da zunehmend eine Kopplung der Phosphateinträge an das Abflussgeschehen (Flüsse) erfolgte.

Nitrat stammt zum überwiegenden Teil aus diffusen Quellen und ist eng mit dem Abfluss über Flüsse verbunden. Ein genereller Trend ist schwer auszuweisen, obwohl im Zeitraum 1999 bis 2002 lokal ein leicht abnehmender Trend zu beobachten war.

In der offenen See kann in den letzten 5 Jahren keine eindeutige Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen festgestellt werden. Längere Datenreihen seit 1980 zeigen jedoch für Phosphat in 7 von 12 untersuchten Ostseegebieten einen statistisch belegten Rückgang. Teilweise werden die Trends auch durch interne Austauschprozesse überlagert. Für Nitrat wies der gleiche Datensatz nur in einem Fall, nämlich in der nördlichen Gotlandsee, einen signifikanten Rückgang auf (NAUSCH et al., 1999-2004).

### **2.2.8.2 Sauerstoff**

In Folge des begrenzten Wasseraustausches mit der Nordsee, der Bodenmorphologie und der permanenten halinen Schichtung kommt es im Tiefenwasser der zentralen Ostsee regelmäßig zu Stagnationsperioden. Salzgehalt und Sauerstoffkonzentrationen sind rückläufig und es bilden sich erhebliche Mengen an Schwefelwasserstoff. Eine Erneuerung des Tiefenwassers

kann nur durch Salzwassereinbrüche erfolgen, die salz- und sauerstoffreiches Wasser in die Tiefenbecken transportieren (s. auch Kap. 2.2.1).

### **Zentrale Ostsee**

Bis Mitte der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts erfolgten Salzwassereinbrüche relativ regelmäßig. Seitdem ist ihre Häufigkeit und Intensität zurück gegangen. Die bisher längste beobachtete Stagnationsperiode dauerte von Anfang 1983 bis Ende 1992. Sie wurde durch einen sehr starken Salzwassereinbruch im Januar 1993 und weitere kleinere Einströme im Winter 1993/1994 beendet. Erstmals seit 1977 wies das Tiefenwasser der gesamten Ostsee wieder oxische Bedingungen auf, wobei im Gotlandtief die höchsten Sauerstoffkonzentrationen seit den 1930er Jahren gemessen wurden. 1995 begann eine neue Stagnationsperiode, die nur von schwachen Einstromereignissen unterbrochen wurde (Winter 1998/99) und bis 2002 andauerte.

Im östlichen Gotlandbecken wies der Wasserkörper zwischen Meeresgrund und 130 m Tiefe seitdem anoxische (kein gelöster Sauerstoff) Bedingungen auf. Im Tiefenwasser des westlichen Gotlandbeckens setzte seit 1993 ein kontinuierlicher Rückgang der Sauerstoffgehalte ein und führte im August 1999 wieder zur Bildung von Schwefelwasserstoff in grundnahen Gebieten. In den Jahren 1999/2000 erreichte der durch Sauerstoffmangel bzw. anoxische Bedingungen gekennzeichnete Bereich des Tiefenwassers der zentralen Ostsee seine größte Ausdehnung seit 16 Jahren.

Ein kleineres Einstromereignis im Oktober/November 2001 versorgte das Bornholmbecken kurzzeitig mit Sauerstoff. Anfang 2002 machte sich der Einstrom auch im östlichen Gotlandbecken bemerkbar. In den weiteren Becken wurde erstmals ein negativer Jahresmittelwert für Sauerstoff errechnet. Die Mächtigkeit der schwefelwasserstoffhaltigen Schicht betrug im November 2001 im Landsorttief ca. 330 m und im Karlsötief ca. 20 m.

Die langanhaltende Stagnationsperiode wurde schließlich im Januar 2003 durch einen starken Einstrom von Wasser aus dem Kattegat beendet. Die Wirkung des Salzwassereinbruchs wurde durch kleinere Einströme im März und Mai verstärkt, da Arkona- und Bornholmbecken schon mit dichtem Wasser gefüllt waren und eine schnelle Ausbreitung zu den zentralen Becken möglich war.

Das Jahr 2004 war durch nur geringe Einstromaktivitäten gekennzeichnet, doch wirkte der Salzwassereinbruch noch nach. Im Tiefenwasser des Bornholmbeckens sowie des östlichen Gotlandbeckens nahm der Sauerstoffgehalt im Jahresverlauf wieder kontinuierlich ab. Unterhalb von 200 m herrschten im Gotlandbecken bereits wieder anoxische Bedingungen.

Im westlichen Gotlandbecken machen sich Salzwassereinströme noch deutlich verzögerter und mit geringerer Wirkung bemerkbar. So wurden im Landsorttief nur kurzzeitig Spuren von Sauerstoff gemessen, das Karlsötief blieb ganzjährig anoxisch. Erst im Jahr 2005 deutet sich im Karlsötief eine Belüftung an (NAUSCH et al., 1999-2004).

### **Westliche Ostsee und Küstengewässer**

In den inneren Förden und Buchten der schleswig-holsteinischen Küste tritt nahezu alljährlich im Spätsommer Sauerstoffmangel im Tiefenwasser auf. Besonders ausgeprägt sind diese Verhältnisse zwischen Juni und September, wenn eine stabile Schichtung des Wasserkörpers vorliegt.

So trat in den Jahren 1997-98 in den inneren Förden der schleswig-holsteinischen Küste bereits im Frühsommer im Tiefenwasser eine anhaltende und ausgeprägte Sauerstoffmangelsituation auf. Schwefelwasserstoff, der sich beim völligen Fehlen von Sauerstoff bildet, trat in der Flensburger Förde und in der Kieler Bucht auf. Im September gingen in der Mecklenburger Bucht die Sauerstoffwerte auf Minimalwerte zurück.

Extreme Sauerstoffarmut gab es im Jahr 2002, insbesondere vor der dänischen und schleswig-holsteinischen Küste. Starke Sonneneinstrahlung und nur schwache Winde bis weit in den September hinein führten zu einer starken Erwärmung des Oberflächenwassers und zu einer Schichtung des gesamten Wasserkörpers. Sauerstoff war teilweise nicht mehr nachweisbar und es kam zur Bildung von Schwefelwasserstoff in Bodennähe (siehe Abbildung 31). Das Ergebnis war eine weitreichende Schädigung der Bodenfauna in dänischen und deutschen Gewässern. Ein Fischsterben wurde in weiten Gebieten der westlichen Ostsee beobachtet. Das betroffene Gebiet war größer als jemals zuvor beobachtet und reichte vom Kattegatt bis zur Mecklenburger Bucht. Stärkere Winde zu Beginn des Herbstes führten zu einer leichten Verbesserung der Situation. Im späteren Verlauf des Jahres wurden dann wieder normale Sauerstoffbedingungen registriert.

Die gebietsweise hoch eutrophen (nährstoffreiche) Bedingungen in den flachen Buchten, Bodden und Haffen Mecklenburg-Vorpommerns haben starke Schwankungen des Sauerstoffgehalts zur Folge. So wurden z. B. 1999 in der südlichen Unterwarnow fast 300 % und in den Jahren 2000 und 2002 im südlichen Peenestrom und im kleinen Stettiner Haff über 200 % Sauerstoffsättigung nachgewiesen. Kritische Sauerstoffdefizite treten hier selten auf.

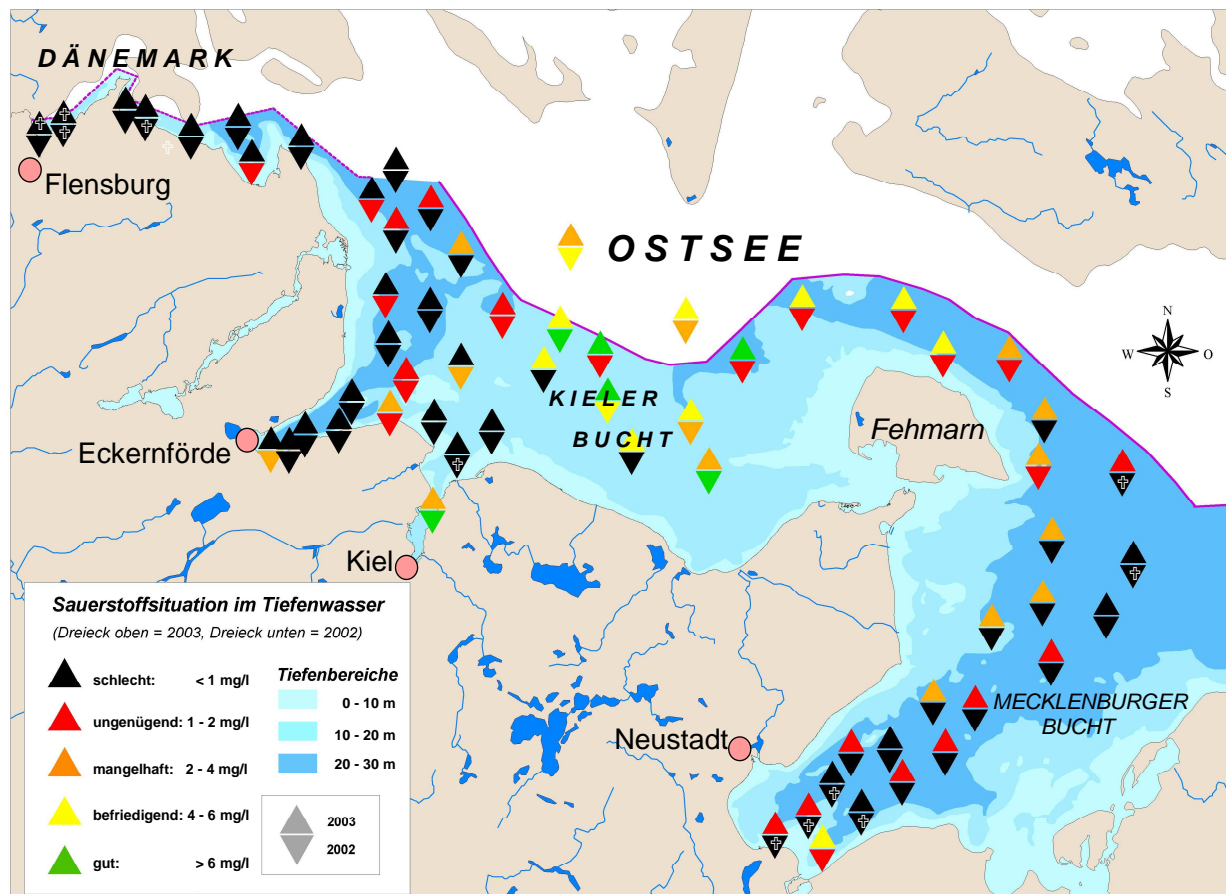


Abbildung 31: Sauerstoffsituation in der westlichen Ostsee 2002/2003 (LANU, Flintbek)

### 2.2.8.3 Metalle

Im Wasserkörper liegen die chemischen Elemente gelöst oder partikelgebunden vor. Ihre unterschiedlichen chemischen Eigenschaften bestimmen ihre Neigung, sich an festen Oberflächen, unter anderem dem Schwebstoff, anzulagern. Die Affinität zu Oberflächen ist ein entscheidendes geochemisches Merkmal der Elemente, sie ist maßgeblich verantwortlich für ihre Aufenthaltsdauer im Wasserkörper. Partikelgebunden vorliegende Elemente werden effizient

durch Sedimentation aus dem Wasserkörper entfernt. Die Neigung der Elemente Cadmium, Kupfer, Nickel, Blei und Zink an den Schwebstoff gebunden vorzuliegen, nimmt im sauerstoffreichen Oberflächenwasser in der Reihenfolge  $Pb > Zn > (Cu, Cd)$  ab. Im anoxischen Tiefenwasser verändern sich die Verhältnisse durch Bildung von schwerlöslichen Sulfiden. Besonders deutlich zeigt sich die Abnahme der gelösten Cadmium- und Kupferkonzentrationen mit abnehmendem Sauerstoffgehalt. Anoxische Bedingungen werden vor allem in den tiefen Becken der Ostsee (Gotlandbecken, Bornholmbecken, Landsorttief) während längerer Stagnationsphasen angetroffen.

Zur Bewertung der Metalle im Wasserkörper können abgeleitete Hintergrundkonzentrationen herangezogen werden. Hintergrundkonzentrationen sind Metallgehalte, die ausschließlich auf natürliche Prozesse, wie Verwitterung, zurückgeführt werden. Da im Wasser der Ostsee, anders als in Sedimentkernen, keine durch menschliche Aktivität unbeeinflussten Wasserkörper zu deren Bestimmung vorhanden sind, wurden vom Umweltbundesamt Referenzkonzentrationen auf Basis aktueller, qualitätsgesicherter Messungen in der Ostsee abgeleitet; hierfür wurde auch das Vorsorgeprinzip angewandt (UBA, 2004; Tabelle 6). Zum Vergleich sind die von OSPAR (Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks) als Bewertungskriterium verwendeten "Background Reference Concentrations" (B/RC) angegeben, die für die nördliche Nordsee gültig sind. Die OSPAR-Liste enthält keine zusätzlichen Sicherheitsfaktoren, sondern beruht ausschließlich auf Messungen. Die augenfälligsten Unterschiede sind beim Kupfer und Quecksilber zu sehen. Dieser liegt jedoch im Falle des Quecksilbers nicht in signifikanten Unterschieden der natürlichen Konzentrationen, sondern in abweichenden Definitionen der Werte. Der UBA-Wert bezieht sich auf Gesamtquecksilbergehalte (gelöst + partikelgebunden) und der OSPAR-Wert ausschließlich auf den gelöst vorliegenden Anteil.

Tabelle 6: Referenzbedingungen/Hintergrundkonzentrationen im filtrierten Küstenwasser der Ostsee (UBA 2004) und Hintergrundkonzentrationen der nördlichen Nordsee (Background / Reference Concentration (B/RC)) OSPAR/ICES, 1996

Element	Referenz-Konz. UBA (ng/L) OSTSEE	B/RC OSPAR (ng / L) NORDSEE
Cd	15	8-25
Cu	500	50-90
Pb	25	10-20
Hg	2*	0,2-0,5
Zn	250	250-450

\*Der UBA Referenzwert für Quecksilber bezieht sich auf Gesamtquecksilber (gelöst + partikelgebunden) in der Wassersäule.

Durch die relativ starke Dynamik des Wasserkörpers wird die beobachtete räumliche Verteilung der Metalle in der gelösten und schwebstoffgebundenen Phase weitgehend durch die aktuellen physikalischen Rahmenbedingungen bestimmt. Anders als beim Sediment werden bei einer Momentaufnahme des Wasserkörpers nicht zwangsläufig die langfristigen Einflüsse der Quellstruktur und langfristig dominanten Strömungsverhältnisse abgebildet. Die beobachtete räumliche Struktur ergibt sich eher aus den kurzfristigen Effekten der aktuellen großräumigen und kleinskaligen Strömungsmuster im Wasser und der Atmosphäre.

In Abbildung 32 ist die räumliche Verteilung der Zinkkonzentrationen und in Abbildung 33 die der Kupferkonzentrationen im filtrierten Oberflächenwasser der äußeren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns dargestellt. Bei den dargestellten Werten handelt es sich um den Median aller, im Zeitraum von 1999 bis 2004 gemessenen Werte im Oberflächenwasser bis 5m Wassertiefe. Alle berücksichtigten Proben wurden in den Wintermonaten (Januar-Februar) vom IOW genommen.

Die Metalle Cadmium, Quecksilber, Blei und Zink zeigen eine typische räumliche Verteilung mit einem von Westen nach Osten abnehmenden Gradienten im Oberflächenwasser. Auch die

zwischenjährliche Variabilität nimmt in der gleichen Richtung ab, hierbei ordnen sich die einzelnen Elemente bezüglich ihrer zwischenjährlichen Variabilität in die Reihe Hg > Pb > Zn > Cu ein. Das gelöst vorliegende Kupfer zeigt keinen räumlichen Gradienten und die kleinste Variabilität in der deutschen AWZ.

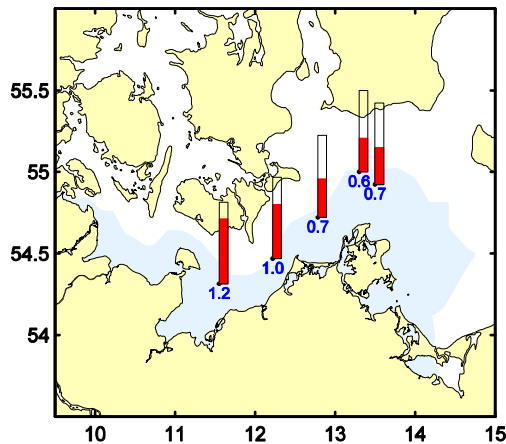


Abbildung 32: Mediane der Zinkkonzentrationen ( $\mu\text{g/L}$ ) im filtrierten Oberflächenwasser (5m) im Zeitraum 1999-2004

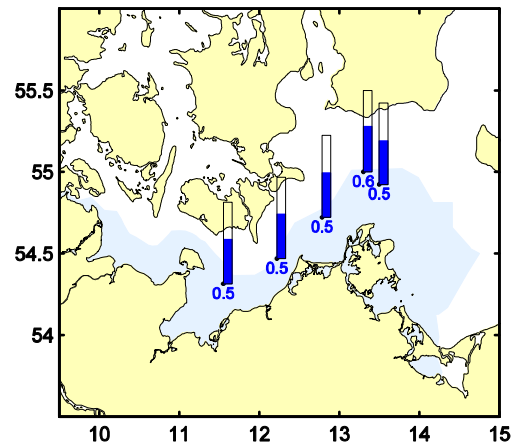


Abbildung 33: Mediane der Kupferkonzentrationen ( $\text{ng/L}$ ) im filtrierten Oberflächenwasser (5m) im Zeitraum 1999-2004

Tabelle 7 fasst die Mediane der Metallgehalte im filtrierten Oberflächenwasser (bis 5 m Wassertiefe) der AWZ zusammen. Lediglich für Quecksilber sind die Gesamtgehalte angegeben. Als Streuungsmaß dienen die 25% und 75% Perzentile.

Tabelle 7: Metallgehalte im filtrierten Oberflächenwasser (Hg filtriert + partikelgebunden) in  $\text{ng/L}$  (Cd, Hg, Pb),  $\mu\text{g/L}$  (Cu, Zn)

	Station	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Median		16	0.55	3.3	21	1.20
Perzentil 25	1	12	0.50	0.9	12	0.99
Perzentil 75		19	0.61	9.6	170	1.49
Median		14	0.55	1.2	21	0.99
Perzentil 25	2	12	0.52	0.5	16	0.65
Perzentil 75		16	0.59	4.0	64	1.19
Median		14	0.55	0.9	9	0.71
Perzentil 25	3	12	0.51	0.4	6	0.65
Perzentil 75		14	0.57	3.5	23	0.86
Median		13	0.56	1.4	12	0.62
Perzentil 25	4	10	0.48	0.4	8	0.53
Perzentil 75		14	0.59	3.1	14	0.72
Median		13	0.54	1.3	11	0.68
Perzentil 25	5	11	0.52	0.4	8	0.53
Perzentil 75		14	0.57	3.4	13	0.73

Im Wasser der Küstengewässer Schleswig-Holsteins und Mecklenburg-Vorpommerns lagen die Metallgehalte in der Regel höher als in den küstenfernen Gewässern. Eine über diese qualitative Aussage hinausgehende Bewertung ist, bedingt durch methodische Unterschiede bei den Messungen und die daraus resultierende mangelnde Vergleichbarkeit der Messwerte, nicht möglich.

Auf den Stationen in der AWZ wurden im Schwebstoff im Zeitraum von 1999 bis 2004 im Oberflächenwasser Mediane der auf die Trockenmasse bezogenen Cadmiumgehalte zwischen 0,6 und 1,1  $\text{mg/kg}$  gemessen (Kupfer 31 bis 39, Blei 42 bis 73, Zink 168 bis 248  $\text{mg/kg}$ ). Bezogen auf das Wasservolumen zeigen die Schwebstoffgehalte in der Regel einen von We-



sten nach Osten leicht abnehmenden Gradienten. Ursache hierfür ist der im flacheren Wasser während der stürmischen Wintermonate erhöhte Anteil von resuspendiertem Material.

Die zeitliche Entwicklung der Metallgehalte im Wasser der westlichen Ostsee zeigen seit 1999 in der Reihe Cu > Cd > Hg > Pb > Zn eine leicht abnehmende bis stagnierende Tendenz. Eine weiterführende Betrachtung über die Dynamik der Metallbelastung auch in den tiefen Becken der zentralen Ostsee ist im MESSPROGRAMM MEERESUMWELT (2005) zu finden.

#### 2.2.8.4 Organische Schadstoffe

Regelmäßige Messungen im Wasser wurden vom IOW, BSH und LANU durchgeführt. Im LUNG wurde mit der Untersuchung organischer Schadstoffe im Wasser im Jahre 2000 begonnen. Die untersuchten Einzelkomponenten waren z. T. unterschiedlich; bei übereinstimmenden Stoffen sind die Ergebnisse meist gut vergleichbar und können zu einem schlüssigen Gesamtbild zusammengefasst werden.

**Polare Stoffe ( $K_{ow} < 4$ ), z.B. Hexachlorcyclohexan-Isomere ( $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -HCH):** Die Konzentrationen von  $\alpha$ -HCH im Oberflächenwasser der offenen See lagen 2002 zwischen 0,19 ng/L und 0,47 ng/L mit relativ gleichbleibenden Median-Werten von 0,35 ng/L im Februar und 0,30 ng/L im August. Regional ist eine deutliche Abnahme der  $\alpha$ -HCH-Gehalte von der zentralen Ostsee bis zu den westlichen Stationen zu beobachten (Abbildung 34). Die Verteilung kann zum einen durch das vom Land eingetragene Oberflächenwasser erklärt werden, das inzwischen geringer belastet zu sein scheint als das Ostseewasser. Zum anderen ist die beobachtete Verteilung durch die Vermischung von relativ unbelastetem Nordsee-Wasser über das Kattegatt mit der Altlast in der Ostsee zu erklären, die durch den langsamen Wasseraustausch in der Ostsee noch vorhanden ist. Die  $\alpha$ -HCH-Gehalte in der Ostsee waren 2002 etwa 3 bis 4 mal so hoch wie in der Deutschen Bucht. Die Konzentrationen von  $\beta$ -HCH lagen 2002 zwischen 0,17 bis 0,36 ng/L mit einem Median von 0,27 ng/L im Februar und 0,30 ng/L im August. Eine räumliche Struktur mit leicht höheren Werten an den östlichen Stationen ist nur schwach ausgebildet. Die Werte sind gegenüber der südlichen Nordsee mindestens um den Faktor 10 höher. Die Lindan-Konzentrationen ( $\gamma$ -HCH) lagen 2002 zwischen 0,33 und 0,67 ng/L. Wie Abbildung 34 zeigt, weisen die  $\gamma$ -HCH-Konzentrationen keinen klar erkennbaren räumlichen Gradienten auf. Die Werte lagen 2002 etwa doppelt so hoch wie in der Deutschen Bucht der Nordsee.

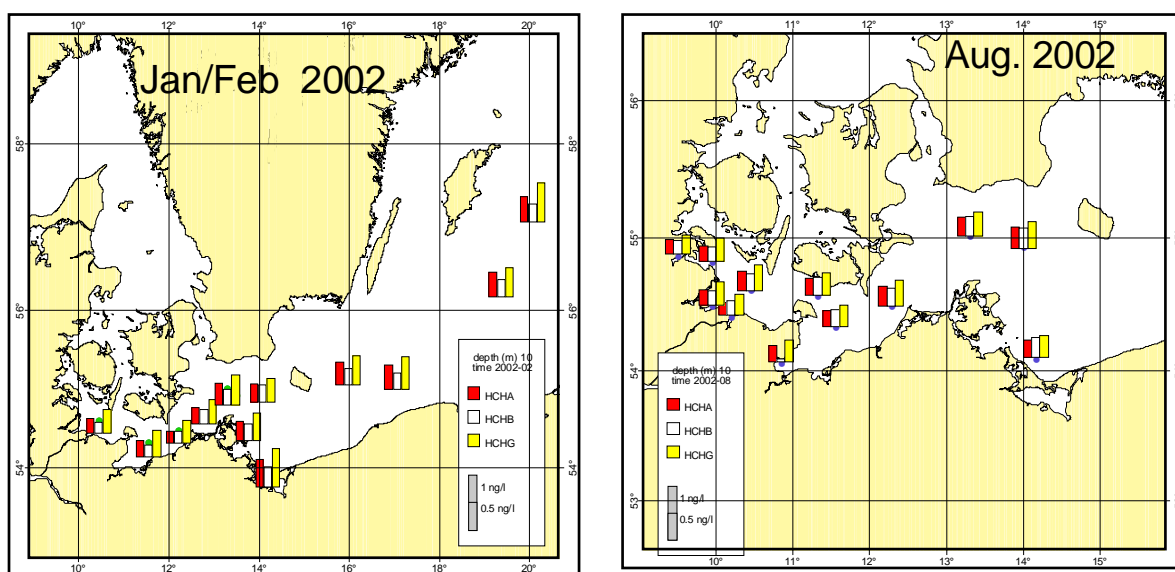


Abbildung 34:  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -HCH-Gehalte im Oberflächenwasser (3-5m) der Ostsee 2002 in ng/L

Für die HCH-Verbindungen liegen seit 1975 verlässliche Messwerte vor, so dass die langfristige zeitliche Entwicklung der Konzentrationen sehr gut verfolgt werden kann. Spätestens seit Mitte der achtziger Jahre zeigte sich für  $\alpha$ -HCH ein deutlicher Rückgang in den Konzentrationen. Für  $\gamma$ -HCH setzte eine Verringerung erst gegen Ende der achtziger Jahre ein und war geringer als beim  $\alpha$ -HCH. In Abbildung 35 ist der zeitliche Verlauf der beiden HCH-Isomere im Arkona-Becken (Station K4) wiedergegeben. Nach einer starken Abnahme von 1983 bis 1993 hatten sich die Konzentrationen im Zeitraum von 1994 bis 1998 auf einem niedrigen Niveau um 1 ng/L nivelliert. Seit 1999 haben sich die HCH Konzentrationen im Wasser weiter signifikant verringert und liegen inzwischen deutlich unter 0,5 ng/L, sowohl für  $\alpha$ - als auch  $\gamma$ -HCH.

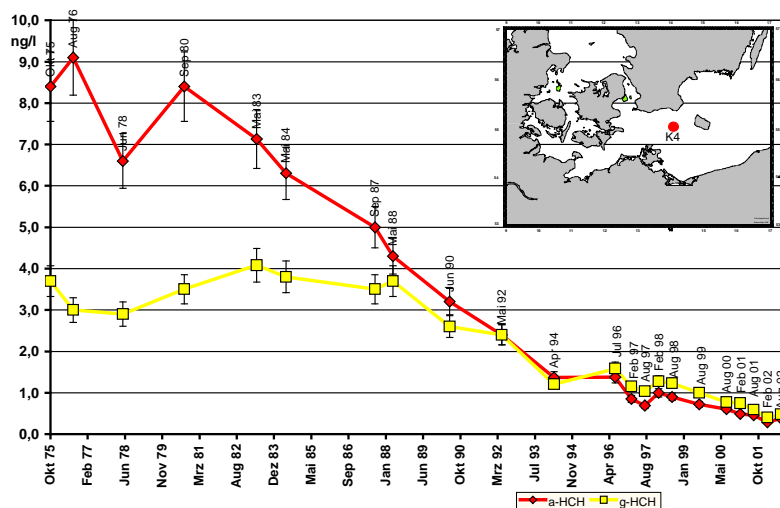


Abbildung 35: HCH-Konzentrationen im Arkona-Becken an der Station K4 (3-5m) seit 1975

**Unpolare Stoffe (KOW >4), z.B. Hexachlorbenzol (HCB), Polychlorierte Biphenyle (PCB), DDT-Gruppe, aromatische Kohlenwasserstoffe (HCB, PCB, DDT, PAK):** Die HCB-Konzentrationen im Wasser der offenen See liegen im Bereich von 3 bis 11 pg/L mit einem Median von 4 pg/L. Aufgrund der niedrigen Konzentrationen, der damit verbundenen relativ hohen Variabilität der Messwerte und des Fehlens längerer Zeitreihen konnten keine zeitlichen Trends beobachtet werden. Auch räumliche Strukturen konnten nicht festgestellt werden.

Die Konzentrationen der **PCB** liegen ebenfalls im unteren pg/L-Bereich. Von Ost nach West nehmen die Konzentrationen etwas zu. Die höchsten Werte werden für die Kongenere PCB 138 und PCB153 gemessen, die zwischen 1 und 11 pg/L gefunden werden, mit Median-Werten von 2,6 pg/L und 2,8 pg/L.

Die Konzentrationen von **p,p'-DDT**, **p,p'-DDD** und **p,p'-DDE** lagen in der offenen See nahe oder unter den Bestimmungsgrenzen der Labore. 2002 wurden Werte zwischen 1 und 14 pg/L beobachtet. Klare räumliche Muster konnten nicht entdeckt werden. Die Werte sind z. T. niedriger als in den Vorjahren, dies liegt aber sehr wahrscheinlich an methodischen Verbesserungen der Bestimmungsverfahren.

Der Konzentrationsbereich der Summe der **aliphatischen Kohlenwasserstoffe** von  $C_{12}$  bis  $C_{30}$  lag im Sommer der letzten Jahre in der westlichen und zentralen Ostsee zwischen 6 ng/L und 264 ng/L (Medianwert: 35 ng/L). Die Konzentrationsmittelwerte einzelner n-Alkane ( $C_{19}$  bis  $C_{30}$ ) variierten zwischen 0,3 und 4 ng/L, vereinzelt traten Spitzenwerte bis zu 10 ng/L auf. Anhand der verschiedenen Verteilungsmuster der Einzelkomponenten ist eine Aussage über die Quelle dieser Kohlenwasserstoffe möglich. Die beobachteten Muster weisen auf einen mittleren Anteil petrogener (aus Erdöl stammender) Alkane hin. Die größten Einzelkonzentrationen wurden allerdings für  $C_{17}$  (max. 188 ng/L), gefolgt von  $C_{15}$  (max. 33 ng/L) gemessen. Beide Substanzen sind Stoffwechselprodukte von marinen Algen. Der mengenmäßig größte Anteil

der Alkane stammt aus biogenen Quellen, nämlich aus Algen und terrestrischen Pflanzen. Seltener finden sich Muster, die direkt auf Ölverschmutzungen hindeuten, obwohl in der deutschen AWZ jährlich immer noch über 100 akute, durch die Schifffahrt verursachte Ölverschmutzungen beobachtet werden.

Aufgrund der hohen Variabilität der Werte sind keine zeitlichen Trends zu beobachten. Für die Konzentrationen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (**PAK**) war in der offenen See kein eindeutiger räumlicher Gradient zu beobachten. In Küstennähe traten jedoch zumeist höhere Konzentrationen auf als in der offenen Ostsee. So fanden sich die höchsten PAK-Konzentrationen vor allem in der Kieler und der Flensburger Förde und der Pommerischen Bucht vor der Odermündung, wo auch höhere Anteile an Schwebstoffen beobachtet werden. Es wurden klare Unterschiede in den Konzentrationen der PAK (Abbildung 36) zwischen Sommer und Winter beobachtet. Im August lagen die Konzentrationen im Wasser zwischen  $< 0,005$  und  $1,6$  ng/L, mit Medianen der einzelnen PAK zwischen  $0,002$  und  $0,96$  ng/L. Die höchsten Werte wurden für Naphthalin und Phenanthren gemessen, während 5- und 6-Ring-Aromaten die niedrigsten Konzentrationen zeigten. Im Februar variierten die Konzentrationen zwischen  $0,01$  und  $2,4$  ng/L, mit Medianen von einzelnen PAH zwischen  $0,02$  ng/L und  $1,87$  ng/L. Zu diesem Zeitpunkt wurden für Fluoranthen und Pyren die höchsten Konzentrationen beobachtet. Winter/ Sommer Unterschiede waren am höchsten (5- bis 10-fach) bei den 4- bis 6-Ring-Aromaten. Die Muster der PAK deuten darauf hin, dass sie hauptsächlich aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammen. Damit ist auch ein hoher Anteil an atmosphärischer Deposition wahrscheinlich.

Da die PAK-Konzentrationen hoch variabel sind und bisher keine ausreichend langen Zeitreihen in der Ostsee vorliegen, kann keine Aussage über einen Trend getroffen werden.

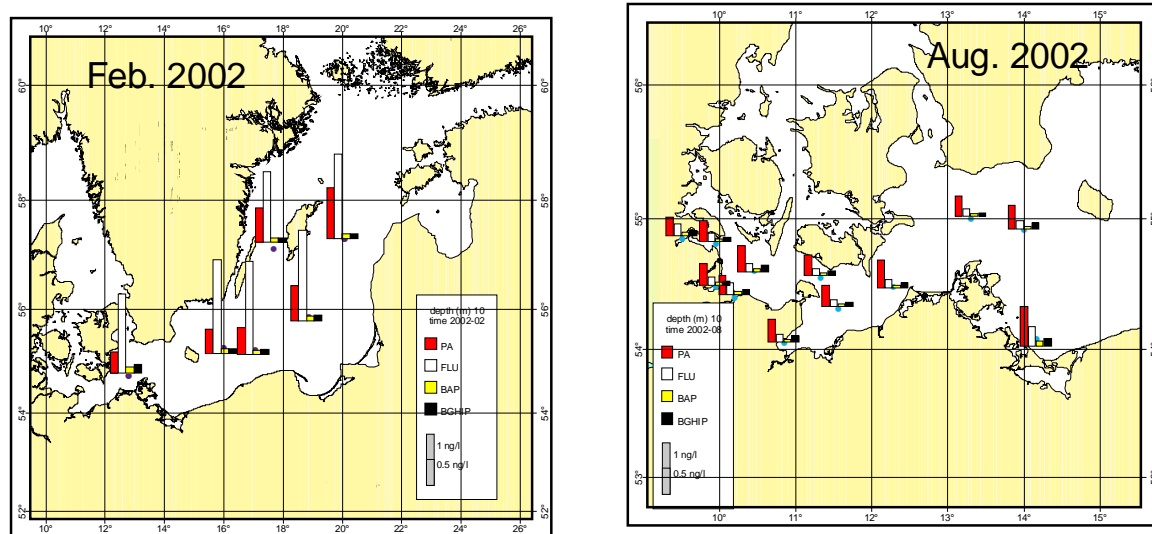


Abbildung 36: Konzentrationen ausgewählter PAK [ng/L] im Oberflächenwasser im Februar und August 2002

Zusätzlich zu den klassischen Schadstoffen wurden eine Reihe moderner Pestizide in der Ostsee untersucht. Einzelheiten sind im BLMP-Bericht 1999-2002 (MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005) dargestellt.

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden an zwei Messstellen der mecklenburg-vorpommerischen Küstengewässer 50 Pflanzenschutzmittel untersucht, von denen 10 nachgewiesen wurden. Am häufigsten war 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D) im Kleinen Haff nachzuweisen (max. Konzentration  $1,7$   $\mu\text{g/L}$ ). Es kam von Februar bis April vor. In 16 % aller untersuchten Proben wurde ferner 2,4-Dichlorprop nachgewiesen, wobei sich diese Positivbefunde auf den Zeitraum von Februar bis Mai 2001 konzentrieren. An vier Messterminen waren Isoproturon und

an jeweils einem Termin Ametryn, Atrazin und Simazin nachzuweisen. Alle genannten Stoffe gehören zu den Herbiziden.

In der offenen Ostsee wurden vom BSH 36 Pflanzenbehandlungsmittel (Insektizide und Herbizide) untersucht; die Beprobungen fanden im August/September der Jahre 2000 bis 2002 statt. Wie Tabelle 8 zeigt, wurden insgesamt 18 Stoffe nachgewiesen. Die höchsten Konzentrationen wurden für Atrazin, Diuron, Irgarol, Isoproturon, Simazin, Terbutylazin, 2,4-D, Dichlorprop und MCPA beobachtet. Die meisten dieser Herbizide wurden auch auf den beiden Stationen von Mecklenburg-Vorpommern gefunden. Die Konzentrationen in der Ostsee liegen wesentlich niedriger als in den inneren Gewässern. Verglichen mit den „klassischen“, lipophilen Schadstoffen (Chlorkohlenwasserstoffe, s. o.) sind die Konzentrationen jedoch deutlich höher.

Tabelle 8: Konzentrationen polarer Pflanzenbehandlungsmittel im Oberflächenwasser der Ostsee [ng/L]

	Min	Max	Median
Atrazin	2,84	26,02	3,82
Chlortoluron	0,15	0,77	0,22
Diazinon	0,19	0,19	0,19
Diuron	0,42	13,34	0,97
Fenuron	0,39	0,39	0,39
Irgarol	0,12	5,77	0,28
Isoproturon	0,20	2,49	0,43
Metazachlor	0,08	0,86	0,17
Metolachlor	0,22	0,34	0,28
Prometryn	0,32	0,88	0,61
Propazin	0,20	0,41	0,25
Simazin	1,54	5,08	3,65
Terbutylazin	0,04	5,16	0,61
Terbutryn	0,20	0,58	0,32
2,4-D	2,12	34,14	3,82
Dichlorprop	0,39	2,57	0,56
MCPA	0,87	2,57	1,21
Mecoprop	0,31	1,84	0,54

Bemerkenswert ist die geographische Verteilung einiger dieser Stoffe. Exemplarisch sind in Abbildung 37 die Konzentrationsverteilungen von Diuron und 2,4-D dargestellt. Bei Diuron sind in der Kieler Bucht und der Flensburger Förde die höchsten Konzentrationen festzustellen; das gleiche Bild findet sich beim Irgarol. Da beide Stoffe auch in Antifouling-Anstrichen in der Schifffahrt eingesetzt werden (Ersatzstoffe für TBT), ist es plausibel, diese erhöhten Werte mit der Werftindustrie und der erhöhten Schiffsdichte der Freizeitboote in Verbindung zu setzen. Die hohen Werte in der Unterwarnow in Hafennähe bestätigen diesen Eintragsweg. Die Verteilung von 2,4-D zeigt dagegen die Oder als eine Hauptquelle auf; ähnliche Verteilungen finden sich für Isoproturon, Terbutylazin und Atrazin. Eine dritte Verteilungsstruktur weist das Simazin auf: Hier finden sich recht gleichmäßig auf allen Stationen relativ hohe Konzentrationen im Bereich von 1,5 bis 4,5 ng/L, wobei von West nach Ost ein leichter Anstieg festzustellen ist. Diese gleichmäßige Struktur deutet auf diffuse Quellen wie atmosphärischen Eintrag oder Altlasten hin.

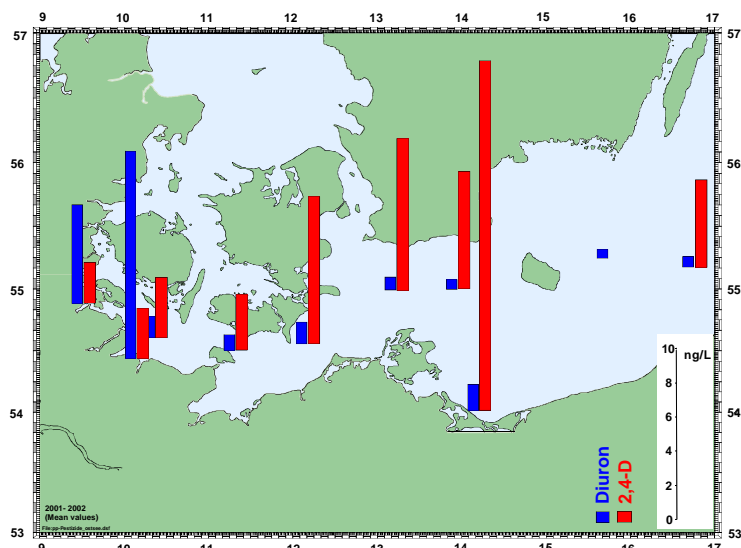


Abbildung 37: Konzentrationen (ng/L) von Diuron und 2,4-D im Oberflächenwasser (5m) der Ostsee (Median- bzw. Einzelwerte, Beprobung: Aug./Sept 2000-2002)

### 2.2.8.5 Radioaktive Stoffe (Radionuklide)

Radioaktive Stoffe in der Ostsee stammen aus folgenden Quellen:

- Globaler Fallout aus den atmosphärischen Kernwaffentests der 50er und 60er Jahre.
- Ableitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen in Sellafield (UK), und La Hague (F) und deren Verfrachtung durch die Beltsee in die Ostsee mit dem Wasseraustausch.
- Fallout aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl 1986.
- Ableitungen aus kerntechnischen Einrichtungen wie Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren auf dem Wassereinzugsgebiet der Ostsee.

Künstliche Radionuklide in der Ostsee bis zum Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl stammten im wesentlichen aus dem Fallout der atmosphärischen Kernwaffentests der sechziger Jahre sowie dem Einstrom kontaminierten Nordseewassers aus dem Skagerrak und Kattegat durch die Beltsee. Der Unfall von Tschernobyl und der nachfolgende Fallout haben das Inventar insbesondere an Cs-134 und Cs-137 wesentlich verändert, wobei hohe Depositionen im Bottnischen und Finnischen Meerbusen zu verzeichnen waren. In den Folgejahren drangen diese hohen Kontaminationen mit dem Oberflächenwasser auch in die westliche Ostsee und die Beltsee vor, so dass die Konzentration dort bis Mitte der 90er Jahre leicht anstieg. Cs-137 war das wichtigste Radionuklid aus dem Unfall, das längerfristig nachzuweisen ist. Andere Radionuklide spielen längerfristig radiologisch keine Rolle. Im Fallout des Tschernobyl Unfalls waren zwar eine große Anzahl an Nukliden nachweisbar, die meisten wiesen aber nur eine kurze Halbwertszeit von unter einem Jahr auf, so dass sie heute nicht mehr nachzuweisen sind. Das Inventar an Sr-90 wurde nur sehr gering verändert, da Strontium eine geringere Flüchtigkeit als Caesium aufweist und daher nicht über so große Entfernungen mit der Atmosphäre transportiert wurde. Gleiches trifft auch auf die Transuranelemente Plutonium und Americium zu.

Einleitungen aus Kernkraftwerken oder anderen kerntechnischen Einrichtungen spielen für das Aktivitätsinventar in der Ostsee kaum eine Rolle, da ihre Ableitungen eine zu geringe Aktivität aufweisen. Sie sind nur in unmittelbarer Umgebung dieser Anlagen nachzuweisen. Geringe Beiträge der Ableitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen Sellafield (Irland) und La Hague (Frankreich) waren früher auch in der Ostsee zu finden. Seitdem jedoch diese Einleitungen stark reduziert worden sind, spielen diese Quellen nur noch eine untergeordnete Rolle, zumal ihr Beitrag z.B. an Cs-137 von dem Tschernobyl Eintrag vollständig überdeckt wird.

Abbildung 38 stellt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 im Oberflächenwasser an den Positionen Schleimündung in der Beltsee in der westlichen Ostsee dar. Deutlich zu erkennen sind die höheren Konzentrationen beider Nuklide in den sechziger Jahren aufgrund der Sellafield-Ableitungen etwa fünf Jahre zuvor und der durch den Tschernobyl Fallout bedingten höheren Konzentrationen an Cs-137 seit 1986. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Cs-137-Konzentrationen sind durch den jahreszeitlich schwankenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt. Der Ausstrom im Frühjahr und Sommer bedingt höhere Konzentrationen aus der nördlichen Ostsee. Der Einstrom hat geringere Konzentrationen durch Einstrom aus dem Kattegat und Skagerrak zur Folge. Dabei sind die gemessenen Schwankungen der Cs-137-Konzentration an Meerengen wie Fehmarnbelt und Darßer Schwelle (Kadetrinne) stärker ausgeprägt als in ruhigen Buchten wie z.B. der Neustädter Bucht. Die jahreszeitlichen Schwankungen werden im Arkona-Becken geringer und auch die effektive Halbwertszeit wird mit etwa 10 Jahren geringer als im Bereich der Beltsee, wo ca. 14 Jahre der effektiven Abnahme der Cs-137-Konzentrationen auf den halben Wert ermittelt wird.

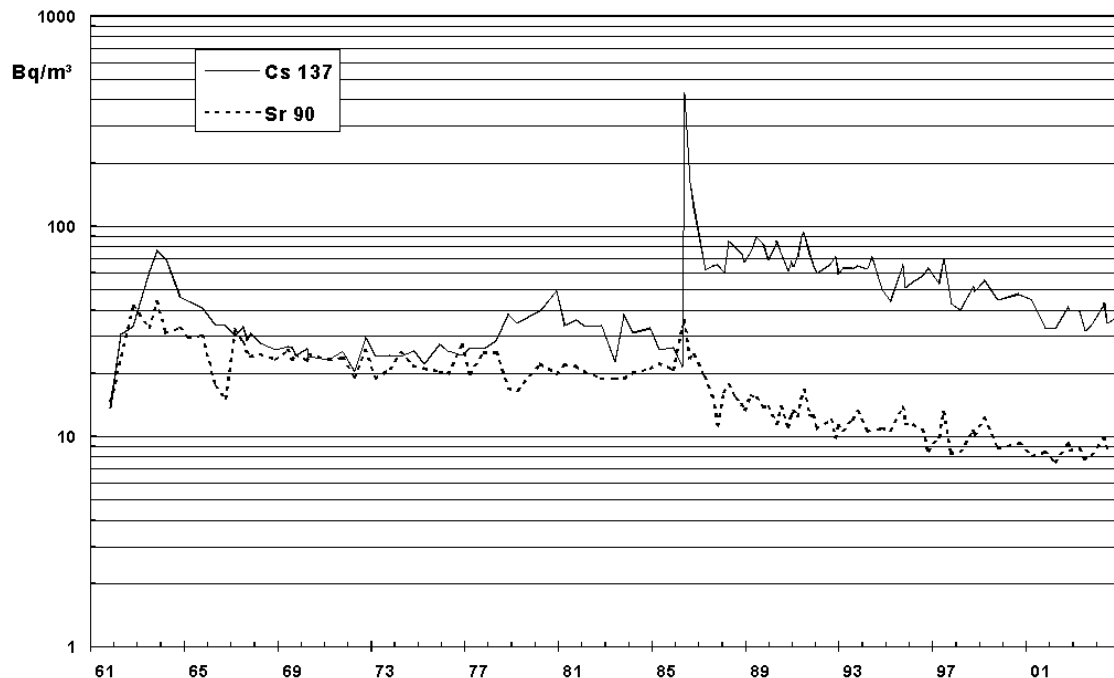


Abbildung 38: Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 -Aktivitätskonzentrationen [Bq/m<sup>3</sup>] an der Position "Schleimündung" (54°40'N, 010°05'O) seit 1961

Langfristig sind - wie auch an Land - im Meeresbereich nur die Nuklide Cs-134 und Cs-137 von größerem Interesse, die bei dem Unfall 1986 in einem Aktivitätsverhältnis von etwa 0,5 freigesetzt wurden. Die Ostsee ist noch heute, noch vor dem Schwarzen Meer und der Irischen See, das Seegebiet mit den höchsten Konzentrationen an Cs-137 in der Welt.

Durch den im langjährigen Mittel sehr geringen Wasseraustausch der Ostsee mit der Nordsee durch die dänischen Meerengen verbleibt die durch Tschernobyl eingetragene Aktivität im Wasser der Ostsee über einen längeren Zeitraum. Die Menge des Zuflusses an salzreicherem und aktivitätsarmem Nordseewasser durch die Bodenschicht des Kattegat ist dabei von Jahr zu Jahr hochvariabel, abhängig von meteorologischen Ereignissen und den Ein- und Ausstromereignissen durch die Beltsee. Der zeitliche Verlauf schwankt weniger stark im Bereich der Arkonasee, wo der Ein- und Ausstrom weniger deutlich zum Ausdruck kommt (Abbildung 39). Kompensiert wird der Zufluss an salzreicherem Nordseewasser im Bodenbereich durch einen stetigen Ausfluss an Oberflächenwasser aus der Ostsee in den Skagerrak. Die Ostsee stellt

dadurch seit einigen Jahren die stärkste Quelle für Cs-137 im Nordatlantik dar. Die Zeit für einen vollständigen Wasseraustausch der Ostsee wird mit 20 bis 30 Jahren angenommen. Inzwischen nimmt jedoch auch hier die Cs-137-Aktivitätskonzentration deutlich ab.

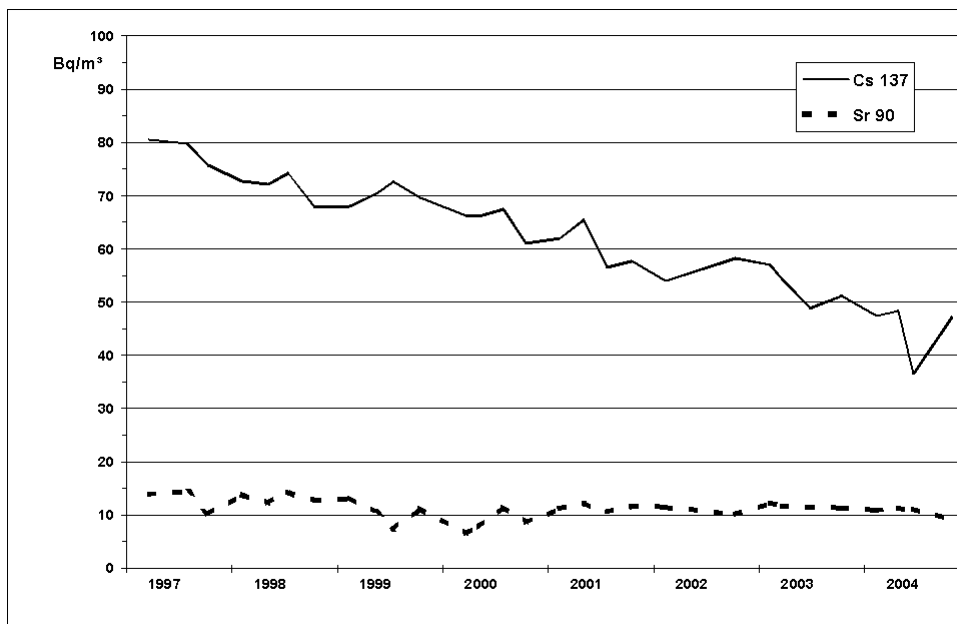


Abbildung 39: Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 Aktivitätskonzentrationen [Bq m<sup>-3</sup>] an der Position "Arkonasee" (54°51,6'N, 013°16,6'O) seit 1997

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 liegt an der Wasseroberfläche in der westlichen Ostsee etwa zwischen 33 Bq m<sup>-3</sup> im westlichen und 50 Bq m<sup>-3</sup> im östlichen Teil des überwachten Gebietes im Juni 2004. Die Konzentrationen nehmen nach Osten nach wie vor leicht zu – in Richtung des Schwerpunktes des Tschernobyl-Fallouts. Obwohl sich die Kontamination der westlichen Ostsee gegenüber den Vorjahren verringert hat, liegt sie immer noch um den Faktor 10 über derjenigen der Deutschen Bucht. Während die Wassersäule der Ostsee im überwiegenden Teil bis hinunter zum Meeresboden eine sehr homogene Kontamination zeigt, lässt sich im Bodenwasser der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 und Sr-90 nachweisen. Dabei weist im Juni 2004 eine Position im östlichen Fehmarnbelt den größten Unterschied in der Cs-137-Konzentration zwischen Oberflächen- und Bodenwasser auf.

Die Konzentrationen an Sr-90 liegen in der westlichen Ostsee zwischen 7,5 und 11,2 Bq m<sup>-3</sup> und damit um den Faktor 2-6 höher als in der Deutschen Bucht. Die Quelle des Sr-90 ist nahezu ausschließlich der globale Fallout. Die Kombination aus hoher Mobilität des Sr-90 mit dem sehr umfangreichen Einzugsgebiet der Ostsee und dem damit verbundenen hohen Süßwasserzufluss führen schon seit Jahrzehnten zu einem relativ hohen Gehalt an Radiostrontium.

## **2.2.9 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Wasser hinsichtlich Nähr- und Schadstoffen**

### **2.2.9.1 Nährstoffe**

In der offenen Ostsee werden Nährstofftrends auf kürzeren Zeitskalen durch interne Austauschprozesse geprägt. Aus längerem Blickwinkel kann die Nährstoffzunahme bis Ende der 1970er Jahre jedoch auf menschliche Aktivitäten (Eutrophierung) zurückgeführt werden.

In den Küstengewässern machen sich eingeleitete nationale/internationale Maßnahmen (Bau von Kläranlagen, Verbot phosphathaltiger Waschmittel, Reduzierung nitrathaltiger Düngemittel) schneller bemerkbar. So konnte in der ersten Hälfte der 1990er Jahre ein deutlicher Rückgang der Phosphatkonzentrationen beobachtet werden. Für die überwiegend aus diffusen Quellen stammenden Stickstoffverbindungen sind eindeutige Trends schwer nachweisbar.

### **2.2.9.2 Sauerstoff**

Die tieferen Gewässerteile der westlichen Ostsee sind im Sommer durch Sauerstoffarmut charakterisiert. Die Intensität der Sauerstoffverarmung hängt von meteorologischen (Temperatur, Wind) und hydrographischen (Schichtung) Faktoren sowie der Höhe der Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet ab. Das Jahr 2002 stellte dabei eine Extremsituation mit extremer Sauerstoffarmut insbesondere vor der dänischen und schleswig-holsteinischen Küste dar. Verbreitet trat Schwefelwasserstoff mit seinen negativen Folgen für die Bodenfauna auf. In den Tiefenbecken der zentralen Ostsee hat sich die Häufigkeit und Intensität der für die Wassererneuerung und Sauerstoffversorgung notwendigen Salzwassereinträge aus der Nordsee seit Mitte der 1970er Jahre deutlich verringert. In den letzten 25 Jahren wurden bedeutende Einstromereignisse nur 1983, 1993 und 2003 beobachtet. Dazwischen lagen lang anhaltende Stagnationsperioden mit erheblichen Konzentrationen von Schwefelwasserstoff im Tiefenwasser.

### **2.2.9.3 Metalle**

Die Metalle Cadmium, Quecksilber, Blei und Zink zeigen eine typische räumliche Verteilung mit einem von Westen nach Osten abnehmenden Gradienten im Oberflächenwasser der AWZ. Kupfer zeigt hingegen keinen eindeutigen Konzentrationsgradienten. An allen küstenfernen Stationen der AWZ lagen die Mediane der Zinkkonzentrationen (1999 bis 2004) deutlich und die der Kupferkonzentrationen leicht über dem Hintergrundreferenzwert (UBA, 2004). Die Elemente Blei und Cadmium zeigen im westlichen Teil der AWZ Konzentrationen, deren Median über dem Referenzwert und im östlichen Teil in der Nähe oder unter dem Referenzwert liegt. Die Cadmiumkonzentrationen im Wasser sind insgesamt sehr niedrig. So liegt deren Median im westlichen Teil der AWZ beim Referenzwert und im östlichen Teil deutlich darunter.

Nach heutigem Kenntnisstand geht von den genannten Metallbelastungen des Meerwassers keine unmittelbare Gefahr für das marine Ökosystem aus.

### **2.2.9.4 Organische Schadstoffe**

Die polareren Verbindungen wie die HCH-Isomere und die modernen Pestizide (Triazine, Phenylharnstoffe und Phenoxyessigsäuren) liegen im Wasser in deutlich höheren Konzentrationen vor als die lipophileren, „klassischen“ Schadstoffe wie HCB, DDT, PCB und PAK. Die lipophilen chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, DDT und PCB) wurden im Wasser nur in sehr geringen Konzentrationen angetroffen (meist < 10 µg/L). Die Belastung war in Küstennähe



generell höher als in der offenen Ostsee. Zeitliche Trends konnten aufgrund der hohen Variabilität und der eingeschränkten Datenlage nicht beobachtet werden.

Die Belastung des Ostseewassers mit Erdölkohlenwasserstoffen war gering. Die Bestimmung der Einzelkomponenten zeigt, dass die aliphatischen Kohlenwasserstoffe hauptsächlich aus biogenen Quellen stammen. Die Konzentrationen der PAK waren ebenfalls relativ gering und zeigten keine besondere räumliche Verteilung. Die Gehalte an höher kondensierten PAK (4-6-Ring-Aromaten) nahmen in Küstennähe zu, was zum größten Teil auf höhere Schwebstoffgehalte zurückzuführen ist. Aufgrund der hohen Variabilität sind bei keiner der verschiedenen Kohlenwasserstoff-Klassen zeitliche Trends festzustellen, dagegen gab es saisonale Unterschiede mit höchsten Werten im Winter (PAK). Die Belastungen mit toxisch relevanten PAK liegen um zwei bis drei Zehnerpotenzen unter jenen Konzentrationen, bei denen in Tierversuchen erste Anzeichen für kanzerogene Effekte auftraten (VARANASI, 1989).

Die meisten Schadstoffkonzentrationen im Ostseewasser befinden sich in ähnlichen Bereichen wie in der Deutschen Bucht und Nordsee. Bei der DDT-Gruppe sind leicht höhere Konzentrationen in der Ostsee beobachtet worden. Auch bei  $\gamma$ -HCH sind die Werte leicht erhöht. Die Konzentrationen von  $\alpha$ -HCH sind etwa dreimal, die von  $\beta$ -HCH mindestens zehnmal so hoch wie in der Nordsee. Im Gegensatz zur südlichen Nordsee ist die räumliche Verteilung in der westlichen und zentralen Ostsee durch das Fehlen von größeren Eintragsquellen gekennzeichnet. Aus diesem Grund werden nur geringe oder keine Gradienten beobachtet. Langfristige Trends sind nur für die HCH-Isomere gefunden worden. Hier wurden sowohl kurzfristig (in den letzten 2-3 Jahren) als auch langfristig sehr deutliche Abnahmen in den Konzentrationen beobachtet.

Die recht niedrigen Schadstoffkonzentrationen, die im Meer z.Z. beobachtet werden, bedeuten, dass bei allen Handlungen sehr sorgfältig darauf geachtet werden muss, dass keine neuen Einträge ins Meer erfolgen, da dies zwangsläufig zu einer Verschlechterung des Umweltzustands führen würde. Dies ist auch im Rahmen der Strategien der Meeresschutz-Übereinkommen zu sehen, die vorsehen, dass Konzentrationen gefährlicher anthropogener Schadstoffe (Hazardous Substances) bis zum Jahre 2020 auf bis nahe Null reduziert werden sollen.

#### **2.2.9.5 Radioaktive Stoffe (Radionuklide)**

Die Belastung der Ostsee durch radioaktive Stoffe ist in den letzten Jahren geringer geworden. Nach wie vor liegen die Konzentrationen von Cs-137 über den Werten von vor dem Unfall von Tschernobyl im April 1986. Dieses Nuklid liefert den höchsten Beitrag der künstlichen Radionuklide für eine mögliche Dosis aus dem Expositionspfad „Verzehr von Meeresfrüchten“. Eine signifikante Dosis aus dieser Quelle oder beim Aufenthalt auf dem Meer oder am Strand ist jedoch nicht zu befürchten. In diversen Studien konnte gezeigt werden, dass die höchste Strahlenexposition des Menschen beim Expositionspfad „Verzehr von Meeresfrüchten“ aus dem natürlichen Radionuklid Po-210 herrührt. Die von diesem Nuklid resultierende Dosis übersteigt in der Regel bei weitem die Dosis, die durch künstliche Radionuklide zustande kommt.

### **2.3 Phytoplankton**

Das Plankton umfasst alle Organismen, die im Wasser treiben. Diese meistens sehr kleinen Organismen bilden eine fundamentale Komponente des Ökosystems. Unter dem Begriff Plankton verbirgt sich eine sehr weit gefächerte Gruppe von Organismen, die artenspezifisch im Meer-, Brack- und Süßwasser vorkommen. Zum Plankton gehören pflanzliche Organismen (Phytoplankton) und kleine Tierchen bzw. Entwicklungsstadien des Lebenszyklus von Mee-

restieren, wie Eier und Larven (Zooplankton). In der Wassersäule treiben auch Bakterien (Bakterioplankton) und Pilze (Fungi).

Im Folgenden werden die wesentlichen Eigenschaften und die Bedeutung des Planktons für das marine Ökosystem zusammengefasst. Die Beschreibung und Einschätzung des Zustands erfolgt getrennt für Phyto- und Zooplankton. Wichtige Aspekte des Vorkommens von Bakterioplankton und Fungi werden nur in Bezug auf verschiedene Funktionen des marinen Ökosystems aufgeführt.

### 2.3.1 Räumliche und zeitliche Variabilität

Das Phytoplankton umfasst kleine Organismen, die meistens bis 200 µm groß sind und taxonomisch dem Reich der Pflanzen zugeordnet werden. Es handelt sich um Mikroalgen, die meistens aus einer einzigen Zelle bestehen oder in der Lage sind, aus mehreren Zellen Ketten oder Kolonien zu bilden. Die Organismen des Phytoplanktons ernähren sich überwiegend autotroph, d.h. sie sind durch die Photosynthese in der Lage, die im Wasser gelösten anorganischen Nährstoffe zur Synthese organischer Moleküle zum Wachstum zu verwenden. Das Phytoplankton beinhaltet ferner auch Mikroorganismen, die sich heterotroph, d.h. von anderen Mikroorganismen, ernähren können. Zudem gibt es mixotrophe Organismen, die sich auto- oder heterotroph ernähren können. Viele Mikroalgen sind in der Lage, im Laufe des Lebenszyklusses die Ernährungsart zu wechseln. Bakterien und Fungi bilden phylogenetisch (evolutionsgeschichtlich) ebenfalls gesonderte Gruppen. Bei der Betrachtung des Phytoplanktons werden auch Bakterien, Fungi und solche Organismen, die durch ihre physiologischen Eigenschaften dem Tierreich näher stehen, mitberücksichtigt. Im Folgenden wird der Begriff Phytoplankton in diesem erweiterten Sinn verwendet.

#### 2.3.1.1 Das Phytoplankton der westlichen Ostsee

Zum Phytoplankton der westlichen Ostsee gehören u.a. folgende bedeutende taxonomische Gruppen:

- Diatomeen oder Kieselalgen (*Bacillariophyta*), z. B. *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus granii*, *Diatoma elongatum*
- Dinoflagellaten oder Geißelalgen (*Dinophyceae*), z. B. *Ceratium fusus*, *C. tripos*, *Dinophysis acuminata*
- Blaualgen (*Cyanobacteria*), dominieren Süß- und Brackwasser-Bereiche. In Gewässern mit niedrigem Salzgehalt, wie der Ostsee, kann diese Gruppe ebenfalls hohe Abundanz erreichen. Zu den häufigsten Taxa der westlichen Ostsee zählen *Aphanizomenon sp.*, *Anabaena spp.*, *Cerataulina pelagica*.
- Mikroalgen bzw. Mikroflagellaten verschiedener taxonomischer Gruppen, wie *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax sp.*

Aus praktischen Erwägungen, die mit der Größe der Organismen und dadurch mit der Probennahme und Auswertung der Proben zusammenhängen, werden die folgenden zwei Größenklassen unterschieden:

Nanoplankton	2,0 bis 20 µm
Mikroplankton	20 bis 200 µm

Im Mikroplankton werden u.a. auch hetero- und mixotrophe Gruppen wie Ciliaten oder Wimperntierchen (*Ciliata*) berücksichtigt. Ein typisches Beispiel aus dem Bereich des Mikroplankton ist das autotrophe Wimperntierchen *Myrionecta rubrum* (syn. *Mesodinium rubrum*), das in der westlichen Ostsee neben Mikroalgen vorkommt und in den Auswertungen

mitberücksichtigt wird. Der Begriff Phytoplankton beinhaltet im wesentlichen das Mikroplankton. Lebewesen in einem Größenbereich 0,2 bis 2,0  $\mu\text{m}$  werden als Picoplankton bezeichnet, der Größenbereich 0,02 bis 0,2  $\mu\text{m}$  als Femtoplankton. Organismen größer als 200  $\mu\text{m}$  bis 20 mm bilden die Gruppe des Mesoplanktons. Aufgrund des erheblichen technisch-methodischen Aufwandes bei der Probennahme und der Auswertung werden die Gruppen des Femto-, Pico- und Nanoplanktons in der Regel selten untersucht.

### 2.3.1.2 Stellung des Phytoplanktons im marinen Ökosystem

Das Phytoplankton bildet die unterste lebendige Komponente der marinen Nahrungsketten. Die Phytoplankton-Biomasse wird am einfachsten durch den Gehalt an Chlorophyll<sub>a</sub> im Wassers wiedergegeben. Anhand der Chlorophyll<sub>a</sub>-Konzentration im Meerwasser lässt sich die Menge des Phytoplanktons gut abschätzen. Das Maß für die Produktivität eines Wasserkörpers ist der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff, bezogen auf eine Zeiteinheit (Primärproduktivität eines Gewässers). Die Primärproduktion gibt somit Auskunft über den Nährwert der betrachteten Wassermasse für das Ökosystem. Im Zeitraum 1993 bis 1997 variierte die mittlere Primärproduktion in der Arkonasee zwischen 37 mg C\*m<sup>-2</sup>\* Tag in den Monaten von Januar bis Februar und 941 mg C\*m<sup>-2</sup>\* Tag in den Monaten Juni bis September (WASMUND et al., 2000).

Das Phytoplankton dient den Organismen, die sich auf das Filtrieren des Wassers zur Nahrungsaufnahme spezialisiert haben, als Nahrungsgrundlage. Zu den wichtigsten Primärkonsumenten des Phytoplanktons zählen zooplanktonische Organismen wie Ruderfußkrebse (*Copepoda*) und Wasserflöhe (*Cladocera*). Zu den obersten Komponenten der marinen Nahrungsketten zählen Wasser- und Seevögel, marine Säugetiere und der Mensch. In den Nahrungsketten bedingen sich Produzenten und Konsumenten nicht nur, sondern sie beeinflussen sich auch gegenseitig auf vielfältige Art und Weise. Eine Erschöpfung des Produzenten führt z. B. zu einem Niedergang des Konsumenten. Abgestorbene Biomasse geht in die mikrobielle Abbaukette ein, die wieder Nährstoffe für die planktonische Primärproduktion erzeugt.

### 2.3.1.3 Datenlage und Überwachungsprogramme

Für Plankton existieren nur wenige Überwachungsprogramme. Bisherige Erkenntnisse zur räumlichen und zeitlichen Variabilität des Phytoplanktons stammen aus Forschungsprogrammen, aus einigen wenigen Langzeituntersuchungen und aus der Ökosystem-Modellierung. Die Fernerkundung hat in den letzten Jahren ebenfalls wesentlich zur Verbesserung der Datenlage beigetragen.

In der Ostsee finden seit 1979 regelmäßig Untersuchungen des Phytoplanktons im Rahmen des Helsinki-Übereinkommens (HELCOM) statt. Aktuell werden Untersuchungen des Phytoplanktons in einem großräumigen Stationsnetz in der Ostsee im Rahmen des Ostsee-Überwachungsprogramms COMBINE der HELCOM durchgeführt. Zudem werden die Küstengewässer im Rahmen des Bund/Länder Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) auf Phytoplankton beprobt. In der westlichen Ostsee untersuchen das IOW, das LANU-SH und das LUNG-MV im Rahmen von COMBINE und BLMP Phytoplanktonproben von Stationen in den Küstengewässern und in der deutschen AWZ. Das IOW nimmt jährlich bei insgesamt fünf Schiffsfahrten jeweils zweimal Proben (Hin- und Rückfahrt) pro einzelne Station mit je zwei Parallelproben. Die deutsche AWZ in der Ostsee wird durch die folgenden fünf Stationen abgedeckt: Station 012 in der Mecklenburger Bucht, Station 046 an der Darßer Schwelle, die Küstenmeerstation 030 (direkt an der Grenze der AWZ in der östlichen Arkona-See), Station 113 in der zentralen Arkona-See und schließlich die Küstenmeerstation OB an der Oderbank (an der Grenze zur AWZ). Die Überwachungsfahrten finden im Februar, März, April/Mai, Juli und Oktober/November statt. Damit liegen jährlich zehn Phytoplanktonproben pro Station vor. Dauerbeprobungen des Phytoplanktons, wie an der Station Helgoland

Reede in der Nordsee, gibt es nicht. Durch das Fehlen von kontinuierlichen Beprobungen ist das Bild des Vorkommens der Planktongemeinschaften lückenhaft. Insbesondere Langzeitveränderungen des Phytoplanktons und deren Ursachen lassen sich dadurch nicht genau verfolgen.

### 2.3.1.4 Natürliche Sukzession

Die Besonderheit der Ostsee als halbgeschlossenes Nebenmeer führt auch zu besonderen ökologischen Eigenschaften und prägt das Vorkommen der biologischen Lebensgemeinschaften. Insgesamt ist die Ostsee durch eine eingeschränkte Artenvielfalt (Biodiversität) charakterisiert. Das Brackwasser der Ostsee hat einen abnehmenden Salzgehalt von 20 PSU im westlichen bis zu 1 PSU im östlichen Bereich. Die Flusseinträge erreichen jährlich fast 2% des gesamten Volumens. Die Wassermassen der Ostsee weisen zudem eine sehr starke Schichtung auf. Das Artenspektrum besteht dadurch sowohl aus marinen Arten als auch aus Süßwasserarten. Die besonderen Bedingungen der Ostsee führen ferner dazu, dass die marine Nahrungsketten der Ostsee sehr empfindlich auf Veränderungen reagiert. Gefährdungen für das Gleichgewicht des marinen Ökosystems der Ostsee können in relativ kurzen Zeiträumen entstehen. Natürliche und anthropogene Einflüsse können, je nach Wirkungspotenzial, zeitweilige oder sogar langanhaltende Veränderungen des Ökosystems hervorrufen.

Das Vorkommen des Phytoplanktons hängt in erster Linie von den physikalischen Prozessen im Pelagial (Wassersäule) ab. Hydrographische Bedingungen, insbesondere Temperatur, Salzgehalt, Licht, Strömung, Wind, Trübung, Topographie und Austauschprozesse beeinflussen das Vorkommen und die Artenvielfalt des Phytoplanktons. Die direkte Abhängigkeit des Phytoplanktons von Licht für die Photosynthese schränkt sein Vorkommen im Bereich der euphotischen Zone des Pelagials ein. Die Tiefe der euphotischen Zone hängt von der Klarheit bzw. Trübung der Gewässer ab. Die Trübung der Ostsee variiert sehr stark zwischen den verschiedenen Regionen. Durchschnittlich betrug die mittels Secchi-Scheibe ermittelte Sichttiefe in der ersten Hälfte des 20sten Jahrhunderts 10 m und gebietsweise sogar mehr als 10 m (HELCOM, Indicators, 2004). Die Trübung hat allerdings in den letzten 25 Jahren in vielen Regionen der Ostsee dramatisch zugenommen. In den 90er Jahren wurde eine Reduzierung der Secchi-Tiefe bzw. der Klarheit sogar im Kattegat und in der Westlichen Ostsee beobachtet. Die Erhöhung der Trübung hat das Wachstum der Blaualgen begünstigt und führt im Sommer oft zu exzessiven Blaualgenblüten.

Neben den physikalischen Prozessen bestimmt die Konzentration der im Wasser gelösten Nährstoffe die Abundanz und Biomasseentwicklung des Phytoplanktons. Das Wachstum des Phytoplanktons wird zudem durch biologische Prozesse innerhalb der Nahrungsketten, wie Konsum durch herbivores Zooplankton und mikrobiologische Kreislaufprozesse, reguliert. Ein zusätzlicher Einfluss auf die Verbreitung und die Abundanz des Planktons entsteht durch verschiedene natürliche, aber auch anthropogen verursachte Faktoren. So ist im Bereich der Nord- und Ostsee u.a. die Nordost-Atlantische Oszillation (NAO) maßgeblich für die natürliche Sukzession des Planktons. Auch Flusseinträge beeinflussen die Entwicklung des Planktons - sowohl durch Süßwasser-Abflussmengen als auch durch Nähr- und Schadstofffrachten. Die mit dem Wachstum des Phytoplanktons zusammenhängende Dynamik der Nährstoffverteilung in der Westlichen Ostsee und Aspekte der Eutrophierung werden in den Abschnitten 2.2.8.1 und 2.2.9.1 behandelt.

Einige Planktonarten bzw. Entwicklungs- oder Ruhestadien nutzen zwar auch das Sediment als Lebensraum. Die Wassermassen bilden jedoch das eigentliche Habitat des Planktons. Eine Abgrenzung von Habitattypen ist daher für das Plankton, anders als z. B. für das Benthos, nur sehr eingeschränkt möglich. Für Assoziationen von Planktonarten sind vielmehr die hydrographischen Eigenschaften von Wassermassen entscheidend.

Das saisonale Phytoplanktonwachstum weist in der Ostsee feste Auftretensmuster auf. Salzgehalt, Wassertiefe und Verweildauer des Wassers bestimmen in der Ostsee das Vorkommen und die Entwicklung des Phytoplanktons weitgehend (THAMM et al., 2004). Im Frühjahr erwärmen sich flache Küstengewässer schneller und begünstigen das Wachstum des Phytoplanktons. Dies trifft auch für die südwestlichen Bereiche der Ostsee zu. Zudem begünstigen Nährstoffeinträge über die Flüsse das Wachstum.

Die Frühjahrsblüte wird gewöhnlich von Diatomeenarten dominiert. Ausgelöst werden Frühjahrsalgenblüten durch Anreicherung von Nährstoffen in den vorangegangenen Wintermonaten, die Zunahme der Lichtintensität und eine damit einhergehende Erwärmung des Wassers. Von Jahr zu Jahr sorgen unterschiedliche Diatomeenarten für die Frühjahrsalgenblüte. In der Westlichen Ostsee tritt die Frühjahrsblüte gewöhnlich in März auf und zwar erst im Küstenmeerbereich. In den folgenden Wochen entwickeln sich Algenblüten dann auch in Richtung Arkonasee. Diatomeenarten wie *Thalassiosira levanderi*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira baltica*, *Dictyocha speculum* und *Chaetoceros* sp. bilden abwechselnd die Frühjahrsblüte. In weiter östlich gelegenen Gebieten der Ostsee dominiert oft das Wimperntierchen *Mesodinium rubrum*. Im Mai gehen die Diatomeenblüten meistens abrupt zu Ende. Dinoflagellaten nehmen gleichzeitig zu. Insbesondere werden dann Dinoflagellaten in hohen Konzentrationen auch in tieferen Bereichen (15 m) angetroffen. Wahrscheinlich nutzen Flagellaten Nährstoffe aus tieferen Wasserschichten oder auch geringe Konzentrationen regenerierter Nährstoffe. *Gymnodinium* sp. und *Peridiniella* sp. gehören zu den am häufigsten auftretenden Taxa der Dinoflagellaten (WASMUND et al., 2005).

In den Sommermonaten Juli und August treten Blaualgen in hohen Konzentrationen auf und verursachen oft ausgedehnte Blüten von *Nodularia spumigena*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Anabaena* sp. und *Aphanizomenon* sp.. Die Arten *Nodularia spumigena* und *Aphanizomenon* sp. weisen fast identische ökologische Anforderungen auf und werden als eine einheitliche funktionelle Gruppe betrachtet. Eine gemeinsame Auswertung von Daten zur Verbreitung der Blüten und der physikalischen Daten (Temperatur, Salzgehalt, Wetter) hat signifikante Korrelationen ergeben: Salzgehaltswerte zwischen 3,8 und 11,5 PSU begünstigen die Entwicklung der Blüten. Zudem werden Blaualgenblüten durch Temperaturen um 16°C, eine Strahlung von mehr als 120 W/m<sup>2</sup> (Tagesmittelwerte) und Windgeschwindigkeiten geringer als 6 m/s begünstigt. Die Entwicklung der Blaualgenblüten geht mit Verschlechterung der Wetterlage (geringe Sonneneinstrahlung oder starke Winde) zu Ende (WASMUND, 1997).

Im Herbst entwickeln sich wieder Diatomeenblüten, allerdings sind diese im Vergleich zu den Frühjahrsblüten sehr schwach. Arten wie *Coscinodiscus granii* und *Cerataulina pelagica* bilden oft die Diatomeenblüten in den Herbstmonaten (WASMUND et al., 2005).

### 2.3.1.5 Aktuelle Daten zum Phytoplankton der Westlichen Ostsee

Die Eutrophierung stellt für das marine Ökosystem der Ostsee eine große Gefährdung dar. Die Konzentration des Chlorophylls<sub>a</sub> im Wasser, als Maß für die Biomasse des Phytoplanktons, gibt Auskunft über den Grad der Eutrophierung. In der Arkonasee weist die Konzentration des Chlorophylls<sub>a</sub> im Wasser weit niedrigere Werte als in der Finnischen Bucht oder in der nördlichen Ostsee auf (HELCOM, 2004). In der Abbildung 40 ist die intraannuelle Variabilität der Konzentration an Chlorophyll<sub>a</sub> (in mg\*m<sup>-3</sup>) im Wasser des Arkona-Beckens dargestellt.

Wie der Abbildung 40 zu entnehmen ist, trat die Frühjahrsblüte 2004 in der Arkonasee im März auf. Die Diatomeenarten *Skeletonema costatum* und *Melosira arctica* haben in 2004 maßgeblich zur Bildung der Algenblüte beigetragen.

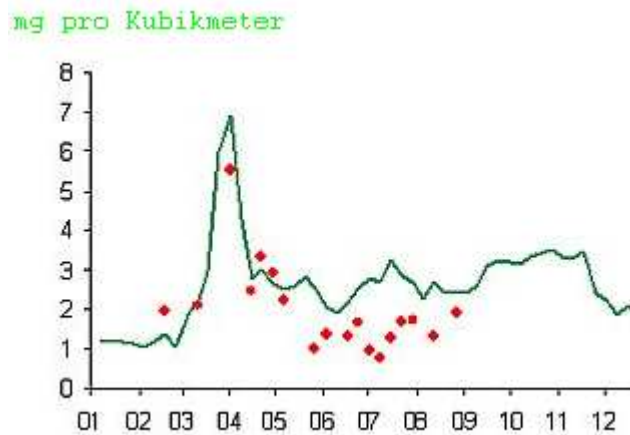


Abbildung 40: Intraannuelle Variabilität der Konzentration des Chlorophylls<sub>a</sub> im Wasser ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) im Arkona-Becken. Die durchgezogene Linie stellt Mittelwerte für die Jahre 1992-2003 dar. Werte aus dem Jahr 2004 werden durch Punkte dargestellt (HELCOM Indicators, 2004)

### 2.3.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Phytoplankton

Die Einschätzung der Entwicklung von ökologischen Abläufen im Meer setzt Kenntnisse über natürliche Prozesse der hohen Variabilität der Meeresumwelt voraus (OTTO et al., 1990; KRAUSE et al., 1986). Genauer Kenntnisse der natürlichen Prozesse sind zudem die wichtigste Voraussetzung, um anthropogene Einwirkungen auf die marine Umwelt erkennen bzw. abgrenzen zu können.

Die Einschätzung des Zustands und der Entwicklung des Phytoplanktons gestaltet sich extrem schwierig, da es eine Vielfalt von regional und überregional wirkenden Faktoren gibt, die auf die Entwicklung und Verbreitung des Phytoplanktons Einfluss nehmen können. Zum einen fehlen konsequent durchgeführte Überwachungsprogramme und Langzeitreihen, um natürliche Prozesse und anthropogen verursachte Änderungen der Entwicklung beim Phytoplankton identifizieren bzw. differenzieren zu können. Zum anderen ist der Einfluss der physikalischen Prozesse bzw. der Hydrodynamik auf das Phytoplankton sehr prägnant: So ist es z. B. nur eingeschränkt möglich, anhand von Phytoplanktondaten zwischen Auswirkungen der Eutrophierung und natürlichen Prozessen zu unterscheiden (ICES, 2004). Veränderungen im Phytoplankton, ob Artenspektrum, Abundanz oder Biomasse, lassen sich zwar feststellen. Es bleibt jedoch unklar, zu welchem Anteil die Eutrophierung, die Klimaveränderung oder einfach nur die natürliche Variabilität zu den Veränderungen im Phytoplankton beiträgt (EDWARDS und RICHARDSON, 2004). Die Variabilität der hydrographischen Parameter steuert und schränkt ggf. das biologische Geschehen ein. Es gibt allerdings ausgeprägte saisonale Effekte der Nährstoffkonzentrationen bzw. der darauffolgenden Reaktionen des Phytoplanktons auf das Nährstoffangebot. Die Nährstoffzufuhr ist gerade in den Sommermonaten viel entscheidender für das Phytoplanktonwachstum als die Anreicherung von Nährstoffen im Winter, die eigentlich nur das Frühjahrswachstum anregen kann. Die räumliche Variabilität bei der Aufnahme und Verwertung von Nährstoffen zwischen dem Phytoplankton in Küstengewässern und dem Phytoplankton im Offshore-Bereich erschwert z. B. die Evaluierung von Eutrophierungseffekten auf die Planktonentwicklung zusätzlich (PAINTINGS et al., 2004). Erkenntnisse aus großräumigen Untersuchungen bzw. Forschungsprojekten (HELCOM, IOW) haben die hohe Variabilität des Phytoplanktonvorkommens in der Ostsee dokumentiert.

Im Rahmen der Entwicklung von Bewertungskriterien zur Einstufung der Eutrophierung in der Ostsee (HELCOM, 2006) wird der optimale Zustand des Küstenökosystems der südwestlichen Ostsee wie folgt beschrieben: Kurze pelagische Nahrungsketten (Phytoplankton, Zooplankton, Fische), ein natürliches Artenspektrum bei Plankton und Benthos und eine natürliche Verbreitung der Unterwasservegetation. Eine übermäßige Zufuhr von Nährstoffen verursacht al-

lerdings Veränderungen der Struktur und Funktionalität des Ökosystems. Bei Phytoplankton werden hinsichtlich der Eutrophierung folgende direkte Auswirkungen beschrieben (HELCOM, 2006):

- Steigerung der Primärproduktion und Biomasse
- Veränderung des Artenspektrums
- Häufung des Auftretens von Algenblüten
- Zunahme der Trübung und Reduzierung der Lichteindringtiefe im Wasser
- Steigerung der Sedimentation von organischem Material.

Das IOW stellt jährlich umfangreiche Listen der Diatomeen und Dinoflagellaten für die Ostsee zusammen. Seit Jahren wird dabei beobachtet, wie die Anzahl Diatomeen in der Frühjahrsblüte zu Gunsten der Dinoflagellaten abnimmt (WASMUND et al., 2000). ALHEIT et al. (2005) haben die vorhandenen Langzeitdaten der Helgoland Reede und der Ostsee-Station „K2 Bornholm“ auf Veränderungen hin analysiert. Es wurde dabei festgestellt, dass die Ökosysteme der Nord- und Ostsee ab 1987 zeitgleich einsetzende Veränderungen mit unterschiedlichen Konsequenzen für die marine Nahrungsketten erfahren haben. Dies ist umso bedeutender, wenn man die völlig verschiedenen hydrographischen Bedingungen von Nord- und Ostsee berücksichtigt. Die Autoren stellten zudem fest, dass die Veränderungen alle Ebenen der Nahrungsketten betreffen, beginnend mit dem Phytoplankton bis zu den oberen Sekundärkonsumenten. Für beide Ökosysteme korrelierten die Veränderungen mit der Veränderung der NAO.

Klimaveränderungen und die Konsequenzen auf das marine Ökosystem beschäftigen die Wissenschaftler in den letzten Jahren immer intensiver. BEAUGRAND (2004) analysierte und fasste bisherige Erkenntnisse über Phänologie, Ursachen bzw. Mechanismen und Konsequenzen der Veränderungen im marinen Ökosystem des Nordostatlantiks und der Nordsee zusammen. Unter Berücksichtigung der Daten aus dem Zeitraum 1960 bis 1999 haben die statistischen Auswertungen zudem eine eindeutige Veränderung bzw. Zunahme der Phytoplanktonbiomasse nach 1985 ergeben. Die Zunahme der Phytoplanktonbiomasse war 1988 besonders stark ausgeprägt. Zeitlich korreliert die Biomassenzunahme mit den stark ausgeprägten klimatischen und hydrographischen Veränderungen der Jahre 1987 bis 1988 (BEAUGRAND, 2004). BEAUGRAND (2004) vermutet, dass Veränderungen des marinen Ökosystems durch die folgenden drei Faktorenkomplexe erfolgen könnte:

- Veränderung der hydrographischen und meteorologischen Bedingungen der Nordsee, insbesondere nach 1987, stark korreliert mit der NAO-Entwicklung
- Verschiebung von biogeographischen Grenzen bereits seit Anfang der 80er Jahre, aufgrund von Reorganisation der biologischen Struktur des Ökosystems im Nordostatlantik
- Zunahme des ozeanischen Zustroms in der Nordsee nach 1987, ebenfalls mit der NAO-Entwicklung korreliert

Das Phytoplankton kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Da Planktonwachstum auf Licht angewiesen ist, führt z.B. eine starke Trübung zu nachteiligen Veränderungen in den Wachstumsbedingungen, in der Sukzession und im Räuber-Beuteverhältnis. Dieses hat Konsequenzen für die gesamten Nahrungsketten.

Veränderungen im jahreszeitlichen Verlauf des Wachstums im Phytoplankton können zum trophischen Mismatch (zeitlich versetztes Auftreten von Gruppen, die in ihrer Nahrungsgrundlage von einander abhängig sind) innerhalb der marinen Nahrungsketten führen: Verzögerung des Diatomeenwachstums kann das Wachstum der Primärkonsumenten beeinträchtigen. Kleine Ruderfußkrebse können durch Fehlen von Diatomeen während der Wachstumsphase, Nahrungsmangel erleiden. Ruderfußkrebse sind wiederum wichtiger Bestandteil der Nahrung von Fischlarven. Fischlarven würden durch vermindertes Wachstum der Ruderfußkrebse verhungern. Trophischer Mismatch ist in den letzten Jahren oft in verschiedenen Bereichen beobachtet worden.

Die Planktonorganismen reagieren auf widrige Situationen durch artenspezifische Schutz- und Abwehrmechanismen. Zu den bekanntesten dieser für das Überleben wichtigen Mechanismen gehören Diapause und Sporenbildung (PANOV, 2004). Diatomeen und Dinoflagellaten sind in der Lage, Ruhecysten zu entwickeln, die dann im Sediment überwintern oder auf wachstums-günstige Bedingungen warten.

### 2.3.2.1 Einführung von nicht einheimischen Arten

Phytoplankton wird mit den Wassermassen durch Strömung transportiert und verbreitet. So strömen mit den Wassermassen auch Phytoplanktonarten aus dem Atlantik in die Nordsee und weiter in die Ostsee herein und wirken sich auf die natürliche Sukzession aus (REID et al., 1990). Zunehmend wirken sich auch nicht einheimische Arten, die meistens durch Schifffahrt oder Marikultur eingeschleppt wurden, auf die Sukzession aus. In der Ostsee sind drei nicht einheimische Phytoplanktonarten in Proben nachgewiesen worden: *Coscinodiscus wailesii*, *Odontella sinensis* und *Thalassiosira punctigera*. Die Aquakultur (z. B. durch die Umsetzung von Muschelsaat aus anderen Muschelgebieten) scheint nach dem Ballastwasser der Schiffe der zweitwichtigste Faktor zu sein, der zur Einführung von nicht einheimischen Arten beiträgt.

Auswirkungen der nicht einheimischen Phytoplanktonarten auf die Artenzusammensetzung von einheimischen Arten durch Verdrängung, Veränderungen der Biomasse und Primärproduktion können nicht ausgeschlossen werden. Indirekte Auswirkungen der nicht einheimischen Arten auf das Zooplankton (grazers), den direkten Konsumenten, und in Folge auf die gesamten marine Nahrungsketten, können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Insgesamt ist von einer Gefährdung der natürlichen Prozesse im Plankton durch die Einführung von nicht einheimischen Arten auszugehen.

### 2.3.2.2 Auswirkungen der Veränderungen im Phytoplankton

Unter bestimmten Bedingungen können vom Phytoplankton Gefährdungen auf die marine Umwelt ausgehen. So treten gelegentlich nicht prognostizierbare außergewöhnliche Algenblüten auf, die gefährliche Algtoxine enthalten können (z. B. Blaualgenblüten). In der Ostsee sind in den letzten Jahren regelmäßig toxische und potenziell toxische Arten, gelegentlich auch in hoher Abundanz, festgestellt worden.

Insbesondere stellen toxische Algenblüten eine große Gefahr für die Sekundärkonsumenten des marinen Ökosystems und für die Menschen dar. Die extreme Vermehrung bzw. Algenblüte der toxischen Art *Chrysochromulina polylepis* von Mai bis Juni 1988 führte entlang der norwegischen Küste im Skagerrak zum Massensterben von Fischen und Bodentieren (GJOSAETER et al., 2000). Vermeidungsreaktionen auf toxische Algenblüten im Küstenmeer sind bei Seevögeln dokumentiert worden (KVITEK und BRETZ, 2005). Die Autoren stellten fest, dass Austernfischer ihr Nahrungsspektrum in Küstenbereichen mit erhöhten Werten an PSP-Toxinen (Paralytic Shellfish Poisoning), produziert von toxischen Algenblüten, umstellten. Die Küstenvögel vermieden dadurch Nahrungsorganismen wie Muscheln und Krabben, die PSP-Toxine hoch anreichern können. Ähnliche Meidereaktionen sind bei fischfressenden Hochseevögeln seltener, so dass diese häufig Opfer von in Fisch angereicherten Algtoxinen werden (SCHUMWAY et al., 2003). In der Marikultur führen toxische Algenblüten auch zu hohen finanziellen Schäden.



### 2.3.2.3 Schlussfolgerungen

Aus den hier dargestellten Erkenntnissen zum Vorkommen und Zustand des Phytoplanktons wird deutlich, dass sich nur sehr eingeschränkt Schlussfolgerungen über den Zustand in der deutschen AWZ ziehen lassen. Einerseits weil zu wenig Langzeituntersuchungen (Forschung und Monitoring) in diesem Gebiet durchgeführt worden sind. Andererseits weil die Naturverhältnisse von den unterschiedlichsten natürlichen und anthropogenen Faktoren beeinflusst werden. Bisherige Erkenntnisse über das Phytoplankton in der Ostsee lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Veränderungen sind im gesamten Ökosystem der Ostsee zu verzeichnen:

- ab Anfang der 80er Jahre langsame Veränderungen
- 1987/88 sprunghafte Veränderung.

Die Veränderungen des Phytoplanktons betreffen:

- Zunahme von Dinoflagellaten
- Abnahme der Diatomeen
- Zunahme der Phytoplanktonbiomasse
- Auftreten toxischer Algenblüte aperiodisch und nicht vorhersagbar
- Einführung nicht-einheimischer Arten
- Häufung des Auftretens von Algenblüten.

## 2.4 Zooplankton

In den marinen Nahrungsketten nimmt Zooplankton eine zentrale Rolle ein. Zum einen als Primärkonsument von Phytoplankton, zum anderen als Nahrungsgrundlage für Sekundärkonsumenten wie Fische, marine Säugetiere und Vögel. Das Zooplankton beinhaltet alle in der Wassersäule treibenden bzw. wandernden Meerestierchen. Dem Zooplankton werden auch im Wasser treibende Entwicklungsstadien des Lebenszyklus von Tieren zugeordnet, wie z. B. Eier und Larven, die im Adultenstadium dem Plankton, aber auch dem Benthos oder den Fischen angehören.

### 2.4.1 Räumliche und zeitliche Variabilität

Das Zooplankton wird aufgrund der Lebensstrategien der Organismen in zwei große Gruppen unterteilt:

- **Holozooplankton:** Der gesamte Lebenszyklus der Organismen, von Eiern über Larven und Juvenile, einschließlich Adulte, verläuft ausschließlich in der Wassersäule. Zum Holoplankton gehört u.a. die artenreiche Gruppe der Ruderfußkrebse (*Copepoda*).
- **Merozooplankton:** Nur bestimmte Stadien des Lebenszyklus der Organismen, meistens die Frühlebensstadien wie Eier und Larven, sind planktonisch. Die adulten Individuen wechseln dann zu benthischen Habitaten über oder schließen sich dem Nekton an. Dem Merozooplankton gehören u. a. Frühlebensstadien von Borstenwürmern, Muscheln, Schnecken, Krebsen und Fischen an.

Zu den bekanntesten für die Ostsee wichtigen *holoplanktischen* Gruppen zählen:

- Crustacea (Krustentiere, Krebse):
- Copepoda (Ruderfußkrebse): Zu den kleinen Copepoden, die auch in der deutschen AWZ vorkommen, gehören u.a. *Acartia tonsa*, *Oithona similis*, *Limnocalanus macrurus*

- Cladocera (Wasserflöhe): Zu den Wasserflöhen, die häufig in der Ostsee vorkommen gehören *Evadne nordmanni*, *Bosmina* spp. und *Podon* spp.

Einige planktonische Gruppen bilden, aufgrund des durchsichtigen Erscheinungsbildes, das sogenannte gelatinöse Zooplankton:

- *Chaetognatha* (Pfeilwürmer): *Sagitta* Arten treten in der Ostsee insbesondere in Folge von Salzwassereinströmungen auf.
- *Ctenophora* (Rippenquallen): *Pleurobrachia pileus* kommt in der Ostsee als Primärkonsument von Ruderfußkrebse und gleichzeitig Nahrungsgrundlage für Fischlarven vor. In den letzten Jahren tritt zudem die nicht einheimische Art *Mnemiopsis leydei* auf.
- *Appendicularia* (Manteltiere): *Oikopleura dioica* ist wichtiger Vertreter dieser Gruppe in der Ostsee. Gelegentlich tritt auch *Fritillaria borealis* auf.

Zu den bekanntesten *meroplanktischen* Gruppen, die funktionell bedeutsam sind, zählen:

- Crustacea (Krebstiere): Die im Meroplankton beitragende Crustaceengruppen sind: Decapoda (Zehnfüßkrebse), *Isopoda* (Meeresasseln), *Amphipoda* (Flohkrebse), Mysidacea (Schwebegarnelen), *Cumacea* (kleine Cumaceen-Krebse), *Cirripedia* (Rankenfüßer, Seepocken)
- Mollusca (Weichtiere): *Bivalvia* (Muscheln), *Gastropoda* (Schnecken)
- Echinodermata (Stachelhäuter)
- Bryozoa (Moostierchen)
- Polychaeta (Borstenwürmer, Vielborster)
- Phoronida (Hufeisenwürmer)
- Nemertina (Schnurwürmer)
- Anthozoa (Blumentiere)
- Hydrozoa (Polypentiere)
- Pisces (Fische): Pelagische Fischeier und Fischlarven kommen zahlreich im Meroplankton während der Reproduktionszeit vor.

Aus praktischen Gründen, die mit der Größe der Organismen und dadurch mit der Probenentnahme und Auswertung der Proben zusammenhängen, wird das Zooplankton üblicherweise in folgende drei Gruppen eingeteilt:

Mikrozooplankton	2 bis 200 µm,	Probenentnahme gemeinsam mit Phytoplankton
Mesozooplankton	0,2 bis 20 mm,	Probenentnahme mit Netz-Maschenweite 150 µm
Makrozooplankton	2-20 cm,	Probenentnahme mit Netz-Maschenweite 500 µm

Im Folgenden wird unter dem Begriff Zooplankton das Meso- und Makrozooplankton behandelt.

#### 2.4.1.1 Stellung des Zooplanktons im marinen Ökosystem

Das Zooplankton hat einerseits im marinen Ökosystem eine zentrale Rolle als Primärkonsument von Phytoplankton und andererseits als unterster Sekundärproduzent innerhalb der marinen Nahrungsketten. Zooplankton dient den Sekundärkonsumenten der marinen Nahrungsketten (karnivore Zooplanktonarten, Fische, marine Säugetiere und Seevögel) als Nahrungsgrundlage.

Hinsichtlich seiner Nahrungspräferenz wird das Zooplankton in die folgenden vier funktionellen Hauptgruppen unterteilt:

- Herbivore: Primärkonsumenten, wie kleinwüchsige Ruderfußkrebse, ernähren sich von Phytoplankton-Organismen

- Karnivore: untere Sekundärkonsumenten; überwiegend großwüchsige Arten des Holo- und Meroplanktons, die sich von kleineren Zooplankton-Organismen ernähren
- Detritivore: ernähren sich von abgestorbenem organischen Material
- Omnivore: Arten aus verschiedenen taxonomischen Gruppen, die sich sowohl herbi- als auch karni- und detritivor ernähren können.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Zooplankton als Primärkonsumenten (Grazer) des Phytoplanktons zu. Wegfrass oder Grazing können die Algenblüte aufhalten und durch den Konsum der Zellen die Abbauprozesse des mikrobiellen Kreislaufs regulieren. Die Sukzession des Zooplanktons ist für Sekundärkonsumenten der marinen Nahrungsketten von kritischer Bedeutung. Räuber-Beute-Verhältnisse bzw. trophische Beziehungen zwischen Gruppen oder Arten regulieren das Gleichgewicht des marinen Ökosystems. Zeitlich oder räumlich versetztes Auftreten der Sukzession und Abundanz der Arten führt zur Unterbrechung der Nahrungsketten. Insbesondere zeitlicher Versatz, sogenannter trophischer Mismatch, hat zur Folge, dass es bei verschiedenen Entwicklungsstadien von Organismen zu Nahrungsempfängen mit Auswirkungen auf die Populationsebene kommt.

Trophische Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen Phyto- und Zooplankton, wie auch zu den anderen Komponenten der Nahrungsketten, werden über Steuerungsmechanismen reguliert. Solche Mechanismen wirken entweder vom unteren Bereich der Nahrungsketten nach oben („bottom-up“) - über die Primärproduzenten durch Steigerung oder Verminderung der Produktivität der Phytoplanktonorganismen. Oder sie wirken vom oberen Bereich nach unten („top-down“) - über die Primär- und Sekundärkonsumenten durch Grazing oder Wegfraß von Nahrungsorganismen aus niedrigeren Nahrungsebenen.

#### **2.4.1.2 Datenlage und Überwachungsprogramme**

Für Plankton existieren nur wenige Überwachungsprogramme. Bisherige Erkenntnisse zur räumlichen und zeitlichen Variabilität des Zooplanktons stammen aus Forschungsprogrammen, aus einigen wenigen Langzeituntersuchungen und aus der Ökosystem-Modellierung.

In der Ostsee finden seit 1979 regelmäßig Untersuchungen des Zooplanktons im Rahmen des Helsinki-Übereinkommens (HELCOM) statt. Aktuell werden Untersuchungen des Zooplanktons in einem großräumigen Stationsnetz im Rahmen des Ostsee-Überwachungsprogramms COMBINE der HELCOM durchgeführt. Zudem werden die Küstengewässer im Rahmen des Bund/Länder Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) auf Zooplankton beprobt. In der westlichen Ostsee untersuchen das IOW, das LANU-SH und das LUNG-MV im Rahmen von COMBINE und BLMP Zooplanktonproben aus Stationen in den Küstengewässern und in der deutschen AWZ. Das IOW nimmt jährlich bei insgesamt fünf Schiffsfahrten jeweils zweimal Proben (Hin- und Rückfahrt) pro einzelner Station mit je zwei Parallelproben. Die deutsche AWZ der Ostsee wird dabei durch die folgenden fünf Stationen abgedeckt: Station 012 in der Mecklenburger Bucht, Station 046 in der Darßer Schwellen, die Küstenmeerstation 030 (direkt an der Grenze der AWZ in der östlichen Arkona-See), Station 113 in der zentralen Arkona-See und schließlich die Küstenmeerstation OB in der Oderbank (an der Grenze zur AWZ). Die Schiffsfahrten finden im Februar, März, April/Mai, Juli und Oktober/November statt. Damit liegen jährlich zehn Zooplanktonproben pro Station vor. Dauerbeprobungen des Zooplanktons, wie an der Station Helgoland Reede in der Nordsee, gibt es nicht. Durch das Fehlen von kontinuierlichen Beprobungen ist das Bild des Vorkommens der Planktongemeinschaften lückenhaft. Insbesondere Langzeitveränderungen des Zooplanktons und deren Ursachen lassen sich dadurch nicht genau verfolgen.

### 2.4.1.3 Lebenszyklus, Larvenstadien und Metamorphose des Zooplanktons

Die marinen wirbellosen Tiere verfügen, wie bereits oben erwähnt, über diverse Entwicklungsstadien, die im Plankton vorkommen (z. B. Larven). Die hohe morphologische und physiologische Diversität der Larvenstadien der marinen wirbellosen Tiere beruht nicht nur auf den verschiedenen taxonomischen bzw. phylogenetischen Eigenschaften der Gruppen, sondern auch auf deren besonderen Anpassungsstrategien in der marinen Umwelt (HATFIELD et al., 2001).

Innerhalb der verschiedenen taxonomischen Gruppen variieren sowohl die Anzahl der Stadien und deren morphologische und physiologische Eigenschaften als auch die Dauer der Entwicklung bis zur Metamorphose. So beträgt z. B. unter normalen Bedingungen die Dauer der Metamorphose bei dem Borstenwurm *Hydroides elegans* nur 12 bis 16 Stunden, bei einigen Stachelhäutern dagegen 1 bis 7 Tage (HATFIELD ET AL., 2001). Nach Strathman (1978), zitiert in Scheltema (1986), dauert die Larvalphase bis zur Ansiedlung bei 12 Arten von Stachelhäutern sogar zwischen sechs und acht Wochen. Im Allgemeinen verläuft die Metamorphose der marinen Wirbellosen jedoch in sehr kurzen Zeiträumen. Dies erfolgt aufgrund einer Reihe von besonderen Anpassungen der Arten. Eine lebenswichtige Eigenschaft der Larvenstadien, insbesondere unter ungünstigen Bedingungen, ist die Larvenkompetenz bzw. die Fähigkeit des Erhalts der funktionellen Einleitung der Metamorphose bis günstige Ansiedlungsbedingungen erreicht worden sind. Auch die Dauer des Erhalts dieser Fähigkeit ist artspezifisch sehr variabel. So kann die Larvenkompetenz im Fall des Borstenwurms *Hydroides elegans* mehr als drei Wochen erhalten bleiben, beim Seestern *Mediaster aequalis* kann sie sich sogar bis auf fast 14 Monate ausdehnen (HATFIELD et al., 2001).

### 2.4.1.4 Verbreitung von Larven und Transportmechanismen

Die Verbreitung von Larven bestimmt größtenteils das Vorkommen und die Populationsentwicklung von nektonischen wie auch benthischen Arten. Die Verbreitung von Larven wird sowohl durch die Bewegungen der Wassermassen selbst, als auch von endogenen bzw. artspezifischen Eigenschaften des Zooplanktons bestimmt. Umweltfaktoren, die Verbreitung, Metamorphose und Ansiedlung von Larven beeinflussen können, sind: Sedimenttyp und Sedimentstruktur, meteorologische Bedingungen (insbesondere Wind), hydrographische Bedingungen (neben Temperatur und Salzgehalt insbesondere Rest- und Gezeitenstrom), Licht sowie chemische, durch adulte Individuen der Art im Wasser ausgegebene, gelöste Stoffe.

Die Larven der benthischen Organismen werden nach Verhalten und Lebensstrategie in zwei große Kategorien unterteilt: a) kurzlebige planktonische Larven und b) langlebige planktonische Larven (SCHELTEMA, 1986). Kurzlebige Larven sind lecithotroph, d. h. unabhängig von Nahrungszufuhr von außen. Solche Larven können allerdings nur kurze Zeit (einigen Stunden) überleben und sind daher nur bedingt in der Lage, sich großräumig auszubreiten. Kurzlebige Larven mit eingeschränkten Verbreitungsmöglichkeiten sind u. a. typisch für einige sessile Arten von Tunicaten. Kurzlebige lecithotrophe Larven verbleiben meistens in Bodennähe und ihre erfolgreiche Ansiedlung ist direkt vom Vorhandensein günstiger Habitatbedingungen abhängig. Langlebige Larven sind überwiegend planktonotroph und dadurch von der Nahrungszufuhr abhängig. Langlebige Larven weisen sehr große artspezifische Unterschiede auf, die sowohl ihre Lebensdauer als auch den Verbreitungsradius und den Ansiedlungserfolg bestimmen. Nach SCHELTEMA (1986) nehmen in diesem Fall sowohl Qualität als auch Menge der vorhandenen Nahrung entscheidend Einfluss auf die Dauer der Larvalphase. Der Transport, die Verbreitung und die erfolgreiche Ansiedlung der Larven haben besondere Bedeutung für die räumliche Verbreitung der Arten und die Entwicklung ihrer Populationen. Bei 42 Arten von Veliger-Larven (Muscheln und Schnecken) aus dem Atlantik wurde z. B. nachgewiesen, dass sich 76% davon auf beiden Seiten des Ozeans verbreiten können (SCHELTEMA, 1986).

Zwei Mechanismen beeinflussen die Verbreitung der Larven und deren Ansiedlung im endgültigen Habitat: Horizontale Advektion der Larven mit der vorherrschenden Strömungsrichtung und Diffusion durch klein- und mesoskalige Turbulenz, d.h. Mischungsprozesse im Wasserkörper. LARGIER (2003) hat zur Rolle dieser beiden Transportmechanismen festgestellt, dass Modellversuche zur Errechnung von Verbreitungsentfernungen erst zu realistischen Ergebnissen gelangen können, wenn jeder der Transportmechanismen im Modellaufbau adäquat berücksichtigt wird. Aus Freilanduntersuchungen wurde deutlich, dass die Ansiedlung von Larven sowohl lokal als auch in weit entfernten Bereichen stattfinden kann. Die Verbreitung von Larven aus Küstengewässern wird zumeist durch Frontalzonen zwischen Küstengewässern und der offenen See reguliert. Die Larven sind jedoch bedingt in der Lage, durch vertikale Migration innerhalb der Wassersäule Bereiche aufzusuchen, die eine Überquerung der Grenzschicht ermöglichen, beispielsweise Bereiche mit erhöhter Turbulenz. Artsspezifisch entwickeln die Organismen Strategien, die der Verbreitung der Larven und der erfolgreichen Ansiedlung dienen. Solche Strategien, die letztendlich das Überleben der Art sichern, reichen von der Anpassung der Reproduktionszeit, der -tiefe und des -areals bis hin zu Vertikalbewegungen der Larven und aktivem Überqueren von Grenzschichten. Die Larvenkompetenz bzw. der Erhalt der Fähigkeit zur Einleitung der Metamorphose bis günstige Bedingungen eintreffen, reguliert den Ansiedlungserfolg der Individuen jeder Art im artsspezifischen Habitat (GRAHAM UND SEBENS, 1996).

#### 2.4.1.5 Zooplankton-Sukzession in der westlichen Ostsee

Das Zooplankton der Ostsee setzt sich aus wenigen Arten zusammen. Die Charakterisierung von Habitattypen aufgrund des Vorkommens von Zooplankton gestaltet sich schwierig. Wie bereits für das Phytoplankton erläutert, bilden eigentlich Wassermassen das Habitat des Zooplanktons. Von daher ist für diesen Zweck eine Charakterisierung von Wassermassen und der damit verbundenen Zooplanktonassoziationen sinnvoll. Für die Unterscheidung der Wassermassen ist dabei nicht das Artenspektrum der Zooplanktonpopulationen, sondern vielmehr der Anteil der jeweiligen Arten, insbesondere der Schlüsselarten, an der Zusammensetzung der Assoziationen von Bedeutung.

Bei Lebensgemeinschaften der Ostsee tritt aufgrund der Variabilität in der Salinität eine Verlagerung der vertikalen Verbreitung ein. Dieses Phänomen wurde von REMANE (1940) als Submergenz bezeichnet. Tiere des marinen Eulitorals und des Supralitorals ertragen größere Schwankungen der Salinität als Tiere des Sublitorals bzw. der Meerestiefe. Sie können daher weiter in Brackwasser vordringen als marine Tiefenformen. Nur wenige Arten können auch in die Tiefe vordringen und zwar solche, die sich carnivor (fleischfressend) ernähren können. Das Phänomen der Brackwassersubmergenz ist allerdings keine Besonderheit der Ostsee, sondern ist den Brackgewässern gemein (REMMERT, 1968). So tritt z.B. in der Kieler Bucht die Ruderfußkrebsart *Oithona similis* im oberflächennahen Bereich in Konzentrationen von mehreren Tausend Ind./m<sup>3</sup> auf. Östlich der faunistischen Grenze der Darßer Schwelle hält sich diese Art dagegen im salzreichen Tiefenwasser auf. Die Beprobung der Station in der Arkonasee in 2003 nach dem Salzwassereinbruch hat gezeigt, dass mit zunehmender Wassertiefe die Abundanz dieser Art von 2.400 Weibchen pro m<sup>3</sup> in den oberen 5 m auf 31.500 Weibchen pro m<sup>3</sup> zwischen 18 und 22 m anstieg (IOW, Zustandsbericht, 2004).

Die Sukzession des Zooplanktons in der Ostsee weist ein ausgeprägtes saisonales Auftretensmuster auf. Maximale Abundanzen werden generell in den Sommermonaten erreicht. Im Herbst, Winter und Frühjahr treten dagegen niedrigere Abundanzen auf.

In Mittel treten pro Jahr 22 Zooplankton-Taxa in der Ostsee auf (WASMUND et al., 2005). Im Zeitraum 1999 bis 2002 traten insgesamt 31 Taxa auf. Allerdings wurden nur 12 Taxa ganzjährig angetroffen (POSTEL, 2005). Generell hängen Artenspektrum, Abundanz- und Dominanzverhältnisse von den herrschenden hydrographischen und meteorologischen Bedingungen und der Entwicklung des Phytoplanktons ab: Salzwassereinbrüche aus der Nordsee ver-

sorgen das Ökosystem der Ostsee mit marinen Arten wie dem Ruderfußkrebs *Paracalanus parvus* und der Anthomeduse *Euphysa aurata*. Nach den Herbst- und Winterstürmen tritt der Pfeilwurm *Sagitta elegans* auf. Bei lang anhaltenden Stagnationsperioden tritt dagegen die Brackwasser-Ruderfußkrebsart *Limnocalanus macrurus* häufig in der südlichen Ostsee auf (POSTEL, 2005). Milde Winter, aber auch warme Sommer beeinflussen das Vorkommen und die Abundanz ebenfalls. So treten warmliebende Arten wie die Ruderfußkrebse *Acartia tonsa* und *Eurytemora affinis* vermehrt in besonders warmen Sommermonaten auf. Das Auftreten des Meroplanktons wird von den Sauerstoffverhältnissen am Meeresboden und den Reproduktionszyklen der benthischen Organismen gesteuert.

#### **2.4.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Zooplankton**

Das gesamte Ökosystem der Ostsee hat in den letzten Jahren Veränderungen erfahren. Einige Aspekte dieser Veränderungen bei Plankton-Gemeinschaften wurden bereits im Kapitel 2.3.2 erläutert. Auch das Zooplankton ist als Drehscheibe der marinen Nahrungsketten durch natürlich oder anthropogen verursachte Veränderungen betroffen. Veränderungen der Artenzusammensetzung, Abundanz und Biomasse des Zooplanktons haben Konsequenzen sowohl „nach unten“ auf die Primärproduktion der Gewässer als auch „nach oben“ auf das Vorkommen und die Bestände von Fischen, marinen Säugetieren und Seevögeln. Im Folgenden werden die Veränderungen des Zooplanktons in der Ostsee zusammengefasst.

##### **2.4.2.1 Langzeitveränderungen in der Ostsee**

Auswertung der Daten aus den Überwachungsfahrten des IOW haben gezeigt, dass die Abundanz einiger Taxa in den letzten Jahren zurückgegangen ist, z. B. die maximale Abundanz von *Pseudocalanus* spp., einer wichtigen Nahrungsgrundlage des Herings in der Ostsee (HELCOM, 2005). Zudem treten deutliche Verschiebungen des Artenspektrums auf (POSTEL, 2005). Die Abundanz und Biomasse von Wasserflöhen und Rotatorien bleiben weiterhin auf einem hohen Niveau.

Im Rahmen der Entwicklung von Bewertungskriterien zur Einstufung der Eutrophierung in der Ostsee (HELCOM, 2006) wird der optimale Zustand des Küstenökosystems der südwestlichen Ostsee wie folgt beschrieben: Kurze pelagische Nahrungsketten (Phytoplankton, Zooplankton, Fische), natürliches Artenspektrum bei Plankton und Benthos sowie natürliche Verbreitung der Unterwasservegetation. Eine übermäßige Zufuhr von Nährstoffen verursacht Veränderungen in der Struktur und Funktionalität des Ökosystems. Bei Zooplankton werden hinsichtlich der Eutrophierung folgende indirekte Auswirkungen beschrieben (HELCOM, 2006):

- Steigerung der Abundanz und Biomasse
- Veränderung des Artenspektrums.

Beim Zooplankton der Nordsee wurden ebenfalls Veränderungen beobachtet. Aufgrund des Austauschs zwischen den Ökosystemen der Nord- und Ostsee sind diese Veränderungen auch für die Ostsee relevant. So hat die Abundanz von Scyphomedusen (Quallen) mit steigenden Wassertemperaturen abgenommen (LYNAM ET AL., 2004). Quallen, insbesondere die Arten *Aurelia aurita* und *Cyanea lamarckii*, ernähren sich primär von Fischlarven und können ggf. zur Dezimierung der Fischbestände beitragen. Die Autoren diskutieren daher - die in diesem Fall durch Abnahme der Räuberarten - positive Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Erholung von Fischbeständen. Gleichwohl, kann auch hier die simultane Wirkung anderer Faktoren, wie Eutrophierung und fischereiliche Aktivität, nicht ausgeschlossen werden.

Nach Hays et al. (2005) haben Klimaveränderungen insbesondere auf Verbreitungsgrenzen von Arten und Gruppen des marinen Ökosystems eingewirkt. Zooplankton-Assoziationen von

Warmwasserarten haben z. B. im Nordostatlantik ihre Verbreitung um fast 1.000 km nach Norden verlagert. Dagegen haben sich die Areale von Kaltwasser-Assoziationen verkleinert. Zusätzlich haben Klimaveränderungen Auswirkungen auf das jahreszeitliche Auftreten von Abundanzmaxima verschiedener Gruppen. Der Ruderfußkrebs *Calanus finmarchicus* erreicht z. B. das Abundanzmaximum 11 Tage früher, während seine Hauptnahrung, die Diatomeenart *Rhizosolenia alata*, ihr Konzentrationsmaximum sogar 33 Tage und die Dinoflagellatenart *Ceratium tripos* 27 Tage früher erreichen. Diese zeitlich versetzte Bestandsentwicklung kann Folgen in den gesamten marinen Nahrungsketten haben. EDWARDS und RICHARDSON (2004) vermuten sogar eine besondere Gefährdung von temperierten marinen Ökosystemen durch Veränderung bzw. zeitlichen Versatz in der Entwicklung verschiedener Gruppen. Die Gefährdung entsteht durch die direkte Abhängigkeit des Reproduktionserfolgs der Sekundärkonsumenten von Plankton (Fische, marine Säuger, Seevögel). Auswertungen von Langzeitdaten für den Zeitraum 1958 bis 2002 bei 66 marinen Taxa haben bestätigt, dass marine planktonische Assoziationen auf Klimaveränderungen reagieren. Die Reaktionen fallen allerdings im Bezug auf Assoziation oder Gruppe und Saisonalität sehr unterschiedlich aus.

BEAUGRAND und REID (2003) haben Langzeitveränderungen in drei verschiedenen trophischen Ebenen der marinen Nahrungsketten (Phytoplankton, Zooplankton und Fische) in Verbindung mit Klimaveränderungen analysiert. Es konnte dabei gezeigt werden, dass Veränderungen zeitlich versetzt in allen drei pelagischen Ebenen auftraten. 1982 wurde zuerst eine Abnahme von Euphysiaceen (Leuchtgarnelen) festgestellt. Es folgte 1984 eine Zunahme der Abundanz der kleinen Ruderfußkrebse. In 1986 gab es einerseits eine Steigerung der Phytoplankton-Biomasse und andererseits eine Abnahme des großwüchsigen Ruderfußkrebses *Calanus finmarchicus*. 1988 folgte dann eine Abnahme der Lachsbestände. Diese Veränderungen leiteten 1986 eine neue Phase der Struktur des marinen Ökosystems im Nordostatlantik und in angrenzenden Meeren ein, die bis heute anhält. Die Erhöhung der Temperatur scheint dabei eine tragende Rolle zu spielen.

#### 2.4.2.2 Einführung von nicht einheimischen Arten

Gebietsfremde Arten werden, wie bereits in Kapitel 2.3.2 erwähnt, durch die Schifffahrt (Ballastwasser) und Aquakultur (z. B. über Muschelsaat) eingeführt. Veränderungen der Artenzusammensetzung und ggf. Artenverschiebungen durch Ausbreitung von nicht einheimischen Arten können nicht ausgeschlossen werden. Die Crustaceenarten *Acartia tonsa*, *Ameira diva-gans* und *Cercopagis pengoi* wurden durch Ballastwasser von Schiffen in die Ostsee eingeführt. In der letzten Zeit bereitet die Einführung der großen Rippenqualle *Mnemiopsis leydei* vermehrt Sorgen. Sollte sich die Rippenqualle in der Ostsee etablieren und sich auf Grund der Erwärmung übermäßig vermehren, so würde dies eine Gefährdung für die Fischbestände bedeuten. Die große Rippenqualle ernährt sich von größerem Zooplankton und insbesondere auch von Fischlarven.

#### 2.4.2.3 Schlussfolgerungen

Aus den hier dargestellten Erkenntnissen zum Vorkommen des Zooplanktons wird deutlich, dass nur sehr eingeschränkt Schlussfolgerungen über den Zustand und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die marinen Nahrungsketten und die verschiedenen bottom-up bzw. top-down Steuerungsmechanismen des Ökosystems getroffen werden können. Bisherige Erkenntnisse über den Zustand des Zooplanktons in der Westlichen Ostsee lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Eine schleichende Veränderung des Zooplanktons findet in den letzten Jahren statt:

- Die Artenzusammensetzung hat sich verändert
- Die Anzahl nicht einheimischer Arten hat zugenommen

- Viele nicht einheimische Arten haben sich bereits etabliert
- Viele gebietstypische Arten sind zurückgegangen, darunter auch solche die zu den natürlichen Nahrungsressourcen des marinen Ökosystems gehören.
- Die Dominanz-Verhältnisse innerhalb der Zooplankton-Gruppen haben sich verändert.

Die Veränderungen des Zooplanktons hängen mit den Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen (s. auch Kapitel 2.3.2). Anthropogene Einflüsse und Klimawandel steuern, neben der natürlichen Variabilität, die Veränderungen des Ökosystems.

## 2.5 Benthos und Biotoptypen

Als Benthos werden die an Substratoberflächen gebundenen oder in Weichsubstraten lebenden Lebensgemeinschaften am Boden von Gewässern bezeichnet. Nach RACHOR (1990) umfasst das Benthos Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze, einzellige Tiere (Protozoen) und Pflanzen ebenso wie Mehrzeller sowie Großalgen und Lebewesen bis hin zu bodenlebenden Fischen. Als Zoobenthos werden die Tiere bezeichnet, die sich überwiegend im oder auf dem Boden aufhalten. Diese Lebewesen beschränken ihre Aktivitäten weitgehend auf den in der vertikalen meist nur wenige Dezimeter umfassenden Grenzbereich zwischen dem freien Wasser und der obersten Bodenschicht. Bei den sog. holobenthischen Arten spielen sich alle Lebensphasen innerhalb dieser bodennahen Gemeinschaft ab. Die Mehrzahl der Tiere ist jedoch merobenthisch, d. h. dass nur bestimmte Phasen ihres Lebenszyklus an dieses Ökosystem gebunden ist (TARDENT, 1993). Diese verbreiten sich meist über planktische Larven, wobei die Fähigkeit zur Ortsveränderung bei ihren älteren Stadien dagegen geringer ist. Insgesamt ist für die meisten Vertreter des Benthos im Vergleich zu jenen des Planktons und Nektons eine fehlende oder eingeschränkte Mobilität kennzeichnend. Daher kann die Bodenfauna aufgrund der relativen Ortsbeständigkeit natürlichen und menschengemachten Veränderungen und Belastungen in der Regel kaum ausweichen. Somit ist die Bodenfauna in vielen Fällen ein Indikator für veränderte Umweltverhältnisse (RACHOR, 1990a). Anders als viele physikalische und chemische Parameter integriert die Benthoslebensgemeinschaft die Umweltbedingungen über einen vergleichsweise langen Zeitraum. Wegen der weit reichenden regionalen Inhomogenität und der temporären Variabilität des marinen Ökosystems sind hierzu Langzeitstudien erforderlich, um Änderungen in der Umwelt als dauerhaft zu identifizieren. Allerdings ist die kausale Interpretation von Langzeitveränderungen im Benthos entsprechend schwierig, da sich die Auswirkungen von anthropogenen und natürlichen Einflüssen überlappen (KRÖNCKE & BERGFELD, 2001).

Für den deutschen Teil der Ostsee sind eine sehr heterogene Oberflächenstruktur und ein reliefierter Meeresboden charakteristisch. Der Ostseeboden weist teilweise Grobsand, Geröll und Steine auf, besteht aber großflächig aus sandigen oder schlickigen Sedimenten, so dass die Tiere auch in den Boden eindringen können. Neben der an der Bodenoberfläche lebenden Epifauna ist deshalb auch eine typische, im Boden wohnende Endofauna (syn. Infauna) entwickelt. Kleinsttiere von weniger als 1 mm Körpergröße (Mikro- und Meiofauna) machen die Mehrheit dieser Bodenbewohner aus. Besser bekannt sind allerdings die größeren Tiere, die Makrofauna, und hier vor allem die ortsbeständigeren Formen wie Ringelwürmer, Muscheln und Schnecken, Stachelhäuter sowie verschiedene Krebstiere (RACHOR, 1990a). Daher wird aus praktischen Gründen international das Makrozoobenthos (Tiere > 1 mm) stellvertretend für das gesamte Zoobenthos untersucht (ARMONIES & ASMUS, 2002). Außerdem ist das Makrozoobenthos ein wichtiger Bestandteil des Ostsee-Ökosystems. So ist das Makrozoobenthos u. a. die Hauptnahrungsquelle demersaler Fische und es ist von großer Bedeutung für die Transformation und Remineralisation organisch gebundenen Materials (KRÖNCKE, 1995).

In der Ostsee, einem halbgeschlossenen Meer glazialen Ursprungs, ist der Salzgehalt der bestimmende Faktor für das Vorkommen und die Verbreitung von Benthosarten. Aperiodische Salzwassereinbrüche lassen den Salzgehalt in tieferen Bereichen (> 40 m) temporär auf über



15 psu steigen, während das Oberflächenwasser selten einen Salzgehalt von 10 psu übersteigt.

Die Tiere am Ostseeboden gehören in eine Vielzahl von systematischen Gruppen und zeigen die unterschiedlichsten Verhaltensweisen. Insgesamt gesehen ist diese Fauna recht gut untersucht und erlaubt deshalb heute auch Vergleiche mit Verhältnissen vor einigen Jahrzehnten.

Im Anschluss erfolgt ein Vorschlag zur Einteilung der deutschen AWZ der Ostsee in Naturräume unter Berücksichtigung der besonderen abiotischen Verhältnisse gemäß einem Fachbeitrag des BfN zum Umweltbericht zur Raumordnung für die deutsche AWZ. Daran schließt sich die aktuelle Zustandsbeschreibung und die Zustandseinschätzung der Benthoslebensgemeinschaften an. Grundlage hierfür sind u.a. der o. g. Fachbeitrag des BfN, die Auswertung der vorhandenen Literatur sowie die Auswertungen der aktuellen Untersuchungsergebnisse, die im Rahmen der Forschungsvorhaben des Bundes und verschiedener Umweltverträglichkeitsuntersuchungen der Offshore-Windenergieparkvorhaben in der AWZ der Ostsee durchgeführt wurden.

### 2.5.1 Naturräumliche Einteilung der deutschen AWZ der Ostsee und Zusammenfassung der besonderen abiotischen Verhältnisse

Tabelle 9: Vorschlag für eine naturräumliche Gebietseinteilung für die deutsche AWZ der Ostsee (Wt. = Wassertiefe)

Bezeichnung	Kürzel Abb. 41	Hydrographie	Wassertiefe	Sediment	Benthos
<b>Beltsee-AWZ und Kieler Bucht</b>	<b>A</b>	thermohaline Schichtung mit $\varnothing$ Salinität > 20, oftmalige Sauerstoffverarmung in den bodennahen Wasserschichten; Vereisung selten	von 15 m bis 30 m	Feinsand, vereinzelt auch Schlack und Ton, Steine, Restsediment, heterogene Sedimentverteilung	Marine Arten dominieren, teilweise artenreiche Endofaunagemeinschaften sowie sehr artenreiche Phytalgemeinschaften
<b>Mecklenburger Bucht-AWZ</b>	<b>B</b>	relativ geringe Strömungsgeschwindigkeiten; thermohaline Schichtung mit regelmäßiger Sauerstoffverarmung, $\varnothing$ Salinität > 7 < 20; gelegentliche Vereisung	Von 20 m bis 30 m	Schlack, Ton im zentralen Bereich, Restsedimentflächen in den Randbereichen	Marine Arten dominieren, teilweise artenreiche Endofaunagemeinschaften sowie sehr artenreiche Phytalgemeinschaften
<b>Darßer Schwelle</b>	<b>C</b>	Wasseraustausch zwischen zentraler und westlicher Ostsee durch die Kadetrinne	Von 18 m bis 25 m; Schwelle zwischen Beltsee/Mecklenburger Bucht und Arkonabecken; eingelagert ist die bis zu 25 m tiefe Kadetrinne	Mittel- und Grobsand, Kies, Restsedimentflächen und Blockfelder (Riff)	Übergangsbereich, Abnahme mariner Arten ( <i>Macoma balthica</i> ; in tieferen Lagen ab -20 m auch <i>Abra alba</i> , <i>Arctica islandica</i> - Gesellschaften sowie Phytalgemeinschaften in der Kadetrinne
<b>Arkonabecken-AWZ</b>	<b>D</b>	relativ geringe Strömungsgeschwindigkeiten; thermohaline Schichtung mit oftmaliger Sauerstoffverarmung; Vereisung im Winter möglich, Salinität > 7	Von 20 m bis 47 m	Schlack, Ton	Artenarme Brackwassergemeinschaft der zentralen Ostsee mit Stenothermen Kaltwasserrelikten in einzigartiger Kombination mit Süßwasserarten
<b>Pommersche Bucht (mit</b>	<b>E</b>	relativ geringe Strömungsgeschwindigkei-	Flachgrund von 6 m bis 30 m	Mittel- und Grobsand,	Artenarme Brackwassergemeinschaften in

<b>Adlergrund und Oderbank)</b>		ten; Vereisung im Winter möglich: (Adlergrund: Zufrieren; Oderbank: oftmaliges winterliches Zufrieren), Salinität > 7		Kies, Geröll, in den zentralen Bereichen großflächig homogene Sande	einzigartiger Kombination mit Süßwasserarten ( <i>Macoma balthica</i> ; <i>Mya arenaria</i> , <i>Theodoxus fluviatilis</i> )
---------------------------------	--	---	--	---	--

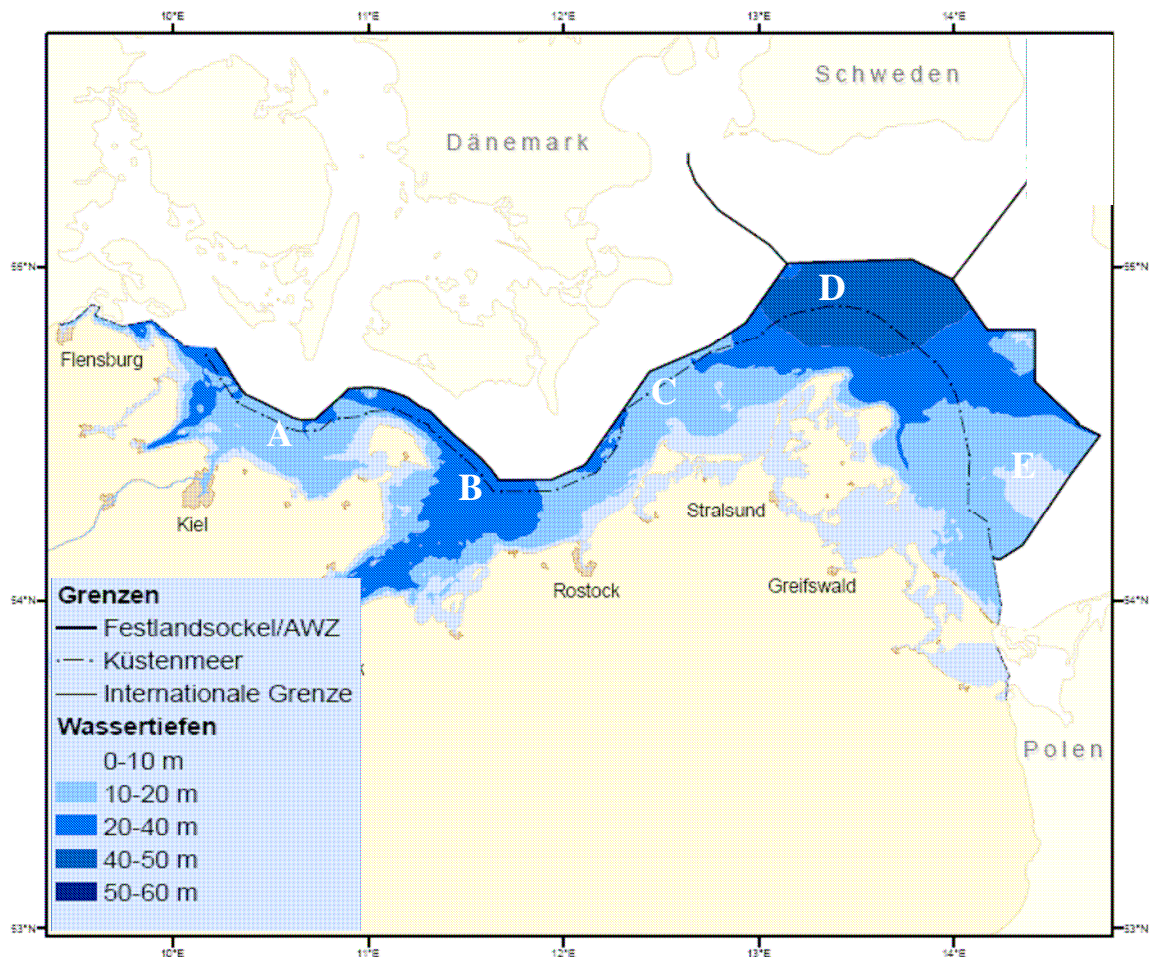


Abbildung 41: Naturräumliche Gliederung der deutschen AWZ der Ostsee

Die deutsche AWZ liegt im Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee.

- Über 70 % des Wasseraustauschs verlaufen über die Darßer Schwelle durch die Kadetrinne.
- Im Gebiet der Beltsee erfolgt größtenteils der Austausch von Salz- und Süßwasser zu Brackwasser.
- Der Salzgehalt unterliegt horizontal und vertikal starken Schwankungen.
- Der Wasseraustausch des Bodenwassers in der Beltsee erfolgt mehrmals jährlich, während „Salzwassereinbrüche“ in die Ostsee selten stattfinden.
- Die Schichtung in der Beltsee ist instabil (Stagnationsphasen), während in der Ostsee ein stabil geschichteter Wasserkörper besteht.

## 2.5.2 Beschreibung des aktuellen Zustandes

Die am Boden der Ostsee lebende Flora und Fauna weckte das Interesse von Naturforschern bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts, als damit begonnen wurde, diese zu sammeln und zu katalogisieren (MÖBIUS, 1873). Im 20. Jahrhundert wurde das Makrozoobenthos der Kieler

und Mecklenburger Bucht detailliert untersucht (HAGMEIER, 1930; KÜHLMORGEN-HILLE, 1963, 1965; SCHULZ 1968, 1969a, 1969b; ARNTZ 1970, 1971, 1978; ARNTZ et al., 1976; GOSELCK & GEORGI, 1984; WEIGELT, 1985; ARNTZ & RUMOHR, 1986; GOSELCK et al., 1987; BREY, 1984; RUMOHR, 1993; GOSELCK, 1992; ZETTLER et al., 2000).

### 2.5.2.1 Die benthischen Algen

Die submerse Vegetation ist durch Großalgen (Rot- und Braunalgen) an Hartböden (Gerölle, Blöcke) im Bereich der Kuppen (Adlergrund, Kriegers Flak) und Rinnen (Kadetrinne) vertreten. Beobachtungen von Seegras (*Zostera marina*) liegen aus dem Gebiet der AWZ nicht vor, obwohl es von der Wassertiefe her durchaus vorkommen könnte. Die Biotope der AWZ der Ostsee werden von benthischen wirbellosen Tieren besiedelt.

### 2.5.2.2 Die benthischen wirbellosen Tiere

Die bodenlebenden wirbellosen Tiere der Ostsee setzen sich in erster Linie aus marinen Einwanderern aus dem Nordseegebiet, aus Brackwasserarten und Eiszeitrelikten zusammen (GOSELCK et al., 1996). Für das Vorkommen und die Verbreitung von Benthosarten ist der Salzgehalt der bestimmende Faktor. Das Gros der Arten setzt sich aus marin-euryhalinen Arten zusammen, die in Abhängigkeit von ihrer Toleranz gegenüber abnehmendem Salzgehalt verschieden weit in die Ostsee vordringen. So nehmen die marinen Arten von der Beltsee in Richtung der zentralen und östlichen Ostsee zu Gunsten von brackischen und limnischen Arten ab und erreichen im Bereich des Arkonabeckens ihre östliche Verbreitungsgrenze. Da die marin-euryhalinen Arten nicht in gleichem Maße durch Süßwasserarten ersetzt werden, ist eine Abnahme der Artenzahl die Folge.

Dieser Artenrückgang wird deutlich durch die Daten des LANU S-H, LUNG M-V und IfaÖ aus den Jahren 1994 bis 1998 (Abb. 42). Sie zeigen eine deutliche Abnahme zwischen der Kieler/östlichen Mecklenburger Bucht (Burgstaaken) zur südlichen Mecklenburger Bucht. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns nimmt die Artenzahl von Klützhöved in der Lübecker Bucht von 60 auf 23 Arten in der Pommerschen Bucht mehr oder weniger kontinuierlich ab.

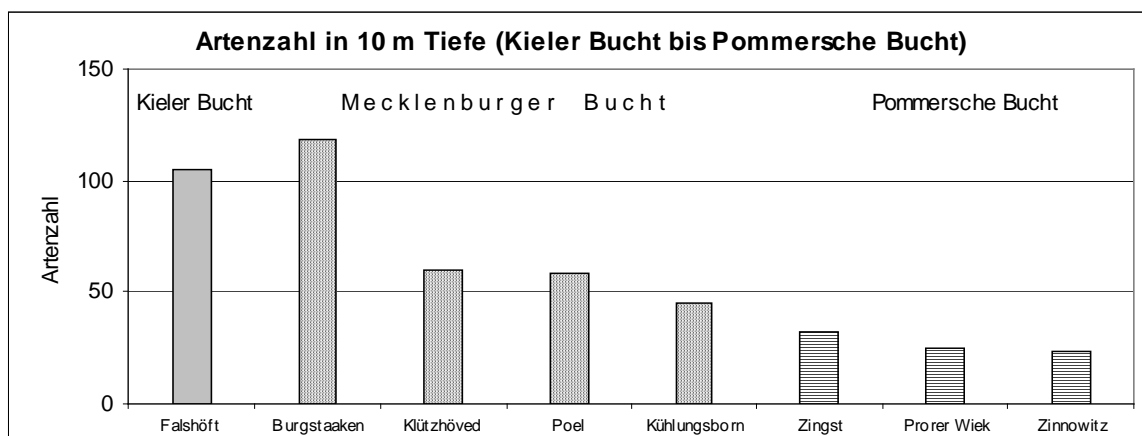


Abbildung 42: Artenzahlen des Makrozoobenthos an der deutschen Ostseeküste von der Kieler Bucht bis zur Pommerschen Bucht in 10 m Wassertiefe im Zeitraum von 1994 bis 1998 (Daten LANU S-H, LUNG M-V/IfaÖ)

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Kenntnisstand der verschiedenen Lebensräume der deutschen Ostseegebiete insgesamt sehr unterschiedlich ist. Während das Benthos der Tiefenbereiche der Ostsee (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonabecken) und der Flachbereiche einiger innerer Küstengewässer hinlänglich gut bearbeitet wurden und zumindest aus den letzten 15 Jahren Zeitreihen zur Verfügung stehen, sind die ökologisch besonders be-

deutsamen Sand- und Geröllböden der Flachwassergebiete (0-20 m) und deren vielfältige Biotopstrukturen unzureichend untersucht.

Insgesamt werden für den deutschen Meeres- und Küstenbereich der Ostsee von GOSSELCK et al. (1996) 383 benthische Arten aufgeführt. WASMUND et al. (2004) geben an, dass seit 1991 an 6 Stationen in der Ostsee (Kieler und Mecklenburger Bucht, Arkonasee) bisher insgesamt 156 Taxa nachgewiesen wurden. Von diesen tauchten allerdings 30-40 % (ca. 47-63 Taxa) nur gelegentlich auf.

KÜHLMORGEN-HILLE (1963, 1965) fand allein in der Kieler Bucht 139 verschiedene Makrozoobenthos-Taxa. ARNTZ (1971, 1978) führte weitere Untersuchungen in der Kieler Bucht durch und verglich seine Ergebnisse mit denen von KÜHLMORGEN-HILLE (1963, 1965) und HAGMEIER (1930) und stellte fest, dass die Bodenfauna in der Kieler Bucht im Durchschnitt sowohl hinsichtlich der Artenzusammensetzung als auch der Gewichtsrelationen zwischen den systematischen Hauptgruppen Polychaeta, Mollusca und Crustacea relativ stabil ist. In den 1980er Jahren wurden 150 regelmäßig in der Kieler Bucht vorkommende Makrozoobenthosarten nachgewiesen (BREY, 1984; WEIGELT, 1985). GERLACH (2000) verzeichnet in seiner „Checkliste der Fauna der Kieler Bucht“ insgesamt 719 Taxa der Makrofauna. Dabei ist aber zu beachten, dass ein großer Teil von diesen nur einmal benannt wurde; teils weil sie nur sehr selten in der Kieler Bucht auftreten, teils weil die detaillierte Bestimmung in den vergangenen 135 Jahren nur ausnahmsweise erfolgte (KOCK, 2001). Von KOCK (2001) wurden im Fehmarnbelt, dem Übergangsbereich zwischen zentraler und westlicher Ostsee, 148 verschiedene Taxa nachgewiesen. Von diesen gehörten 65 zu den Polychaeten, 30 zu den Mollusken und 32 zu den Crustaceen.

SCHULZ (1969a, 1969b) beprobte die Mecklenburger und die Lübecker Bucht sowie den östlichen Teil des Fehmarnbelts und beschreibt die räumliche Verteilung der von ihm gefundenen 77 Benthosarten. ZETTLER et al. (2000) wiesen in der Mecklenburger Bucht insgesamt über 240 Makrozoobenthosarten nach. Die dominanten systematischen Hauptgruppen waren die Polychaeta (71 Taxa), Crustacea (57 Taxa) und Mollusca (50 Taxa). Diese hohe Artenvielfalt, welche die Anzahl aller anderen Untersuchungen des gleichen Gebietes übersteigt, ist darauf zurückzuführen, dass sämtliche benthische Lebensräume (Flachwasserbereich, unterseeische Pflanzenwiesen, Aufwuchs auf Steinen und Miesmuscheln, das Bathypelagial, Mergel, Sand und Schlick) erfasst wurden, sowie auch darauf, dass sich zum Untersuchungszeitpunkt 1999 auf Grund der günstigen hydrographischen Bedingungen eine große Anzahl mariner Einwanderer im Benthos der Mecklenburger Bucht aufhielt.

Nach Literaturrecherchen, die im Rahmen eines F&E Vorhabens durchgeführt worden sind (ZETTLER et al., 2003), wurden in der Arkonasee bisher 126 Taxa nachgewiesen. Hierbei ist zu bemerken, dass es sich bei über 80 Arten um seltene bzw. Einzelfunde handelt. Arten mit Frequenzen größer 50 % (d.h. Arten, die an über 50 % der Fundorte angetroffen wurden) sind die Muscheln *Macoma balthica* und *Mytilus edulis* sowie die Polychaeten *Pygospio elegans* und *Scoloplos armiger*. Allerdings wurden im Vorranggebiet für Windenergie „Westlich Adlergrund“ durch die Umweltverträglichkeitsuntersuchungen der Einzelverfahren insgesamt 113 verschiedene Taxa und im Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ 83 Taxa nachgewiesen.

Weiterhin hängt das Vorkommen von Makrozoobenthosarten in der Ostsee von den hydrographischen Verhältnissen und der Wassertiefe ab. Als sehr artenarm gelten insbesondere tiefere Bereiche (40 m) mit Schlickböden, die unterhalb der Salzgehaltssprungschicht (Halokline) liegen. So fanden ZETTLER et al. (2000) in der Mecklenburger Bucht die größte Artenvielfalt mit 140 Taxa in der Wassertiefe zwischen 10 und 20 m vor. In der Tiefenzone von 25 – 30 m, die den tiefsten Bereich des Untersuchungsgebietes darstellte, wurde mit etwa 70 Taxa die geringste Artenvielfalt festgestellt.

Einen Sonderstatus nehmen die geschichteten Gewässer ein. Der erhöhte Salzgehalt im bodennahen Wasserkörper und zeitweiliger Sauerstoffmangel führen zu unterschiedlichen Be-

siedlungsmustern des Benthos. Mit dem salzhaltigen Wasser aus dem Nordsee/Kattegat-Bereich dringen Larven mariner Evertebraten in die Ostsee ein, so dass in den mixohalinen Gewässern zumindest zeitweilig marine Faunenelemente siedeln. Andererseits kann der auftretende Sauerstoffmangel zum Zusammenbruch der benthischen Lebensgemeinschaften führen. Zurzeit findet in den Zonen mit zeitweiligem Sauerstoffmangel ein Wechsel zwischen polychäten-dominierten Wiederbesiedlungsgemeinschaften und stark verarmten oder makrobenthos-freien Böden statt (KÖLMEL, 1979; WEIGELT, 1987; GOSELCK et al., 1987).

### 2.5.2.3 Benthische Lebensgemeinschaften

Im Flachwasser der Kieler Bucht findet man zumeist eine von *Macoma balthica* dominierte Gemeinschaft und eine Tiefwassergemeinschaft vom *Abra alba/Arctica islandica*-Typ (RUMOHR, 1995). Die Fauna des angrenzenden tieferen Fehmarnbelts (19-28 m) kann nach (Kock, 2001) als verarmte *Abra-alba*-Gemeinschaft im Sinne von PETERSEN (1918) und THORSON (1957) angesehen werden. Diese Gemeinschaft tritt auf gemischten bis schlickigen Böden mit organischer Substanz in Tiefen von 5 bis 30 Metern auf. Die zu erwartenden Charakterarten sind die Muscheln *Abra alba*, *Phaxas pellucidus*, *Aloides gibba* und *Nucula* sp., die Polychaeten *Pectinaria koreni* und *Nephtys* sp. sowie der Seeigel *Echinocardium* sp. In der Mecklenburger Bucht ist die Abgrenzung der Lebensgemeinschaften nach ZETTLER et al. (2000) direkt an die Tiefenzonierung (Salz, Temperatur, Sedimente) gekoppelt. Es konnten drei wesentliche Gemeinschaften charakterisiert werden.

Die erste Gruppe kann man als *Mya-arenaria-Pygospio-elegans*-Zönose der flachen Sandbereiche in Wassertiefen unter 15 m bezeichnen. Hier waren neben der Sandklaffmuschel und dem Spioniden (*Pygospio elegans*) noch *Hydrobia ulvae*, *Mytilus edulis*, *Macoma balthica* und *Scoloplos armiger* wesentlich vertreten. Hinzu kamen *Gastrosaccus spinifer*, *Lineus ruber* und *Tubificoides benedii*: All diese Arten fanden in diesem Bereich ihr Optimum in der Besiedlung. Die zweite Gruppe ist die Lebensgemeinschaft der sandigen Schlicke und Schlicke in Wassertiefen > 15 m. Die Hauptarten sind *Arctica islandica* und *Abra alba*. Weitere wesentliche Taxa sind *Diastylis rathkei*, *Euchone papillosa* und *Terebellides stroemi*. Diese *Abra-alba-Arctica islandica*-Zönose wurde in der Mecklenburger Bucht in Tiefen zwischen 15 und 29,6 m festgestellt. Nach längerer Sauerstoffdepression kann diese Zönose bis auf *A. islandica* und *Halicryptus spinulosus* reduziert werden (PRENA et al., 1997). Die dritte Gruppe sind Arten des schlickigen Sandes in Wassertiefen zwischen 12 und 22 m. Dieser Übergangsbereich von Sanden zu Schlicken hat ebenfalls eine abgrenzbare Lebensgemeinschaft hervorgebracht. Diese Lebensgemeinschaft kann als *Mysella-bidentata-Astarte borealis*-Zönose bezeichnet werden. Dieser Bereich wird vor allem durch fünf Muschelarten dominiert. Neben *Mysella bidentata* und *Astarte borealis* sind *Corbula gibba*, *Parvicardium ovale* und *A. elliptica* regelmäßig vertreten. Diese Zone ist auch das Hauptvorkommensgebiet von *Asterias rubens*.

In der Arkonasee konnten im Vorranggebiet für Windenergie „Kriegers Flak“ zwei Lebensgemeinschaften benannt werden.

Die erste Lebensgemeinschaft siedelt in flachen Bereichen (bis 30 m Wassertiefe). Hier sind der Polychaet *Travisia forbesii*, die Muschel *Mya arenaria*, die Schnecke *Hydrobia ulvae* und der Krebs *Bathyporeia pilosa* typische Vertreter der Lebensgemeinschaft. Alle vier sind aufgrund ihrer Ernährungsweise typisch für leicht bis mittel stark exponierte Bereiche der Küstengewässer und werden nur selten unterhalb von 20 m Wassertiefe angetroffen.

Die zweite Lebensgemeinschaft siedelt in den tieferen Bereichen (30- 40 m) und umfasst kaltwasserliebende Arten wie die Muschel *Astarte borealis*, die glazialreliktischen Flohkrebse *Monoporeia affinis* und *Pontoporeia femorata*, die reliktische Asselart *Saduria entomon* und der Polychaet *Terebellides stroemi*.

Im Vorranggebiet Windenergie „Westlich Adlergrund“ konnten dagegen drei Lebensgemeinschaften identifiziert werden.

Gemeinschaft A: Dominiert von der Miesmuschel *Mytilus edulis* und Elementen ihrer typischen Begleitfauna (z. B. *Gammarus* spp., *Microdeutopus gryllotalpa*, *Jaera albifrons*), aber auch von *Saduria entomon*. Verbreitet hauptsächlich oberhalb der Halokline, aber lokal auch im Bereich von Hartböden unterhalb der Halokline.

Gemeinschaft B: Dominiert von Oligochaeta, *Pygospio elegans* und *Hydrobia ulvae*, lokal auch von *Marenzelleria neglecta* und *Travisia forbesii*. Bleibt in der Verbreitung auf die Sandflächen oberhalb der Halokline beschränkt.

Gemeinschaft C: Lebensgemeinschaft der schlickreichen Weichböden unterhalb der Halokline. Charakteristische Arten sind u. a. *Scoloplos armiger*, *Halicryptus spinulosus*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis rathkei*, *Ampharete* spp. und *Terebellides stroemi*.

### 2.5.3 Arten der Roten Listen – Vorkommen und Biologie der wichtigsten Arten

Tabelle 10: Gefährdete benthische wirbellose Arten der AWZ der deutschen Ostsee. (0=verschollen, 1=vom Aussterben bedroht, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, P= potenziell gefährdet) (MERCK & von NORDHEIM, 1996)

Art	R L Ostsee	Status in den Teilgebieten	
		SH	MV
<b>Cnidaria Hydrozoa</b>			
<i>Halitholus yoldiaarctica</i>	2	2	2
<b>Polychaeta</b>			
<i>Phyllodoce maculata</i>	P	P	P
<i>Eulalia bilineata</i>	3	3	-
<i>Eumidia sanguinea</i>	P	P	P
<i>Nereimyra punctata</i>	3	P	3
<i>Streptosyllis websteri</i>	P	P	P
<i>Plathynereis dumerili</i>	3	-	3
<i>Nephtys caeca</i>	-	-	P
<i>Sphaerodoropsis balticum</i>	-	P	-
<i>Aricidea jeffreysii</i>	-	-	P
<i>Tauberia gracilis</i>	-	-	P
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	-	-	P
<i>Chaetozone setosa</i>	3	3	-
<i>Scalibregma inflatum</i>	1	P	0
<i>Rhodine gracilor</i>	-	P	-
<i>Lagis koreni</i>	3	-	3
<i>Terebellides stroemii</i>	-	-	P
<i>Euchone papillosa</i>	1	2	0
<b>Crustacea Malacostraca</b>			
<i>Diastylis rathkei</i>	-	-	P
<i>Saduria entomon</i>	2	-	2
<i>Bathyporeia pilosa</i>	P	P	-
<i>Pontoporeia affinis</i>	1	-	1
<i>Pontoporeia femorata</i>	2	P	1
<i>Phoxocephalus holbolli</i>	2	P	2
<b>Gastropoda</b>			
<i>Buccinum undatum</i>	1	P	0
<i>Neptunea antiqua</i>	1	P?	0
<i>Nassarius (Hinia) reticulatus</i>	1	P?	0
<i>Retusa obtusa</i>	*	P	*
<i>Tenellia adspersa</i>	P	-	P
<b>Bivalvia</b>			
<i>Musculus niger</i>	P	P	-
<i>Musculus marmoratus</i>	3	3	-
<i>Astarte elliptica</i>	2	P	2
<i>Astarte montagui</i>	1	P	1
<i>Arctica islandica</i>	3	*	2

<i>Mysella bidentata</i>	3	*	3
<i>Macoma calcarea</i>	1	P	1
<i>Mya truncata</i>	3	*	1
<b>Tunicata</b>			
<i>Dendrodoa grossularia</i>			

Die Polychäten *Harmothoe impar*, *Mysta barbata*, *Eulalia bilineata*, *Phyllodoce maculata*, *Streptosyllis websteri* und *Nereimyra punctata* gehören zu den marinen Arten, die seit 1994 wieder vermehrt in der Mecklenburger Bucht auftreten. Es sind räuberische Arten, die meistens nicht häufig vorkommen. In den 1980-er Jahren unterlagen sie einem starken Rückgang auf Grund von Sauerstoffmangel in bodennahen Wasserschichten. Über die Biologie dieser Arten unter den Brackwasserbedingungen der Ostsee liegen kaum Daten vor.

#### *Scalibregma inflatum*

Der substratfressende Polychät lebt im Endopelos, ist aber auch in sandigen Sedimenten anzutreffen. *Scalibregma inflatum* (Depositfresser) ist eine marine Art, die mesohaline Salzgehaltskonzentrationen toleriert. Sie findet in der Mecklenburger Bucht ihre Verbreitungsgrenze. Seit 1997 wird *S. inflatum* in der Mecklenburger Bucht wieder regelmäßig, aber in sehr geringer Dichte, nachgewiesen.

#### *Trochochaeta multisetosa*

Der marine Polychät besiedelt in der Mecklenburger Bucht vorrangig Schlickböden und kann unter günstigen Bedingungen (Sauerstoff, Temperatur) in diesem Bereich zu den dominierenden Arten gehören. Auf Grund der häufigen Sauerstoffdefizite in den 70-er und 80-er Jahren fehlte die Art über einen langen Zeitraum.

#### *Nassarius (Hinia) reticulatus*

Die Netzreusenschnecke wurde in der Mecklenburger Bucht letztmalig von SCHULZ (1969) erwähnt. Die Schnecke gilt seither im Küstengebiet von Mecklenburg-Vorpommern als „verschollen“ (Kat. 0). Seit 2000 wurde die Netzreusenschnecke verschiedentlich in der Mecklenburger Bucht wieder nachgewiesen (Datenbank IfAÖ). Diese Nachweise unterstreichen die derzeit beobachtete Tendenz der Zunahme von marinen Arten in der Beltsee.

#### *Astarte spp.*

Die Astarten sind in der AWZ mit drei Arten vertreten. Als marine Arten besiedeln sie die sublitorale sandige-schlickige bis schlickig-sandige Zone zwischen etwa 12 m bis 20 m Wassertiefe. *Astarte (Nicania) montagui* wurde nie häufig nachgewiesen. Sie gehört zu den marinen Arten, die nach Salzwassereintrüben zeitweise das Gebiet der Beltsee besiedeln. Der Bestand von *Astarte elliptica* zeigt in Schleswig-Holstein keine Tendenzen, während er im Mecklenburger Teil der Beltsee rückläufig ist (IfAÖ im Auftrag des LANU S-H 2001 und des LUNG M-V 2005). *Astarte borealis* besiedelt unter günstigen, salz- und sauerstoffreichen Bedingungen den beschriebenen Gürtel von der Kieler Bucht bis in das Bornholmbecken. Sie zeigt im Untersuchungsraum der Küstenmonitoringprogramme von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern keine Tendenzen. Aus der AWZ liegen keine Daten vor.

#### *Arctica islandica*

Die Islandmuschel kommt in der Ostsee von der Kieler Bucht über die Mecklenburger Bucht und Kadetrinne bis in das nördliche Arkonabecken vor. Sie besiedelt Schlick und schlickigen Sand und benötigt einen hohen Salzgehalt von mindestens 14 PSU sowie niedrige Temperaturen. Seit 1960 wird ein Rückgang der Ostseepopulation beschrieben, der durch einen lang anhaltenden Sauerstoffmangel im Tiefenwasser verursacht wurde (SCHULZ, 1968; WEIGELT, 1991). In den Tiefenzonen von 20 bis 15 m, die selten von Sauerstoffmangel betroffen sind, kommt die Islandmuschel in der Mecklenburger Bucht weiterhin bzw. auch wieder in hohen Dichten vor (ZETTLER et al., 2001). Sie verfügt über ein hohes Wiederbesiedlungspotential und gehört nach Sauerstoffmangelsituationen fast in jedem Jahr zu den Erstbesiedlern der verödeten Böden in den tiefen Zonen der Lübecker und Mecklenburger Bucht (GOSSELCK et al.

1987). Die Vorkommen in der Ostsee sind die einzigen zur Zeit bekannten reproduzierenden Populationen dieser prinzipiell weit verbreiteten Art im gesamten deutschen Meeresbereich.

#### *Mysella bidentata*

Die marine Muschel erreicht im Gebiet der Darßer Schwelle/Kadetrinne ihre östliche Verbreitungsgrenze und kommt ab etwa 10 m Tiefe (Salzgehalt) in der Mecklenburger Bucht auf sandigen Sedimenten regelmäßig vor. In den 80-er Jahren unterlag *M. bidentata* einem starken Rückgang auf Grund von Sauerstoffmangel in bodennahen Wasserschichten.

#### *Macoma calcarea*

Die große Verwandte der Baltischen Plattmuschel kam bis in die 70-er Jahre entlang der Salzwasserzone zwischen 15 und 20 m Wassertiefe in der Beltsee, im nördlichen Arkonabecken und im Bornholmbecken vor. Sauerstoffmangel führte zum Rückgang der Population in der Ostsee und in der Mecklenburger Bucht. Eine stabile Population kommt südlich von Fehmarn in der westlichen Mecklenburger Bucht vor.

#### *Mya truncata*

Die Gestutzte Klaffmuschel lebt in sandigem Schlick, selten in reinem Schlick. Als arktische Art benötigt sie kalte Temperaturen und ist von daher sowie aufgrund von Salzgehaltsansprüchen auf die Tiefenzonen der Mecklenburger und Kieler Bucht beschränkt. Ihr vermutlich immer geringer Bestand wurde in der Mecklenburger Bucht durch Sauerstoffmangel weiter dezimiert. Als Jungtier kam *M. truncata* auch in den 80-er Jahren verschiedentlich in der Mecklenburger Bucht vor (AL HISSNI, 1989). Seit 1994, häufiger seit 1997, wurde *M. truncata* auf den tiefen Stationen (15-20 m) des Küstenmonitoringprogramms M-V wieder nachgewiesen. Über die Bestände in der AWZ gibt es derzeit keine Daten.

#### *Diastylis rathkei*

Der Cumaceenkrebs ist eine typische Art sandiger Böden mit einem geringen Gehalt an organischen Substanzen, siedelt aber auch auf schlickhaltigen Sedimenten. *D. rathkei* kommt ab etwa 10 m Wassertiefe vor. Die Art verzeichnete in den 80er Jahren in den Küstengewässern vor Mecklenburg-Vorpommern einen deutlichen Rückgang, der auf Sauerstoffmangel zurückgeführt wurde. Mittlerweile scheinen sich die Bestände aber wieder stabilisiert zu haben.

#### *Monoporeia affinis, Pontoporeia femorata*

Beide Flohkrebse leben in der Kaltwasserzone der eigentlichen Ostsee, wobei *P. femorata* auch in die Mecklenburger Bucht vordringt. Unter günstigen hydrographischen Bedingungen zählen sie zu den dominierenden Arten. *P. femorata* besiedelt vom Arkonabecken über das Landsorttief bis in den südlichen Bottnischen Meerbusen die gesamte Ostsee (ANDERSIN et al., 1978). In der Beltsee wurde der Amphipode immer nur sporadisch nachgewiesen. Beide Arten besiedeln Sand- und Schlickböden und sind an kalte Wassertemperaturen gebunden. Sie sind aktive Bioturbatoren, die die Sedimentstruktur, Nährstoffflüsse und die Sauerstoffverfügbarkeit im Sediment beeinflussen. Abgesetztes Phytoplankton und organische Substanzen des Detritus werden als ihre Hauptnahrungsquelle angesehen, hinzu kommen Bakterien und Meiofauna. Sie halten sich in den oberen 5 cm des Sediments auf, aber *P. femorata* wird durchschnittlich tiefer als *M. affinis* gefunden.

#### *Saduria entomon*

Die Ostsee-Riesenassel ist eine Kaltwasserart, die die Ostsee unterhalb von etwa 10 m Wassertiefe besiedelt. Sie ernährt sich hauptsächlich von dem Flohkrebs *M. affinis*. *S. entomon* stellt eine wichtige Nahrung für den Dorsch dar. Durch Sauerstoffmangel war der Bestand regional zeitweise stark zurückgegangen.

#### *Bathyporeia pilosa*

Der kleine Sandflohkrebse besiedelt exponierte, schlickarme Feinsande. Im Bereich der AWZ ist er dementsprechend nur auf Sandbänken anzutreffen. Die Art reagiert empfindlich auf die Erhöhung von Schlickanteilen und Veränderungen der Korngrößenzusammensetzung. Sie gilt



damit als Indikatorart für Auswirkungen von Baggergutverbringung, Rohstoffextraktion und eutrophierungsbedingte Verschlickungen.

#### *Dendrodoa grossularia*

Die kleine Seescheide *Dendrodoa grossularia* ist eine Art des Aufwuchses und kommt in Blockgründen (Riffen) im Sublitoral der Beltsee vor. Die Tangbeere besiedelt Steine, Muscheln und wie der deutsche Name schon ausdrückt Großalgen. Häufig findet man die Tangbeere am Gabeltang (*Furcellaria lumbricalis*). Der Bestand zeigte rückläufige Tendenzen, die wahrscheinlich auf den zeitweisen Rückgang der Braunlagen zurückzuführen waren.

### 2.5.4 Biotoptypen

In der Standard-Biotoptypenliste für Deutschland (RIECKEN et al., 2003) werden die offenen Meeresgebiete der Ostsee, zu denen die deutsche AWZ zu rechnen ist, grob in das Pelagial (freier Wasserkörper) und das Benthos (Meeresboden) differenziert.

Das Pelagial (Code 02.01) wird untergliedert in

Code 02.01.01 Pelagial der offenen Meeresgebiete der Ostsee oberhalb der Halokline

Code 02.01.02 Pelagial der offenen Meeresgebiete der Ostsee unterhalb der Halokline.

Das Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee (Code 02.02) wird nach RIECKEN et al. (2003) wie folgt untergliedert:

Code 02.02.01 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Felssubstrat

Code 02.02.02 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit steinigem Substrat

Code 02.02.03 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit hartem lehmigem Substrat

Code 02.02.04 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Kiessubstrat

Code 02.02.05 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Sandsubstrat

Code 02.02.06 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Schillsubstrat

Code 02.02.07 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Schlicksubstrat

Code 02.02.08 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit gemischtem Substrat

Code 02.02.09 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Muschelbänken

Code 02.02.10 Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee mit Torfsubstrat

Code 02.02.11 Abbaubereich (Sand, Kies usw.) im Benthos der offenen Meeresgebiete der Ostsee

In der deutschen AWZ der Ostsee sind bisher die nach EU-Recht (FFH-Richtlinie, Annex 1) zu schützenden Biotoptypen des Typs 1110 „Sandbänke“ und 1170 „Riffe“ identifiziert worden.

Der Lebensraumtyp 1110 (nach FFH-RL) bezeichnet "Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser" (DOC.HAB. 06-09/03) und 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 Feld- 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."

In der deutschen AWZ der Ostsee wurden gemäß BfN inzwischen aus naturschutzfachlicher Sicht mehrere schützenswerte Sandbänke identifiziert. Der Flächenumfang beträgt insgesamt ca. 570 km<sup>2</sup>, wobei die Oderbank eine besonders große Sandbank darstellt. Aus diesen Gründen wurden die identifizierten Sandbänke durch die FFH-Gebietsmeldungen „Fehmarnbelt“ (DE 1332-301), „Adlergrund“ (DE 1251-301) und „Pommersche Bucht mit Oderbank“ (DE 1652-301) in der AWZ der Ostsee unter Schutz gestellt.

Der Lebensraumtyp 1170 (Riffe) nach FFH-RL 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. Riffe können die Ausbreitung benthischer Algen- und Tierartengemeinschaften sowie Verwachsungen Korallenformationen fördern". (DOC.HAB. 06-09/03). Das "Hartsubstrat" umfasst Felsen (einschließlich weiches Gestein wie Kreidefelsen), sowie Fels- und Steinbrocken, deren Durchmesser generell > 64 mm ist.

In der AWZ der Ostsee treten Riffe und riffartige Strukturen überwiegend als Blockfelder auf Moränenrücken auf. Sie wurden vor allem im Bereich des Adlergrundes, der Rönnebank, der Kadetrinne und des Fehmarnbells festgestellt. Dort liegen ausgeprägte Miesmuschelbänke mit ihren Begleitarten, die für die Ostsee vergleichsweise hohe Artenzahlen aufweisen. Von großer Bedeutung ist hier auch der Pflanzenbewuchs mit großen Algen, vor allem mit Laminarien (Zuckertang), Rotalgen oder Meersaite. In der Kadetrinne kommen sie bis in eine Tiefe von über 20 m vor. Insgesamt wurden gemäß BfN in der deutschen AWZ der Ostsee Riffe auf einer Fläche von ca. 460 km<sup>2</sup> identifiziert. Ein Großteil dieser Flächen (270 km<sup>2</sup>) wurde mit den Gebietsmeldungen „Fehmarnbelt“ (DE 1332-301), „Kadetrinne“ (DE 1339-301), „Westliche Rönnebank“ (DE 1249-301) und „Adlergrund“ (DE 1251-301) unter Schutz gestellt.

#### 2.5.4.1 Fallbeispiel Kadetrinne

Als Beispiel für einen typischen Biotop des Submergenzbandes in der Beltsee (Mecklenburger Bucht) werden hier Ergebnisse der Besiedlungsstruktur des Küstenmonitoringprogramms von 1994 bis 2004 auszugsweise wiedergegeben (IfAÖ 2005).

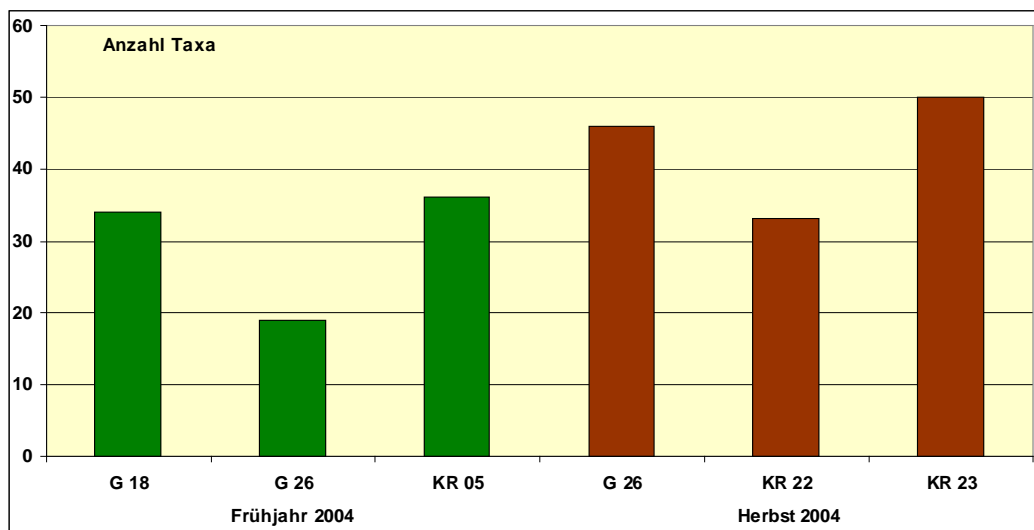


Abbildung 43: Artenzahl an den Stationen des Profils Kadetrinne im Jahr 2004.

Die Kadetrinne gilt als eines der artenreichsten Gebiete der westlichen Ostsee. Insgesamt umfasste die Artenliste der im Jahr 2004 in der Kadetrinne gewonnenen Hols 85 Taxa. Darunter waren 14 Taxa, die zuvor im Rahmen des Küstenmonitoring Makrozoobenthos noch nie gefunden wurden, womit die Bedeutung der Kadetrinne als benthischer Lebensraum deutlich zum Ausdruck kommt. Somit lagen seit Beginn der Untersuchungen im Frühjahr 1996 Nachweise von insgesamt 107 Taxa vor. Die Artenliste beinhaltet neben typischen Sandbodenarten der Ostsee wie *Pygospio elegans* und *Macoma balthica* einen sehr hohen Anteil mariner Arten (z.B. die Polychäten *Autolytus quindecimdentatus*, *Apherusa spinosa*, die Pferdemschel *Modiolus modiolus*, die Islandmuschel *Arctica islandica*, Astarte-Muscheln) und verschiedene Gruppen des Aufwuchses (z.B. Manteltiere Tunicata, Moostierchen Bryozoa, Seenelken Actinaria).

Tabelle 11: Dominierende Arten der Kadetrinne (Submergenzband)

Taxon	Ind./qm <sup>2</sup>
<i>Mysella bidentata</i>	2
<i>Macoma balthica</i>	5
<i>Abra alba</i>	11
<i>Parvicardium ovale</i>	2
<i>Diastylis rathkei</i>	13
<i>Polydora ciliata</i>	2
<i>Polydora quadrilobata</i>	2
<i>Terebellides stroemi</i>	12
<i>Lagis koreni</i>	6
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	2

Zu den dominierenden Arten im Gebiet der Kadetrinne gehören die Kleine Linsenmuschel *Mysella bidentata* (1 000-1 500 Ind./m<sup>2</sup>, Dominanz ca. 40 %) und der Köcherwurm *Lagis koreni*, der an diesen Stationen eine Abundanz von 500-1 800 Ind./m<sup>2</sup> (Dominanz 30-40 %) erreichte. Die dritte Art war der Cumaceen-Krebs *Diastylis rathkei*, deren Bestandsdichte zum Sommer, wie schon oft im Rahmen des Küstenmonitorings beobachtet, deutlich zunahm. Sporadisch erreichten der Polychät *Terebellides stroemi* und die Kleine Pfeffermuschel *Abra alba* an allen Stationen hohe Individuendichten. Mehrere Arten, wie die beiden Muschelarten *Modiolus modiolus* und *Parvicardium ovale* sowie die Polychäten-Arten *Pherusa plumosa* und *Nereimyra punctata* kamen nur zeitweise vor. Jahreszeiten- und tiefenunabhängig war die Verbreitung der Polychäten *Scoloplos armiger* und *Trochochaeta multisetosa*.

In der Kadetrinne wurden 2004 insgesamt 18 Arten der Roten Liste (GOSSELCK et al. 1996) nachgewiesen (Tab. 12). Darunter befanden sich die langlebigen Muscheln *Arctica islandica* (Islandmuschel) und *Astarte borealis*. Die 13 Polychätenarten treten mit wenigen Ausnahmen nur in dem schlickig sandigen Streifen zwischen 12 und 20 m Wassertiefe, dem Submergenzband, auf. Mit der Bodengreifermethode nicht erfasst wurden im Rahmen des Küstenmonitorings die Aufwuchsarten, die auf den Hartböden der Blöcke und Steine leben.

Tabelle 12: Mittlere Besiedlungsdichten (Ind./m<sup>2</sup>) der Rote-Liste-Arten an Stationen der Kadetrinne im Jahr 2004

Arten	Bereich		Station	
	Ostsee	MV	G 18	G 26
<b>Hydrozoa Polypen</b>				
<i>Clava multicornis</i>	P	P	-	-
<b>Gastropoda Schnecken</b>				
<i>Turboella inconspicua</i>	*	P	-	-
<i>Odostomia rissoides</i>	P	P	-	-
<b>Bivalvia Muscheln</b>				
<i>Arctica islandica</i>	3	2	40	2
<i>Astarte borealis</i>	3	3	17	-
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	3	3	3	-
<i>Modiolaria subpicta</i>	3	-	-	2
<i>Mysella bidentata</i>	3	3	983	275
<b>Polychaeta Vielborstige Meerwürmer</b>				
<i>Eulalia bilineata</i>	P	*	-	5
<i>Harmothoe impar</i>	3	3	-	-
<i>Lagis koreni</i>	3	3	250	730
<i>Nephtys caeca</i>	*	P	47	4
<i>Nereimyra punctata</i>	3	3	-	52
<i>Phyllodoce maculata</i>	P	P	-	2
<i>Aricidea minuta</i>	P	P	7	-
<i>Aricidea suecica</i>	*	P	-	2
<i>Scalibregma inflatum</i>	1	0	-	9

Arten	Bereich	MV	Station	Station
	Ostsee		G 18	G 26
<i>Streblospio shrubsoli</i>	*	P	-	-
<i>Terebellides stroemi</i>	*	P	-	625
<i>Travisia forbesii</i>	P	P	-	-
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	*	P	7	102
<b>Crustacea Krebse</b>				
<i>Diastylis rathkei</i>	*	P	13	434
<i>Bathyporeia pilosa</i>	P	*	47	-
<i>Pontoporeia femorata</i>	2	1	-	3
<b>Tunicata Manteltiere</b>				
<i>Dendrodoa grossularia</i>	3	1	-	17

### 2.5.4.2 Besiedlung der „Sandbänke“ in der deutschen AWZ

„Sandbänke“, in der Definition der FFH-Lebensraumtypen, kommen in der deutschen AWZ östlich der Darßer Schwelle am Rande des Arkonabeckens und in der Pommerschen Bucht vor. Sie sind mit Restsedimenten (Blöcke, Geröll, Grobsand, Mittelsand) bedeckt und werden dementsprechend von Sandbodengemeinschaften besiedelt bzw. an Hartböden im euphotischen Bereich mit Großalgen bewachsen.

Die Epifauna auf den Sandböden ist artenarm und besteht im wesentlichen aus Miesmuscheln, die mit Aufwuchsarten bewachsen sind und an denen sich substratgebundenen Arten wie Kleinkrebse aufhalten. Das Gros der Arten hält sich im Sand auf (Infauna). Mollusken- und Polychaetenarten dominieren. Die Artenzahl beträgt am Adlergrund und am Kriegers Flak etwa 110 Arten, während auf der Oderbank nur 21 Arten nachgewiesen wurden. Der Artenrückgang gegenüber der Beltsee ist auf den niedrigen Salzgehalt zurückzuführen.

Die geringe Artenzahl auf der Oderbank ist auf die Homogenität des Lebensraumes zurückzuführen, der aus strukturarmen, ebenen Böden mit Feinsandbedeckung besteht. Unter den extremen Lebensbedingungen (exponierte Sandböden, geringer Salzgehalt) dominieren angepasste Sandbodenarten wie *Pygospio elegans*, die Krebse *Bathyporeia pilosa* und *Crangon crangon* sowie die Muscheln *Mya arenaria*, *Macoma balthica* und *Cerastoderma lamarcki*. Sie erreichen oft sehr hohe Individuendichten und sind im gesamten Gebiet recht homogen verteilt. Die mittlere Abundanz lag zeitweise über 8000 Individuen/m<sup>2</sup>. Drei Arten, *Bathyporeia pilosa*, *Mya arenaria* und *Hydrobia ulvae* stellten zusammen meistens über 70 % der Gesamtindividuenzahl.

Tabelle 13: Dominierende Arten am Kriegers Flak

Taxon	Präsenz %	Ind./qm
<i>Pygospio elegans</i>	94	737
<i>Mytilus edulis</i>	81	394
<i>Macoma balthica</i>	99	227
<i>Hydrobia ulvae</i>	74	188
<i>Scoloplos armiger</i>	69	184
<i>Diastylis rathkei</i>	77	48
<i>Tubificoides benedii</i>	47	40
<i>Clitellio arenarius</i>	33	29
<i>Terebellides stroemi</i>	28	27
<i>Hediste diversicolor</i>	79	24

Tabelle 14: Dominierende Arten am Adlergrund

Taxon	Präsenz %	Ind./qm
<i>Mytilus edulis</i>	88	2.082
<i>Pygospio elegans</i>	91	765
<i>Hydrobia ulvae</i>	79	264

<i>Clitellio arenarius</i>	56	170
<i>Macoma balthica</i>	94	141
<i>Heterochaeta costata</i>	69	96
<i>Hediste diversicolor</i>	86	88
<i>Tubificoides benedii</i>	63	62
<i>Gammarus salinus</i>	59	49
<i>Mya arenaria</i>	47	47

Tabelle 15: Dominierende Arten der Oderbank

Taxon	Präsenz %	Ind./qm
<i>Bathyporeia pilosa</i>	100	1780
<i>Mya arenaria</i>	94	1436
<i>Hydrobia ulvae</i>	82	594
<i>Pygospio elegans</i>	94	393
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	100	376
<i>Macoma balthica</i>	100	309
<i>Hediste diversicolor</i>	100	188
<i>Mytilus edulis</i>	100	85
<i>Marenzelleria viridis</i>	94	70
<i>Tubifex costatus</i>	88	42

### 2.5.4.3 Besiedlung der „Riffe“ in der deutschen AWZ

Nach BfN-Karten treten Riffe und riffartige Strukturen in der AWZ der Ostsee überwiegend als Blockfelder auf Moränenrücken auf. Sie wurden vor allem in den Untersuchungsgebieten des Adlergrundes, der Rönnebank, der Kadetrinne und des Fehmarnbelts festgestellt. Dort liegen ausgeprägte Miesmuschelbänke mit ihren Begleitarten, die für die Ostsee vergleichsweise hohe Artenzahlen aufweisen. Von großer Bedeutung ist hier auch der Pflanzenbewuchs mit großen Algen, vor allem mit Laminarien (Zuckertang), Rotalgen oder der Meersaite. In der Kadetrinne kommen sie bis in eine Tiefe von über 20 m vor.

## 2.5.5 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Benthos

### 2.5.5.1 Anthropogene Einflüsse

#### **Bisherige Nutzungen**

Bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurde der Meeresboden der derzeitigen deutschen AWZ in der Ostsee praktisch nicht genutzt. Beeinflussungen fanden über die Entsorgung von Abfällen der Schifffahrt und durch eine extensive Fischerei statt. Noch heute findet man auf den Hauptschiffahrtslinien Schlackereste der Dampfschiffe. Wenige Kabelverbindungen zu den skandinavischen Ländern durchkreuzten die schmalen Meeresarme. Eine außergewöhnliche Nutzung stellte das Verklappen von Kampfstoffen in Seegebieten östlich von Rügen nach dem 2. Weltkrieg dar.

Direkte Nutzungen des Meeresbodens setzten in den 60er Jahren mit dem Abbau von Kies im Gebiet des Adlergrundes ein. Der Schiffsverkehr nahm zu und wirkte sich durch die direkte Abfallentsorgung auch auf den Meeresboden aus.

#### **Eutrophierung**

Die Ostsee war ursprünglich ein nährstoffarmes (oligotrophes) Meer. Entscheidende Veränderungen traten mit der Zunahme der Pflanzennährstoffe (Eutrophierung) in der Ostsee in der

zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein (ELMGREN, 1989), die größtenteils aus kommunalen und landwirtschaftlichen Einträgen stammten. Deren wichtigste Effekte auf das Ökosystem Ostsee war die Zunahme der planktischen Primärproduktion, der Biomasse des Benthos (CEDERWALL und ELMGREN, 1980) und die Zunahme von Sauerstoffmangelereignissen.

### **Zunehmende Nutzung**

Eine Zunahme der Nutzung bzw. geplanter Nutzung des Meeresbodens erfuhr die Ostsee seit den 90-er Jahren des 20. Jahrhunderts. Es entstanden Pläne für die Nutzung der Windenergie und für Energieträger wie Gas- und Stromleitungen. Der Abbau von Rohstoffen wurde erweitert, findet aber seit 2004/2005 nicht mehr statt. Der Schiffsverkehr, Handelsschifffahrt und vor allem touristischer Bootsverkehr, stiegen stark an.

Zu küstennahen Eingriffen wie Hafen- und Molenbauten sowie damit verbundene Vertiefungen und Verbringung von Baggertgut kam es in der AWZ nicht. Querungen von Brücken und Tunneln befinden sich zwar in der Planung, sind bisher aber nicht realisiert worden. Intensive Aquakulturen als potentieller weiterer Nährstoffquelle sind bisher in der AWZ und generell in der Ostsee aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht vorgesehen.

### **2.5.5.2 Kriterien der Zustandseinschätzung**

Zur Einschätzung der Benthoslebensgemeinschaften werden Kriterien herangezogen, die sich bereits bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen der Vorhaben der Offshore-Windenergieparks in der AWZ der Ost- und Nordsee bewährt haben. Es handelt sich dabei um die Kriterien:

- **Seltenheit und Gefährdung**  
Hierbei wird die Anzahl der seltenen bzw. gefährdeten Arten berücksichtigt. Die Seltenheit/Gefährdung des Bestands kann anhand der nachgewiesenen Rote Liste Arten eingeschätzt werden.
- **Vielfalt und Eigenart**  
Dieses Kriterium bezieht sich auf die Artenzahl und die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftungen. Es wird bewertet, inwieweit für den Lebensraum charakteristische Arten oder Lebensgemeinschaften auftreten und wie regelmäßig diese vorkommen.
- **Natürlichkeit**  
Für dieses Kriterium wird die Intensität der fischereilichen Nutzung, welche die bedeutendste 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.

### **2.5.5.3 Schlussfolgerungen**

#### **Kriterium: Seltenheit und Gefährdung**

Nach den aktuell vorliegenden Untersuchungen wird das Makrozoobenthos der AWZ der Ostsee aufgrund der Anzahl Rote-Liste-Arten als durchschnittlich angesehen. Unterstützt wird diese Einschätzung dadurch, dass in der „Roten Liste und Artenliste der benthischen wirbellosten Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee“ insgesamt 66 gefährdete Arten aufgeführt werden (GOSSELCK et al., 1996, Seite 41-51). Die 66 Arten repräsentieren über 17 % des Gesamtbestandes. Nach derzeitigem Kenntnisstand weist die AWZ der deutschen Ostsee 38 Rote Liste-Arten auf (Fachbeitrag des BFN). Eine Artenliste für die gesamte AWZ liegt derzeit nicht vor. Hinweise über die Artenvielfalt geben aber die Untersuchungen von KOCK (2001), in deren Verlauf im Tiefwasserbereich des Fehmarnbells über 110 verschiedene Makrozoobenthosarten gefunden wurden. ZETTLER et al. (2000) geben für den Tiefwasserbereich der Mecklenburger Bucht über 180 Arten an. In der Arkonasee wurden nach ZETTLER et al. (2003) bisher über 126 Arten nachgewiesen. Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zu Offshore-Windenergieparkvorhaben wurden im selben Seege-

biet in kleinen Teilflächen zwischen 83 und 113 Taxa des Makrozoobenthos identifiziert. Somit ist damit zu rechnen, dass sich die Artenzahl der gesamten AWZ wahrscheinlich auf mehr als 200 belaufen wird, sodass der prozentuale Anteil von Rote Liste-Arten in der AWZ im Bereich des Wertes von GOSELCK et al. (1996) liegen wird.

#### **Kriterium: Vielfalt und Eigenart**

Das Arteninventar der AWZ der Ostsee ist mit seinen ca. 200 Makrozoobenthosarten im Vergleich zur Checkliste von GERLACH (2000), in der er allein für die Kieler Bucht insgesamt 719 Taxa aufführt, als durchschnittlich anzusehen.

Auch die Benthoslebensgemeinschaften weisen größtenteils keine Besonderheiten auf. Bei höheren Salinitäten, wie sie in den tieferen Horizonten (ab ca. 20 m) noch in der deutschen Beltsee herrschen, sind die Voraussetzungen für eine relativ artenreiche *Abra-alba*-Zönose gegeben, deren namengebende Kleine Pfeffermuschel (*Abra alba*) von der Körbchenmuschel (*Corbula gibba*), der Islandmuschel (*Arctica islandica*), dem Köcherwurm (*Lagis koreni*), dem Vielborster *Nephtys spec.*, dem Krebs *Diastylis rathkei* oder dem gemeinen Schlangensterne (*Ophiura albida*) begleitet wird. Hinzu kommen eine Reihe weiterer marin-euryhaliner Vielborster, Krebse und Muscheln. In der eigentlichen Ostsee herrscht in den flacheren Gebieten die *Macom-balthica*-Zönose unter salzgehaltsbedingter Artenabnahme vor.

#### **Kriterium: Natürlichkeit**

Hinsichtlich des Kriteriums Natürlichkeit ist festzustellen, dass das Benthos aufgrund der Vorbelastungen (Eutrophierung, Schadstoffeinträge und Fischerei) von seinem ursprünglichen Zustand abweicht. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Störung der Bodenoberfläche durch intensive Fischereitätigkeit, die eine Verschiebung von langlebigen Arten (Muscheln) hin zu kurzlebigen, sich schnell reproduzierenden Arten verursacht. Deshalb entspricht heute weder die Artenzusammensetzung noch die Biomasse des Zoobenthos dem Zustand, der ohne menschliche Nutzungen zu erwarten wäre.

Zusätzlich zu den oben genannten Bewertungskriterien kann das Ostsee-Sukzessionsmodell von RUMOHR (1996) zur Beschreibung der Situation der benthischen Lebensgemeinschaften in der Ostsee herangezogen werden. Aufgrund der besonderen hydrographischen und morphologischen Merkmale der Ostsee sowie natürlicher Ereignisse (Salzwassereinträge, Sauerstoffmangel) und anthropogener Einflüsse (Eutrophierung, Schadstoffeinträge) lässt sich seit Jahren eine Abfolge (Sukzession) von typischen Benthoszuständen erkennen. RUMOHR (1996) unterscheidet eine Abfolge von typischen Zuständen und definiert insgesamt fünf verschiedenen Stadien. Die definierten Stadien des Ostsee-Modells sind im einzelnen:

- **Stadium 1** stellt eine stabile, von Muscheln bzw. Echinodermen dominierte (Klimax-) Gemeinschaft mit tief siedelnden langlebigen Arten in wohldurchmischtem, oxischem Sediment (mit tief liegender Redox-Schicht) dar, heute kaum noch anzutreffen.
- **Stadium 2** ist eine von Muscheln und langlebigen Polychaeten dominierte, starken Fluktuationen unterworfenene Gemeinschaft mit erhöhter Biomasse u.a. als Folge der Eutrophierung.
- **Stadium 3** zeigt eine biomassearme Kleinpolychaeten-Gemeinschaft mit starken Schwankungen der Populationsparameter und gelegentlichen Auslöschungen durch Sauerstoffmangel. Hier liegt die Grenzschicht zum sauerstofffreien Sediment (Redox-Diskontinuitätsschicht) bereits dicht (einige mm) unter der Sedimentoberfläche.
- **Stadium 4** ist bereits ohne Makrofauna, oft findet man *Beggiatoa*-Rasen, vereinzelt noch vagile (bewegliche) Epifauna (*Harmothoe*), erste Feinschichtung (Laminierungen) im Sediment kann man als „Jahresringe“ deuten.
- **Stadium 5** zeigt ein langfristig tieffreies (azoisches) Sediment mit laminiertes Feinschichtung (Landsort Tief).

In der folgenden Tab. 16 wird der Zustand der Meeresumwelt der Ostsee von 1932 und 1989 anhand der Stadien 1-5 des Benthos-Modells verglichen.

Tabelle 16: Vergleich des Zustands der Meeresumwelt 1932 und 1989 in der Ostsee anhand der Stadien 1-5 des Benthos-Modells (nach Rumohr, 1996; aufgeführt sind nur die deutschen Ostseebereiche)

Gebiet	Hagmeier(1932)	Stadium	1989	Stadium
Beltsee	ohne Befund	1	Biomasseanstieg, organische Belastung unklarer Trend	2
Kieler Bucht	ohne Befund	1	unterh. Halokline starke Schwankungen, Erholung seit 1981	2-3
Mecklenburger Bucht	ohne Befund	1	oberhalb Halokline Biomasseanstieg	2-3
Arkona Becken	61,7 g	1-2	bislang noch vital, 1989 erste Zeichen von Fäulnis	3-4

Aus der Tabelle 16 wird ersichtlich, dass in allen Gebieten eine Verschlechterung um mindestens eine Stufe eingetreten ist. Besonders betroffen von einem Wechsel ist das Übergangsbereich von der Beltsee in die eigentliche Ostsee, wo sich frühere ertragreiche Fischereigebiete zu fast organismenfreien Gebieten gewandelt haben.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die AWZ der Ostsee hinsichtlich des Arteninventars der Benthosorganismen keine herausragende Bedeutung hat. Auch die identifizierten Benthoslebensgemeinschaften weisen großräumig keine Besonderheiten auf. Bei Anwendung des Ostsee-Sukzessionsmodells von RUMOHR (1996) zeigt sich, dass sich der benthologische Zustand der Ostsee von 1932 bis 1989 um mindestens eine Stufe verschlechtert hat. Allerdings sind die einzelnen Schritte in diesem Sukzessionsmodell auch umkehrbar, wenn sich die Bedingungen infolge von Umweltverbesserungen verändern.

## 2.6 Fische

Die Meere von der Oberfläche bis in die Tiefseeergräben sind von Fischen besiedelt, die sich den jeweils vorherrschenden Lebensbedingungen angepasst haben. Selbst warme Quellen mit Wassertemperaturen bis über 50°C werden von Fischen besiedelt. Umgekehrt vertragen andere Fische auch extrem niedrige Temperaturen. In arktischen und antarktischen Meeren leben sie lange Zeit in Wasser, dessen Temperatur nur wenig über dem Gefrierpunkt liegt. Fische kleiner, flacher Gewässer (Karausche, Zwergwels, Hundsfisch) überstehen zuweilen das Einfrieren im Eis (MÜLLER, 1983).

Neben den Walen stellen die Fische einer der bekanntesten Gruppen der marinen Fauna. Von je her werden Fische als Nahrungsquelle vom Menschen genutzt und stellen somit eine der wichtigsten biologischen Ressourcen des Meeres. Die mit dieser Nutzung verbundene intensive Fischerei, hat zum Teil erhebliche Folgen für die Fischbestände. Besonders auffällig sind diese Folgen u. a. bei der Zusammensetzung der demersalen (bodennahen) Fischgemeinschaft. So zeichnete sich z. B. die demersale Fischgemeinschaft der Nordsee zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch eine höhere Diversität aus als die heutige (RIJNSDORP et al., 1996). Für die Fischfauna der Ostsee kommt erschwerend hinzu, dass neben den anthropogenen Beeinträchtigungen wie Überfischung, Schadstoffeinträge, Eutrophierung, Schifffahrt, Rohstoffabbau und Tourismus das Ökosystem der Ostsee durch besondere topographische und hydrographische Verhältnisse einer starken Veränderlichkeit unterworfen ist. Seit ihrer Entstehung als Eisstausee vor rund 10.000 Jahren unterliegt die Ostsee den Veränderungen ihrer Umwelt in auffälligem Maße, die durch Absterbe- und Wiederbesiedlungsphasen geprägt sind. Ökologisch gilt die Ostsee als junges Meer, das noch nicht mit seinen Umgebungsbedingungen im Gleichgewicht steht.

Im Folgenden werden wesentliche topographische und hydrographische Eigenschaften der Ostsee, die für die Fischfauna von Bedeutung sind, genannt. Anschließend erfolgt eine Be-



beschreibung der Ostsee-Fischgemeinschaften sowie der Situation in der AWZ mit einer abschließenden Zustandseinschätzung der Fischgemeinschaften in der AWZ.

## 2.6.1 Fischfauna der Ostsee

### 2.6.1.1 Historische Entwicklung der Ostsee-Fischfauna

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte des Ostseeraums haben sich die Fischgemeinschaftsstrukturen immer wieder dramatisch verändert. Trotz dieser dramatischen Wechsel sind von den ehemals vorkommenden Vergesellschaftungen immer Arten reliktsch übrig geblieben.

Als vor mehr als 10.000 Jahren der Baltische Eisstausee als ein Süßwassermeer entstand, bot er wahrscheinlich Arten, die kaltes Wasser lieben oder wenigstens tolerieren, Lebensbedingungen. Zu ihnen gehören Saibling, Lachs, Forelle, Stint, Große und Kleine Maräne.

Meeresfische tauchten erst vor 9.000 bis 10.000 Jahren im Ostseeraum auf, als durch eine Verbindung des Ostseebeckens zur Nordsee und zum Weißen Meer das salzige Yoldia-Meer entstand. Arktische Meeresfische konnten jetzt in das Gebiet eindringen. Davon sind solche, die gegen nachfolgende Salzgehaltsschwankungen unempfindlich waren, bis heute in der Ostsee heimisch. Hierzu gehört der extrem euryhaline Vierhörnige Seeskorpion (*Myxocephalus quadricornis*), den man in der nördlichen und mittleren Ostsee findet. Auch eine sehr euryhaline Rasse des Herings sowie der Scheibenbauch (*Liparis liparis*) und der Spitzschwänzige Bandfisch (*Lumpenus lampraeformis*) sind im östlichen Teil der Ostsee heimisch und dringen weit in ihre nördlichsten Gebiete vor. Nur der Saibling (*Salvelinus alpinus*) hat sich weitgehend zurückgezogen. Restbestände gibt es noch im nördlichen Teil des Bottnischen Meerbusens.

Der in der wärmeren Aussüßungsperiode vor 7.000 bis 9.000 Jahren entstandene Ancylussee schaffte die Voraussetzung für die Verbreitung einer großen Zahl von Süßwasserfischen im gesamten baltischen Raum, was zu dem gegenwärtigen Verteilungsmuster einer ganzen Reihe von Süßwasserfischen rings um die Ostsee in Küstengewässern, Seen und Flussmündungen geführt hat. Dazu gehören u.a. Äsche (*Thymallus thymallus*), Hecht (*Esox lucius*), Plötze (*Rutilus rutilus*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*), Aland (*Leuciscus idus*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Rottfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Güster (*Blicca bjoerkna*), Blei (*Abramis brama*), Zärte (*Vimba vimba*), Quappe (*Lota lota*), Stichling (*Gasterosteus aculeatus*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Zander (*Sander lucioperca*) und Wels (*Silurus glanis*). Für eine ganze Anzahl von Süßwasserfischarten bestehen engere Beziehungen zum Schwarzen und Kaspischen Meer als zur Atlantikküste.

Vor etwa 7.000 Jahren begann wieder salzhaltiges Wasser aus der Nordsee durch die Rinnen der heutigen Beltsee in den Ancylussee einzudringen. Es entstand das Litorinameer, und eine neue, marine Fauna wanderte bis in den Bottnischen und Finnischen Meerbusen hinein. Vor 5.000 Jahren hatte diese Periode einen Höhepunkt erreicht. Der Salzgehalt in der Ostsee lag wesentlich über der heutigen Konzentration. Dies und ein gleichzeitig in unseren Breiten auftretendes postglaziales Wärmemaximum hatten vorübergehend einen großen Artenreichtum der marinen Fauna zur Folge. Im Verlauf der letzten 3.000 bis 4.000 Jahre wurde die Ostsee zunehmend wieder brackiger, und nur wenige marine Fischarten blieben. Diese sind in der Lage, das Brackwasser so zu nutzen, dass sie große Bestände in dem durch ungewöhnliche ökologische Verhältnisse gekennzeichneten Lebensraum aufbauen können. Für Süßwasserfischarten wurde die Lebenssituation besonders in den nordöstlichen Gebieten, im Westen auch in den Förden und Strandseen wieder günstiger. Der höhere Salzgehalt des Brackwassers in den offenen Teilen der Ostsee verhindert für sie aber eine wirklich großräumige Eroberung dieses Meeres (NELLEN und THIEL, 1995).

### 2.6.1.2 Heutige Fischfauna der Ostsee

Das erdgeschichtlich extrem niedrige Alter der heutigen Ostsee ließ die Evolution einer eigenständigen spezifischen Fischfauna nicht zu. Nur anpassungsfähige Fischarten sind hier heimisch und zu Standfischen geworden. Wanderfischarten benutzen sie großräumig als Nahrungsraum, z. B. Lachs und Aal. Andere Arten treten unregelmäßig als Gäste auf. Das Erscheinen solcher Gastfische hat unterschiedliche Ursachen. Es kann auf einen Populationsdruck in den primären Lebensräumen - der Nordsee oder Zuflussgewässern - oder aber auf hydrographische Ereignisse wie Meerwasserimporte in die Ostsee zurückgehen. Diese Gäste können sich hier aber nicht fortpflanzen und verschwinden regelmäßig bald wieder, entweder durch Auswanderung oder dadurch, dass sie zugrunde gehen.

Die erste zusammenfassende Arbeit über das Vorkommen von Fischarten in der Ostsee und ihre regionale Verteilung schrieben 1883 Karl Möbius und Friedrich Heincke. Vor und nach dem zweiten Weltkrieg erschienen weitere regional begrenzte Darstellungen über die Fischfauna der Ostsee (MEYER, 1935; DUNCKER und LADIGES, 1960). Neuere Forschungsarbeiten in den 1970er und 1980er Jahren, die vor allem auf Betreiben des Internationalen Rats für Meeresforschung durchgeführt wurden, haben die gegenwärtige Situation der Fischbestände in der Ostsee dargestellt (FRICKE, 1981; MÜLLER, 1982; BAGGE und RECHLIN, 1989). Neuere Darstellungen zur Fischfauna der deutschen Ostseeküste berufen sich vor allem auf diese Quellen, ergänzt durch neuere zumeist lokale Beobachtungen und Nachweise (NELLEN und THIEL, 1995; THIEL et al., 1996; WINKLER et al., 2000; WINKLER und SCHRÖDER, 2003). Das trifft auch auf die 1994 erstellte Rote Liste der Fische der deutschen Ostseeküste zu (FRICKE et al., 1996; FRICKE et al. 1998).

Nach VOIPIO (1981) trifft man in der Ostsee auf insgesamt gut 100 Fischarten, darunter ca. 70 Meeresfische, 7 Diadrome und 33 Süßwasserfische. THIEL et al. (1996) beziffern die Ostseefischarten auf 144, die sich aus 97 Meeresfischarten, 7 Wander- und 40 Süßwasserfischarten zusammensetzen. Werden alle jemals in der Ostsee aufgetretenen Einzelnachweise mit berücksichtigt, besteht die Liste der Ostseefische derzeit aus 176 Arten (WINKLER et al. 2000).

In der umfassenden und aktuellen Übersicht von WINKLER und SCHRÖDER (2003) werden für die gesamte deutsche Ostseeküste 151 Arten aufgeführt. Hierbei umfasst das Bezugsgebiet die Ostseeküsten von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, äußerlich begrenzt durch die mit den Nachbarländern festgelegte Mittellinie (entsprechend der Definition von FRICKE et al., 1996). Die Dokumentation enthält alle Arten, für die aus unserem Ostseegebiet ein im wissenschaftlichen Sinne verbürgter Nachweis, und sei es auch nur in einer Publikation, vorliegt. In Anlehnung an Formulierungen von MÖBIUS und HEINCKE (1883) werden die Arten nach der Art der Nutzung des Gebietes als Lebensraum in folgende 4 Kategorien eingeteilt:

- Marine Standfische (stationär) (ständig im Gesamtgebiet, pflanzen sich in der Ostsee fort; lokal können sie stationär sein oder auch migrieren)
- Marine Wander- u. Irrgäste (Regelmäßig, sporadisch oder extrem selten aus der Nordsee einwandernd, keine Reproduktion im Gebiet, Gastarten bzw. Irrgäste)
- Diadrome Wanderfische (regelmäßiger Lebensraumwechsel zwischen Salz- und Süßwasser, anadrome, z.B. Rundmäuler und Lachs, und katadrome Arten, Aal)
- Süßwasserfische (Reproduktion im oligohalinen Brack- oder reinen Süßwasser, stationär u. migrierend).

Der Begriff diadrome Wanderarten wurde ähnlich wie bei MOYLE und CECH (2000) etwas weiter gefasst und es wird unterschieden in:

- Anadrome (Laichplatz im Süßwasser, Weidegebiete im Brack- oder Seewasser; Beispiel: Neunaugen, Maifische, Lachse),

- Semianadrome (laichen im oberen Ästuar/salzarmen Brackwasser oder Süßwasser, Weidegebiete im Brackwasser; Beispiel: Zährte, Ziege, Ostseeschnäpel, Stint) und
- Katadrome (Gegenteil des anadromen Typs, Beispiel: Aal, Flunder z. T.) Arten.

Während Gastarten biologisch bedingt mit gewisser Regelmäßigkeit im Gebiet vorkommen (meist Weidewanderung), ist das Auftreten von Irrgästen kaum vorhersehbar und in der Regel an ungewöhnliche hydrographische und meteorologische Bedingungen geknüpft. Insgesamt zählen nicht ganz die Hälfte aller Arten zu den im Gebiet stationären Fischen, 18 % sind regelmäßige Gäste, 29 % Irrgäste und 8 % sind über beabsichtigte oder unbeabsichtigte Besatzmaßnahmen zumeist nur zeitweilig in die Ostsee eingebracht worden. Die Autoren dokumentieren, dass sich die Gesamtartenzahl gegenüber dem Stand aus dem 16. Jahrhundert verdoppelt hat, wobei der Zuwachs in erster Linie im Bereich der marinen Arten erfolgte. Seit MÖBIUS und HEINCKE (1883) sind die Relationen in etwa ähnlich, 2/3 marine, und 1/3 diadrome und Süßwasserfischarten. Diese Relationen werden auch durch die aktuelle Dokumentation von WINKLER und SCHRÖDER (2003) mit 2/3 mariner Arten, 12 % diadrome Wanderer und 21 % Süßwasserfische bestätigt.

Zur Beschreibung der Präsenz der Fischarten werden von den Autoren die abgestuften Häufigkeitsangaben von sehr selten über selten, regelmäßig, häufig bis sehr häufig verwendet. Die Übersicht von WINKLER und SCHRÖDER (2003) ergibt, dass 44 Arten sehr selten, 36 selten, 33 regelmäßig, 24 häufig und 13 Arten sehr häufig in der deutschen Ostsee auftreten. Damit treten ca. 46 % der Fischarten (70 von 151) regelmäßig bis sehr häufig und ca. 54 % selten bis sehr selten in der Deutschen Ostsee auf. Allerdings sind nach den vorliegenden aktuellen Nachweisen aus den letzten 10 Jahren 76 % der aufgeführten 151 Arten wenigstens mit einem Fang im Vorkommen bestätigt. Für den Rest liegen nur Nachweise aus weiter zurückliegenden Zeiten bzw. aus der Literatur (z.B. DUNCKER und LADIGES, 1960; FRICKE 1987; FRICKE et al., 1996) vor.

Zu den sehr häufigen Fischen gehören die marinen Fischarten Hering, Sprotte, Dorsch, Kleiner und Großer Sandaal, Sand- und Strandgrundel, die Plattfische Kliesche und Flunder sowie der Dreistachelige Stichling, der sowohl marin als auch im Süßwasser vorkommt. Der Hering in der Ostsee wird in der Literatur auch als eigene Unterart (*Clupea harengus membras*) geführt, gleiches gilt für den sogenannten Ostseedorsch (*Gadus morhua calaris*). Die im Vergleich zur Nordsee anderen Umweltbedingungen bewirken andere Wachstumscharakteristika, Körperproportionen etc. In der östlichen Ostsee bleibt der Hering z. B. deutlich kleiner, wird bei geringeren Körpergrößen geschlechtsreif und wird deshalb auch mit einem eigenen Namen („Strömling“) bezeichnet. Weiterhin gehören noch der Stint als diadromer Wanderer und die Süßwasserfische Flussbarsch und Zander zu den sehr häufigen Arten. Häufige Arten sind z. B. die diadromen Wanderer Lachs und Meerforelle, die Süßwasserfische Aland, Blei und Güster, sowie die marinen Fische Wittling, Hornhecht, Seehase und Scholle. Die vielen Cyprinidenarten (Karpfen- und Weißfische) in der Liste beschränken sich in ihrem Vorkommen hauptsächlich auf die ausgesüßten Ostseerandgewässer. Die meisten Arten dieser Gruppe sind im Oderästuar zu finden. Die Großsalmoniden, von denen der Lachs im Binnenbereich den Status als FFH-Art hat, werden durch fischereiliche Fördermaßnahmen gestützt. Dazu zählt auch der Ostseeschnäpel (*Coregonus lavaretus baltica* THIENEMANN, 1922), der als Unterart geführt wird und auf Vorschlag von KOTTELAT (1997) jetzt als *Coregonus maraena* (BLOCH, 1779) zu bezeichnen ist. Durch umfangreiche Fördermaßnahmen scheinen sich die Bestände dieser semianadromen Art in den letzten 10 Jahren deutlich vergrößert zu haben.

Das diadrome Meerneunauge und das Flussneunauge als Vertreter der Agnathen kommen selten bzw. regelmäßig in unseren Ostseeabschnitten vor. Zu den sehr seltenen Fischen zählen alle Vertreter der Knorpelfische (Haie und Rochen). Es handelt sich dabei ausnahmslos um Irrläufer, deren Nachweise sich hauptsächlich auf das Schleswig-Holsteinische Gebiet am Ausgang der Belte bzw. im Sund beschränken. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns wurde in den letzten 20 Jahren kein Nachweis registriert (SCHRÖDER, 1980). Der letzte Dornhainachweis liegt 30 Jahre zurück.

Weiterhin gehören die beiden diadromen Wanderer Finte (*Alosa fallax*) und der Maifisch (*Alosa alosa*) zu den seltenen bzw. sehr seltenen Arten. Weil aus früheren Zeiten keine Maifischnachweise aus der Ostsee vorlagen, galt diese Art für unseren Bereich als potenziell nicht existent (vgl. DUNCKER und LADIGES, 1960; SCHRÖDER, 1980; WINKLER, 1991). Überraschenderweise wurde 1998 ein Exemplar im Strelasund gefangen, einige weitere Einzelnachweise erfolgten zeitgleich an der polnischen und schwedischen Küste. Daher wurde diese international geschützte Art (FFH) in die Liste von WINKLER und SCHRÖDER (2003) neu aufgenommen. Ähnlich überraschend hat sich die Situation bei der verwandten Finte geändert. Nachdem in den 70er Jahren die letzten Nachweise an unserer Küste registriert wurden, war sie fast 30 Jahre verschwunden (WINKLER, 1991), demzufolge wurde sie in der Roten Liste als ausgestorben geführt. Seit 1998 mehren sich die Nachweise an unserer Küste, bei Fängen in der offenen Ostsee ist sie mittlerweile regelmäßig bis häufig vertreten. Diese Entwicklung läuft parallel zu Beobachtungen in den östlichen Nachbarstaaten (Polen, Litauen). Über die Ursachen lässt sich nur spekulieren. Auch der Stör (*Acipenser oxyrinchus*) zählt zu den sehr seltenen Arten. Neueste genetische und morphometrische Analysen an historischem Material aus der gesamten Ostsee belegen, dass es sich bei dem ehemals sogenannten Baltischen oder Ostseestör nicht wie bislang angenommen um *Acipenser sturio*; sondern um Abkömmlinge der heute noch in Nordamerika verbreiteten Art *Acipenser oxyrinchus* (LUDWIG et al., 2002) handelte. Das ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass diese Art im Gebiet als ausgestorben einzustufen ist. Regelmäßig werden Störfänge verschiedener Arten gemeldet, die auf Besatzmaßnahmen zurückgehen (GESSNER et al., 2000). Gegenwärtig läuft in der Bundesrepublik ein Projekt zur Wiederansiedlung des Atlantischen Störs in der Ostsee.

### **Gefährdung der Ostseefische**

Nur rund 30 % der in der Ostsee ständig vorkommenden Arten (ohne Wanderarten) sind nach dem Rote Liste-Status als gefährdet eingestuft worden (FRICKE et al., 1996; FRICKE et al., 1998), wohingegen im Binnenbereich Deutschlands 72 % der einheimischen Arten einer Gefährdungskategorie zugeordnet sind (von ausgestorben bis potenziell gefährdet) (BLESS et al., 1994).

Unter den im marinen Bereich gefährdeten Arten sind alle diadromen Wanderer und auch die Süßwasserfische, die in den Roten Listen für die deutschen Binnengewässer einem Gefährdungsstatus zugeordnet sind. Verglichen damit erscheinen die marinen Standfische im Moment als relativ gering gefährdet (WINKLER und SCHRÖDER, 2003).

### **Gegenwärtige Struktur der Ostsee-Fischgemeinschaften**

Die Struktur der Fischgemeinschaften wird durch die Umwelt bestimmt. Einerseits hängt sie von der Ausprägung des Lebensraumes und andererseits von abiotischen (unbelebten) Faktoren wie z. B. Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Wassertemperatur ab. In der Ostsee hat der Salzgehalt für die Struktur der Fischgemeinschaften eine große Bedeutung. Da dieser in der Ostsee einen horizontalen Gradienten aufweist (Abnahme von West nach Ost) haben sich dementsprechend regional unterschiedliche Fischgemeinschaften entwickelt. Insofern lassen sich in der Ostsee sowohl lebensraumtypische als auch regionaltypische Fischgemeinschaften unterscheiden.

### **Lebensraumtypische Fischgemeinschaften**

Der marine Lebensraum gliedert sich in das Pelagial und das Benthos. Mit dem Begriff Pelagial wird die Zone des freien Wassers bezeichnet und das Benthos umfasst den Boden und den Rand der Meere. Die Zahl der Fischarten im Pelagial beträgt nur etwa ein Zehntel der Zahl benthischer Fische (SOMMER, 1998).

Das Pelagial wird von schwimmenden (Nekton) und treibenden Organismen (Plankton) besiedelt und wird in den neritischen und in den ozeanischen Bereich eingeteilt. Der neritische Bereich erstreckt sich über den Kontinentalsockeln und erreicht selten eine Tiefe von über 200 m. Manche Randmeere wie die Ost- und Nordsee gehören ausschließlich dem neritischen Bereich an. Biologisch gesehen ist vor allem die Unterscheidung einer oberflächennahen, euphotischen Zone (ausreichendes Lichtangebot für Photosynthese) und einer dunklen, aphotischen Zone in der Tiefe wichtig (SOMMER, 1998).

Das Benthal ist der Siedlungsraum für Organismen, die an Substratoberflächen gebunden sind oder die innerhalb von Weichsubstraten leben. Benthische Organismen, in ihrer Gesamtheit als Benthos bezeichnet, können sowohl sessil (festsitzend) als auch beweglich sein. Der ufernahe Bereich des Benthals wird als Litoral bezeichnet.

Nach NELLEN und THIEL (1995) haben sich in der Ostsee drei unterschiedliche Fischgemeinschaften herausgebildet, eine pelagische, eine benthische und eine litorale. Die Grenzen sind fließend, d.h. es besteht ein Austausch von Individuen zwischen den Gemeinschaften. Eine bedeutende Vermischung der pelagischen und litoralen Fischgemeinschaften tritt alljährlich auf, wenn pelagische Fische, allen voran der Hering, ihre Laichgründe in den Küstengewässern aufsuchen. Viele Fischarten der Ostsee haben ihre Laich- und auch Fressgebiete in Küstengewässern:

- Die pelagische Fischgemeinschaft wird durch den in der gesamten Ostsee vorkommenden Hering dominiert. Sprotte, Lachs und Meerforelle sind weitere charakteristische Vertreter. Die Heringsbestände werden in mehrere Frühjahrs- und Herbstlaicher-Bestände unterteilt. Bei der Sprotte werden drei Bestände unterschieden, deren Vermischung mit den Sprottbeständen im Kattegat und Skagerrak gering zu sein scheint.
- Die wirtschaftlich wichtigsten Vertreter der benthischen Fischgemeinschaft sind Dorsch (*Gadus morhua*), Flunder (*Platichthys flesus*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*). Beim Dorsch werden zwei Bestände unterschieden, einer westlich von Bornholm, der andere östlich dieser Insel. Eine Vermischung beider Bestände ist im Arkona- und Bornholmbekken beobachtet worden. Unter den Plattfischen ist die Flunder über die gesamte Ostsee verbreitet, ausgenommen nur die Bottenwiek und der östlichste Teil des Finnischen Meerbusens. Neben den genannten, auch kommerziell genutzten Arten sind verschiedene Kleinfischarten (z.B. Grundeln) wichtige Glieder innerhalb der Fischgemeinschaften der Ostsee. Über ihre Verbreitung ist bisher wenig bekannt. Für die Küstengewässer der südlichen Beltsee- und Arkonasee wiesen WINKLER und THIEL (1993) in einer aktuellen Aufnahme 18 Kleinfischarten nach, darunter 5 Grundel-, 3 Stichlings-, 3 Seenadel-, 2 Gropen-, 2 Panzerwangen-, 2 Sandaalarten und 1 Butterfischart.
- Innerhalb der litoralen Fischgemeinschaft finden sich fast nur die juvenilen Individuen der pelagischen Arten. Dieser Lebensraum ist in der Ostsee durch dichten Bewuchs mit Algen und Seegras gekennzeichnet. Er bietet auch viele Schlupfwinkel für kleine Arten, die wiederum die Nahrung für größere Fische bilden. Die ruhigen, flachen Gewässer der Bodden und Haffe sind nahrungsreiche Aufwuchsgebiete vieler, ökonomisch wichtiger pelagischer und benthischer Fische (NELLEN, 1968). Die Bodentierfauna ist hier ebenfalls reichlich entwickelt. Jung- und Kleinfische haben einen hohen Anteil an der gesamten Fischproduktion (THIEL, 1991). In den Bodden, Haffen und Lagunen der südlichen Arkona-, Bornholm- und Gotlandsee werden zwei aus Jung- und Kleinfischen bestehende Fischgemeinschaften voneinander unterschieden (THIEL, 1991). Bis zu einer Wassertiefe von etwa 1,5 m trifft man auf eine Flachwassergemeinschaft, in der die Jungfische von Flussbarsch und Plötze sowie die Stichlinge (*Gasterosteus aculeatus* und *Pungitius pungitius*) dominieren. Ab 1,5 m Wassertiefe gibt es die Freiwassergemeinschaft, bestimmt durch hohe Häufigkeitsanteile von Hering oder Stint (*Osmerus eperlanus*).

### **Regionaltypische Lebensgemeinschaften**

Die Vorkommengrenzen der Ostsee-Organismen werden weitgehend durch ihr genetisch bedingtes abiotisches Potenzial bestimmt, d.h. durch die Toleranz gegenüber den verschiedenen Faktoren wie Salzgehalt, Temperatur und Sauerstoffgehalt und durch die Leistungen innerhalb ihrer Toleranzbereiche. Dabei sind nicht nur die Adulten, sondern besonders die meist empfindlicheren Entwicklungsstadien zu berücksichtigen. Insgesamt stellt die heutige Fischfauna der Ostsee ein Gemisch von Süßwasserfischen sowie alten und neuen Einwanderern aus marinen Gebieten wie der Nordsee dar. Die Verteilung der Ostseefische ist vorrangig vom Salzgehalt abhängig, wobei dieser in Richtung Ost und Nord abnimmt (siehe auch Kap. 2.7.1). Dies hat zur Folge, dass sowohl die Anzahl der Arten als auch die Individuenzahl der Meerestische nach Osten und Norden hin abnimmt. Dies gilt besonders für die Meerestische. Die Süßwasserarten haben ihr Maximum in den Küstengewässern der mittleren Ostsee. Der wichtigste Lebensraum der Fische der Ostsee sind die Flachwassergebiete. Hier ist das Nahrungsangebot sowohl für die Larven als auch für die erwachsenen Bodentierfresser am günstigsten.

Während in der Nordsee 120 Meerestischarten heimisch sind, findet man in der Kieler und Mecklenburger Bucht noch 70, in der südlichen und mittleren Ostsee 40 bis 50 und in der Alandsee, im Finnischen Meerbusen und in der Bottensee 20 Arten (REMANE, 1958).

Nach NELLEN und THIEL (1995) herrschen in der westlichen Ostsee die marinen Fischarten vor. Die meisten leben am Boden im flachen Wasser. Viele sind klein und ohne wirtschaftliche Bedeutung. Nur drei Arten, Hering, Sprotte und Dorsch, nehmen eine kommerziell wichtige Stellung ein. Interessant ist ein Blick auf die Herkunft der in die Ostsee eingewanderten Fischarten. Die Nordsee ist ein Mischgebiet von Fischen, deren Verbreitungsschwerpunkt entweder weiter im Norden (Norwegen - Island) oder im Süden (Englischer Kanal - Biskaya) liegt. In der westlichen Ostsee sind mit wenigen Ausnahmen alle häufigen Meerestische typische „Nordfische“, insbesondere der Dorsch, Wittling, Scholle und Kliesche. Sie werden offenbar besser mit den niedrigen Wintertemperaturen der Ostsee fertig als die „Südfische“. Gäste aus der Gruppe „Nordfische“ sind vor allem im tieferen Wasser anzutreffen, wo sie besonders im zeitigen Frühjahr zu beobachten sind. Unter den seltenen Gästen der westlichen Ostsee finden wir mehr „Südfische“ (Makrele, Stöcker, Schellfisch, Knurrhähne, Sardelle, Meeräsche). Aber auch einige Standfische dieses Gebietes sind Südfische (Steinbutt und Hornhecht, Sprotte, Schwarz- und Sandgrundel). Das Vorkommen von Süßwasserfischen beschränkt sich in diesem Gebiet der Ostsee auf die Flussästuare, Fjorde, Bodden- und Haffgewässer, wo der Salzgehalt aufgrund der Süßwasserzuflüsse herabgesetzt ist.

In der mittleren Ostsee gibt es nur 36 ständig in größerer Zahl anwesende Fischarten (NELLEN und THIEL, 1995, THIEL et al., 1996). Bei den Meerestischen handelt es sich meist um Nordarten. Die Hälfte aller Arten sind hier schon Süßwasserfische, die sich vorwiegend in unmittelbarer Küstennähe aufhalten. Die Zahl der selteneren Standfische und der marinen Gäste hat stark abgenommen. Im Sommer wandern manchmal einzelne Südformen wie Thun und Schwertfisch bis in die mittlere Ostsee hinein, wo sie sich an der deutschen Küste aufhalten, während Gäste aus der Gruppe der Nordarten häufiger an der schwedischen Küste beobachtet werden, wie Barsche, wenige Weißfischarten, Maränen, Lachs, Meerforelle, Aal, früher auch Stör und Maifische. Sie besiedeln die flachen Meeresgebiete und die mittleren und oberen Wasserschichten. Auf den tieferen, schlammigen Gründen finden sich nur wenige Fische. Günstigere Bedingungen bieten die Sandgründe vor der mecklenburgischen und pommerischen Küste. Hier lebt eine größere Anzahl Kleinfischarten. Über ihre Verbreitung ist bisher wenig bekannt. Sie sind nicht von fischereilichem Interesse, ihrer möglicherweise großen ökologischen Bedeutung ist erst in jüngster Zeit nachgegangen worden. WINKLER und THIEL (1993) fanden insgesamt 18 Kleinfischarten für die Küste von Mecklenburg und Vorpommern, darunter 3 Stichling-, 3 Seenadel-, 2 Groppen-, 2 Panzerwangen-, 1 Butterfisch-, 2 Sandaal-

und 5 Grundelarten. Die Schmalschnäuzige Seenadel (*Syngnathus rostellatus*) und die Glasgrundel (*Aphia minuta*) wurden zum ersten Mal für dieses Gebiet nachgewiesen.

In der östlichen und nördlichen Ostsee dominieren neben den euryhalinen marinen Arten, wie Bandfisch und Scheibenbauch sowie die Küstenformen des Herings, die Süßwasserfischarten, vor allem Maränen (*Coregonus sp.*), Hecht (*Esox lucius*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) und Brasseln (*Abramis brama*), die aber nur selten in der offenen Ostsee anzutreffen sind. Dagegen bilden die Küstenformen des Herings Massenbestände. Im südlichen Teil des Bottnischen und Finnischen Meerbusens spielen auch noch Dorsch, Flunder und Sprotte eine Rolle. Süßwasserfische gehen aber auch hier kaum in die offene Ostsee hinaus und bilden keine den Meeresfischen vergleichbar großen Bestände. In der Bottenwiek schließlich gehören aber Süßwasserfische wie Plötze, Flussbarsch und Kaulbarsch weiträumiger zu den dominanten Arten (HANSSON, 1984). Insgesamt werden gegenwärtig 40 Süßwasserfischarten im Bottnischen Meerbusen gezählt (NELLEN und THIEL, 1995).

## 2.6.2 Fischfauna der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ)

Abbildung 1 zeigt die Lage der deutschen AWZ in der Ostsee. Aufgrund der geographischen Lage der dänischen und deutschen Küsten zueinander, stellt sich die deutsche AWZ der Ostsee im westlichen Bereich von der Flensburger Förde bis zur Darßer Schwelle lediglich als ein schmales Band mit einer Breite zwischen 1 und 10 km und einer Länge von 225 km nördlich der 12-sm-Zone dar. Die östliche AWZ erstreckt sich über einen deutlich größeren Bereich im Arkona-Becken und der Pommerschen Bucht mit ca. 15 bis 40 km Breite zwischen Rügen, Südschweden und Bornholm. Die deutsche AWZ der Ostsee umfasst eine Fläche von ca. 4.500 km<sup>2</sup> (12 sm-Zone der Ostsee ca. 11.000 km<sup>2</sup>).

Ähnlich dem Prinzip der naturräumlichen Gliederung auf terrestrischem Gebiet können auch in Meeresgebieten Einheiten gleicher Naturausprägung dargestellt werden. Da der Salzgehalt die Artenzusammensetzung der Fische maßgeblich beeinflusst, lässt sich die AWZ in eine westliche und östliche Naturraumeinheit gliedern, wobei die Grenze von der Darßer Schwelle gebildet wird.

Der derzeitige Kenntnisstand über die Fischbestände der AWZ ist mit Ausnahme der wichtigsten kommerziell genutzten Fischarten (Hering, Sprotte, Dorsch, sowie Plattfische), die regelmäßig durch das vTI-OSF erfasst werden, gering. Aktuelle Untersuchungen liegen von KLOPPMANN et al. (2003), EHRICH et al. (2006) und THIEL und WINKLER (2004) sowie Untersuchungen die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) für die im Bereich der AWZ geplanten Windpark-Vorhaben durchgeführt wurden vor. Im einzelnen sind das die bereits genehmigten Vorhaben „Kriegers Flak“, „Arkona-Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ und die abgelehnten Vorhaben „Adlergrund“ und Pommersche Bucht“.

### 2.6.2.1 Fischfauna der westlichen AWZ

Von KLOPPMANN et al. (2003) und EHRICH et al. (2006) liegen für die westliche AWZ nur Daten für den Bereich Fehmarn Belt und der Darßer Schwelle vor. Da die Darßer Schwelle die Grenze zwischen westlicher und östlicher AWZ darstellt, werden die hier identifizierten Fischarten beiden Gebieten zugerechnet. Von den Autoren wurde im Fehmarn Belt insgesamt 22 und auf der Darßer Schwelle 10 Fischarten festgestellt. Zwei Taxa wurden ausschließlich auf der Darßer Schwelle registriert, so dass insgesamt 24 Fischarten identifiziert wurden.

Tabelle 17: Gefangene Fischarten in ausgewählten Gebieten der deutschen Ostsee zwischen 1990 und 2002 nach Ehrich et al. (2006) und Kloppmann et al. (2003)

Wissenschaftliche Bezeichnung	Trivialname	Fehmarn	Darßer Schwelle
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	X	
<i>Ammodytes</i> sp.	Sandaale		X
<i>Clupea harengus</i>	Hering	X	X
<i>Cottus gobio</i>	Groppe, Koppe	X	
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Seehase		X
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	X	
<i>Gadus morhua</i>	Dorsch	X	X
<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Doggerscharbe	X	
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	X	X
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	X	X
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	X	
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	X	X
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	X	X
<i>Pollachius pollachius</i>	Pollack	X	
<i>Pollachius virens</i>	Köhler	X	
<i>Psetta maxima</i>	Steinbutt	X	X
<i>Rhinonemus cimbricus</i>	Vierbärtelige Seequappe	X	
<i>Rutilus rutilus</i>	Plötze, Rotauge	X	
<i>Salmo trutta</i>	Meerforelle	X	
<i>Scomber scombrus</i>	Makrele	X	
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	X	
<i>Solea vulgaris</i>	Seezunge	X	
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	X	X
<i>Trisopterus minutus</i>	Zwergdorsch	X	

Die Fischartenliste in der Tab. 17 kann durch die Fangergebnisse der Forschungsfahrten der Bundesanstalt für Fischerei mit der FFS Solea und dem FKK Clupea (FRIEB, 2003, MIESKE, 2002, 2003, 2006) um weitere fünf Fischarten ergänzt werden. Dabei handelt es sich um den Großen Sandaal (*Hyperoplus lanceolatus*), die Rotzunge (*Microstomus kitt*), den Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*), die Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*) und die Aalmutter (*Zoarces viviparus*) ergänzt werden. Damit erhöht sich die Gesamtartenzahl der nachgewiesenen Fischarten der westlichen Ostsee auf 29 (Tab. 18).



Tabelle 18: Gesamtartenliste der Fische in der westlichen AWZ

<b>Wissenschaftliche Bezeichnung</b>	<i>Trivialname</i>
Agonus cataphractus	Steinpicker
Ammodytes sp.	Sandaale
Clupea harengus	Hering
Cottus gobio	Groppe, Koppe
Cyclopterus lumpus	Seehase
Eutrigla gurnardus	Grauer Knurrhahn
Gadus morhua	Dorsch
Hippoglossoides platessoides	Doggerscharbe
Hyperoplus lanceolatus	Großer Sandaal
Limanda limanda	Kliesche
Melanogrammus aeglefinus	Schellfisch
Merlangius merlangus	Wittling
Microstomus kitt	Rotzunge
Myoxocephalus scorpius	Seeskorpion
Platichthys flesus	Flunder
Pleuronectes platessa	Scholle
Pollachius pollachius	Pollack
Pollachius virens	Köhler
Pomatoschistus minutus	Sandgrundel
Psetta maxima	Steinbutt
Rhinonemus cimbrius	Vierbärtelige Seequappe
Rutilus rutilus	Plötze, Rotauge
Salmo trutta	Meerforelle
Scomber scombrus	Makrele
Scophthalmus rhombus	Glattbutt
Solea vulgaris	Seezunge
Sprattus sprattus	Sprotte
Trisopterus minutus	Zwergdorsch
Zoarces viviparus	Aalmutter

### 2.6.2.2 Fischfauna der östlichen AWZ

Für diesen Bereich der AWZ ist die Datenlage umfangreicher. Zu den Untersuchungen von EHRICH et al. (2006) und KLOPPMANN et al. (2003) liegen weitere Untersuchungen von THIEL und WINKLER (2004), sowie aktuelle Untersuchungen, die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) für die im Bereich der AWZ geplanten Windpark-Vorhaben durchgeführt wurden, vor.

Von EHRICH et al. (2006) und KLOPPMANN et al. (2003) wurden in drei Teilgebieten (siehe Tabelle 19) der deutschen Ostsee insgesamt 24 Fischtaxa nachgewiesen. Mit 22 Fischarten wurden am Kriegers Flak die meisten registriert, gefolgt vom Adlergrund mit 15 und der Oderbank mit 14.

Tabelle 19: Gefangene Fischarten in ausgewählten Gebieten der deutschen Ostsee zwischen 1990 und 2002 nach EHRICH et al. (2006) und KLOPPMANN et al. (2003)

Wissenschaftliche Bezeichnung	Bezeichnung	Trivialname	Darßer Schwelle	Kriegers Flak	Adlergrund	Oderbank
<i>Agonus cataphractus</i>		Steinpicker		X		
<i>Ammodytes</i> sp.		Sandaale	X			X
<i>Anguilla anguilla</i>		Europäischer Aal		X		
<i>Clupea harengus</i>		Hering	X	X	X	X
<i>Cyclopterus lumpus</i>		Seehase	X	X	X	X
<i>Gadus morhua</i>		Dorsch	X	X	X	X
<i>Limanda limanda</i>		Kliesche	X	X	X	X
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>		Schellfisch		X		
<i>Merlangius merlangus</i>		Wittling	X	X	X	
<i>Merluccius merluccius</i>		Seehecht		X		
<i>Myoxocephalus scorpius</i>		Seeskorpion		X	X	X
<i>Osmerus eperlanus</i>		Stint		X	X	X
<i>Platichthys flesus</i>		Flunder	X	X	X	X
<i>Pleuronectes platessa</i>		Scholle	X	X	X	X
<i>Pollachius pollachius</i>		Pollack		X	X	
<i>Pollachius virens</i>		Köhler		X		
<i>Psetta maxima</i>		Steinbutt	X	X	X	X
<i>Rhinonemus cimbrius</i>		Vierbärtelige Seequappe		X	X	
<i>Rutilus rutilus</i>		Plötze, Rotaugen				X
<i>Salmo salar</i>		Lachs		X	X	X
<i>Salmo trutta</i>		Meerforelle		X		
<i>Scomber scombrus</i>		Makrele		X		
<i>Sprattus sprattus</i>		Sprotte	X	X	X	X
<i>Zoarces viviparus</i>		Aalmutter		X	X	X

THIEL und WINKLER (2004) stellten bei ihren Probenahmen im Jahr 2003 insgesamt 35 Fischarten aus 18 Familien in den mittlerweile auf der Kommissionsliste befindlichen AWZ-FFH-Gebieten Adlergrund und Westliche Rönnebank, Pommersche Bucht mit Oderbank und in küstennahen Gewässern der Pommerschen Bucht fest (Tabelle 20). Darunter war auch die Finte (*Alosa fallax*) als FFH-Anhang II-Fischart. 21 dieser Arten wurden von EHRICH et al. (2006) und KLOPPMANN et al. (2003) nicht nachgewiesen. Allerdings wurden davon fünf Arten (Blei, Schnäpel, Quappe, Kleine Schlangennadel und Zährte) nur in den Küstengewässern der Pommerschen Bucht außerhalb der AWZ nachgewiesen. Das Vorkommen der Quappe und des Schnäpels ist in der AWZ nicht auszuschließen, so dass sich die Artenzahl der Fischspezies in der östlichen AWZ von 24 (nach EHRICH et al., in press; KLOPPMANN et al., 2003) um 18 auf 42 Fischtaxa erhöht.

Tabelle 20: Fischarten von THIEL und WINKLER (2004), die zusätzlich zu den in Tab. 19 aufgeführten Arten gefangen wurden

Wissenschaftliche Bezeichnung	Trivialname
<i>Abramis brama</i>	Blei
<i>Alosa fallax</i>	Finte
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleiner Sandaal
<i>Coregonus maraena</i>	Schnäpel
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Europäische Sardelle
<i>Enophrys bubalis</i>	Seebulle
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel
<i>Gobiusculus flavescens</i>	Schwimmgrundel
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Kaulbarsch
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Großer Sandaal
<i>Liparis liparis</i>	Großer Scheibenbauch
<i>Lota lota</i>	Quappe
<i>Neogobius melanostomus</i>	Schwarzmundgrundel
<i>Nerophis ophidion</i>	Kleine Schlangennadel
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch
<i>Pomatoschistus microps</i>	Strandgrundel
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel
<i>Sander lucioperca</i>	Zander
<i>Syngnathus typhle</i>	Grasnadel
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker
<i>Vimba vimba</i>	Zährte

Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) für die im Bereich der AWZ geplanten Windpark-Vorhaben „Kriegers Flak“ und „Arkona-Becken Südost (AWE)“, „Ventotec Ost 2“ „Adlergrund“ und Pommersche Bucht“ wurden insgesamt 27 Fischarten nachgewiesen (Tabelle 21). Durch die Untersuchungen der Antragssteller kann die Artenliste um drei Arten erweitert werden. Es handelt sich dabei um die Glasgrundel (*Aphia minuta*), den Klippenbarsch (*Ctenolabrus rupestris*) und den Butterfisch (*Phollis gunnellus*). Damit erhöht sich die Artenliste (Tabelle 18 und 19) der in der östlichen AWZ identifizierten Fischarten auf insgesamt 45.

Mit dem Hornhecht *Belone belone*, dem Dreistacheligen Stichling (*Gasterosteus aculeatus*), *Hyperoplus immaculatus* (dt. Name nicht bekannt), der Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und dem Seestichling (*Spinachia spinachia*) wurden weitere 5 Fischarten auf den Forschungsreisen der BfA nachgewiesen (FRIEB, 2003, MIESKE, 2002, 2003, 2006), so dass sich die Gesamtartenzahl damit auf 50 erhöht. Weiterhin wurde das Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*) in der Arkonasee nachgewiesen. Das Flussneunauge ist stark gefährdet (Kat. 2) und ist im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt.

Tabelle 21: Im Rahmen der Offshore-Windenergieparkvorhaben nachgewiesene Fischarten

Wissenschaftliche Bezeichnung	Trivialname	Kriegers Flak	Ventotec Ost 2	AWE	Pommer-sche Bucht	Adlergrund
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker		X			
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleiner Sandaal,				X	X
<i>Anguilla anguilla</i>	Europäischer Aal	X	X		X	X
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	X				
<i>Clupea harengus</i>	Hering		X	X	X	X
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch	X				X
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Seehase	X	X		X	
<i>Gadus morhua</i>	Dorsch	X	X	X	X	X
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	X			X	X
<i>Gobiusculus flavescens</i>	Schwimmgrundel	X			X	X
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Großer Sandaal	X	X		X	X
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	X	X		X	
<i>Liparis liparis</i>	Großer Scheibenbauch	X				
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling		X	X	X	
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion		X	X	X	X
<i>Osmerus eperlanus</i>	Stint		X			
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch					X
<i>Pholis gunnellus</i>	Butterfisch					X
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder		X	X	X	X
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle		X	X	X	X
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel				X	X
<i>Psetta maxima</i>	Steinbutt		X		X	X
<i>Rhinonemus cimbricus</i>	Vierbärtelige Seequappe		X			
<i>Rutilus rutilus</i>	Plötze, Rotaug					X
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte		X	X	X	
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker		X		X	
<i>Zoarces viviparus</i>	Aalmutter					X

### 2.6.2.3 Rote-Liste- Arten in der deutschen AWZ

In der westlichen AWZ weisen drei Arten einen Rote-Liste-Status auf (siehe Tabelle 22). Zwei Arten werden in der Roten Liste nach FRICKE et al. (1998) aufgeführt. Es handelt sich dabei um die Meerforelle (*Salmo trutta*), die als stark gefährdet gilt (Kat. 2), und den Seehasen (*Cyclopterus lumpus*), der zu den Arten mit geographischer Restriktion (Kat. R) gehört. Die stark gefährdete Groppe (*Cottus gobio*) gilt nach BLESS et al. (1994) als stark gefährdet (Kat. 2).

In der östlichen AWZ konnten gemäß Tabelle 22 insgesamt 11 Rote-Liste-Arten (FRICKE et al. 1998) nachgewiesen werden. Der Lachs (*Salmo salar*) ist nach der Roten Liste vom Aussterben bedroht (Kat. 1). Die Finte (*Alosa fallax*), die Quappe (*Lota lota*) und die Meerforelle (*Salmo trutta*) sind stark gefährdet (Kat. 2). Als gefährdet (Kat. 3) gelten der Aal (*Anguilla anguilla*), der Schnäpel (*Coregonus maraena*), der Große Scheibenbauch (*Liparis liparis*), der Seestichling (*Spinachia spinachia*) und die Grasnadel (*Syngnathus typhle*). Zu den Arten mit geographischer Restriktion gehört der Seehase (*Cyclopterus lumpus*). Zwei der neun Rote-Liste-Arten werden im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt. Es handelt sich dabei um die Finte (*Alosa fallax*) und den Lachs (*Salmo salar*). Wobei der Lachs (*Salmo salar*) ausschließlich im Süßwasserbereich (Binnenbereich) den Status einer FFH-Art hat. Als weitere Anhang II-Art wurde das stark gefährdete (Kat. 2) Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*) nachgewiesen.

Tabelle 22: Gesamtartenliste der in der deutschen AWZ nachgewiesenen Fischarten und ihr Gefährdungsstatus nach FRICKE et al. (1998) und BLESS et al. (1994) sowie die Kennzeichnung als FFH-Anhang II-Fischart

Wissenschaftliche Bezeichnung	Trivialname	westliche AWZ	östliche AWZ	Rote Liste Status und FFH Anh. II
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	X	X	
<i>Alosa fallax</i>	Finte		X	2 (FFH)
<i>Ammodytes</i> sp.	Sandaale	X	X	
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleiner Sandaal		X	
<i>Anguilla anguilla</i>	Europäischer Aal		X	3
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel		X	
<i>Belone belone</i>	Hornhecht		X	
<i>Clupea harengus</i>	Hering	X	X	
<i>Coregonus maraena</i>	Schnäpel		X	3
<i>Cottus gobio</i>	Groppe, Koppe	X		2
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch		X	
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Seehase	X	X	R
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Europäische Sardelle		X	
<i>Enophrys bubalis</i>	Seebulle		X	
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	X		
<i>Gadus morhua</i>	Dorsch	X	X	
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistacheliger Stichling		X	
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel		X	
<i>Gobiusculus flavescens</i>	Schwimmgrundel		X	
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Kaulbarsch		X	
<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Doggerscharbe	X		
<i>Hyperoplus immaculatus</i>	nicht bekannt		X	
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Großer Sandaal	X	X	
<i>Lampetra fluviatilis</i>	Flussneunauge		X	2(FFH)
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	X	X	
<i>Liparis liparis</i>	Großer Scheibenbauch		X	3
<i>Lota lota</i>	Quappe		X	2
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Schellfisch		X	
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	X	X	
<i>Merluccius merluccius</i>	Seehecht		X	
<i>Microstomus kitt</i>	Rotzunge	X		
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	X	X	
<i>Neogobius melanostomus</i>	Schwarzmundgrundel		X	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle		X	
<i>Osmerus eperlanus</i>	Stint		X	
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch		X	
<i>Pholis gunnellus</i>	Butterfisch		X	
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	X	X	
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	X	X	
<i>Pollachius pollachius</i>	Pollack	X	X	
<i>Pollachius virens</i>	Köhler	X	X	
<i>Pomatoschistus microps</i>	Strandgrundel		X	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel		X	
<i>Psetta maxima</i>	Steinbutt	X	X	
<i>Rhinonemus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	X	X	
<i>Rutilus rutilus</i>	Plötze, Rotaugen	X	X	
<i>Salmo salar</i>	Lachs		X	1 (FFH)
<i>Salmo trutta</i>	Meerforelle	X	X	2
<i>Sander lucioperca</i>	Zander		X	
<i>Scomber scombrus</i>	Makrele	X	X	
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	X		
<i>Solea vulgaris</i>	Seezunge	X		
<i>Spinachia spinachia</i>	Seestichling		X	3
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	X	X	
<i>Syngnathus typhle</i>	Grasnadel		X	3
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker		X	
<i>Trisopterus minutus</i>	Zwergdorsch	X		
<i>Zoarces viviparus</i>	Aalmutter		X	

### 2.6.3 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Fische

Zur Einschätzung der Fischgemeinschaften werden die Kriterien herangezogen, die sich bereits bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen der Vorhaben der Offshore-Windenergieparks in der AWZ der Ost- und Nordsee bewährt haben. Es handelt sich dabei um die Kriterien:

- **Seltenheit und Gefährdung**  
Hierbei wird die Anzahl der seltenen bzw. gefährdeten Fischarten berücksichtigt. Die Seltenheit/Gefährdung des Bestands kann anhand der nachgewiesenen Rote-Liste-Arten eingeschätzt werden.  
Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie, wie z. B. die Finte (*Alosa fallax*), Maifisch (*Alosa alosa*), Europäischer Stör (*Acipenser sturio*) und die Rundmäuler (*Petromyzon marinus*, *Lampetra fluviatilis*), werden bezüglich ihrer Gefährdungssituation generell hoch eingestuft. Diese Taxa stehen im Fokus europaweiter Schutzbemühungen und es sind hinsichtlich ihrer Lebensräume besondere Schutzmaßnahmen zu treffen.
- **Vielfalt und Eigenart**  
Dieses Kriterium bezieht sich auf die Artenzahl und die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftungen. Es wird bewertet, inwieweit für den Lebensraum charakteristische Arten oder Lebensgemeinschaften auftreten und wie regelmäßig diese vorkommen.
- **Natürlichkeit**  
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.

Im folgenden wird die Zustandseinschätzung der Fischgemeinschaften der AWZ getrennt nach westlicher und östlicher AWZ vorgenommen.

#### 2.6.3.1 Zustandseinschätzung der Fischgemeinschaften in der westlichen AWZ

##### **Kriterium: Seltenheit und Gefährdung**

Die bisherige Datenlage gemäß Tab. 22 zeigt, dass die westliche AWZ durch das Vorkommen von drei Rote Liste-Arten (Meerforelle, Seehase und Groppe) gekennzeichnet ist. Aufgrund des Vorkommens zweier stark gefährdeter Arten der Meerforelle und der Groppe (Kat. 2) hat die Fischgemeinschaft der westlichen AWZ eine durchschnittliche Bedeutung hinsichtlich des Kriteriums Seltenheit/Gefährdung.

##### **Kriterium: Vielfalt und Eigenart**

Die Vielfalt des Fischbestandes wird am besten durch die Artenzahl ausgedrückt und die Eigenart eines Gebiets bezieht sich auf die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftung.

Die Bedeutung der Artenzahl lässt sich nur im Vergleich mit anderen Untersuchungen einschätzen. Insgesamt sind nach WINKLER und SCHRÖDER (2003) 151 Fischarten in der Ostsee und den Bodden nachgewiesen. Diese Gesamt-Artenzahl enthält auch seltene Irrgäste und Süßwasserarten und ist auf alle Lebensraumtypen von den stark süßwasserbeeinflussten Ästuaren bis zur Beltsee bezogen, sodass man für die offene Ostsee von 29 aktuell vorkommenden Arten ausgehen kann (WINKLER und SCHRÖDER, 2003). EHRICH et al. (2006) registrierten im Verlauf der letzten 28 Jahre (1977 – 2005) 63 Fischarten im deutschen Bereich der Ostsee. In der westlichen Ostsee wurden im Bereich der AWZ durch die im Kap. 2.7.4.2 genannten aktuellen Untersuchungen insgesamt 29 Fischarten (siehe Tab. 21) nachgewiesen. Unter der Berücksichtigung der o. g. Annahme von WINKLER und SCHRÖDER (2003) ist die vorgefundene Artenzahl als mittel einzustufen.

Nach der bisherigen Datenlage sind die habitattypischen Fisch-Lebensgemeinschaften in der westlichen AWZ vorhanden. Die pelagische Fischgemeinschaft, vertreten durch Hering, Sprotte und Meerforelle wurde ebenso nachgewiesen wie die demersale Fischgemeinschaft, bestehend aus großen Fischarten wie Dorsch, Scholle, Flunder und Kliesche. Zusätzlich konnten verschiedene Kleinfischarten wie Grundeln und Sandaale nachgewiesen werden. Aufgrund der habitattypischen Fischgemeinschaften weist die Eigenart eine mittlere Bedeutung auf.

**Kriterium: Natürlichkeit**

Die Natürlichkeit des Fischbestands in der westlichen AWZ ist durch menschliche Aktivitäten, insbesondere die Fischerei, geprägt.

Die traditionelle Fischerei bis in das 20. Jh. hinein nutzte vor allem Fangplätze nahe der Küste. Mit zunehmender Technisierung vergrößerten sich die Fahrzeuge. Heute wird praktisch die gesamte Ostsee, sowohl am Boden als auch im Pelagial, befischt. Nach den Fangmengen können die Hauptarten des Fischfanges Dorsch, Hering und Sprotte herausgestellt werden. Von untergeordneter Bedeutung sind Plattfische (Flunder, Scholle, Steinbutt).

Durch die Fischerei wird oft nicht das Artenspektrum am deutlichsten verändert, sondern die Abundanzen, Biomassen und das Längenspektrum. Hinsichtlich der Längenverteilung der befischten Arten wird ersichtlich, dass die älteren, größeren Fische in den Beständen fehlen. Dies deutet auf einen Effekt der Fischerei hin und auf einen unnatürlichen Zustand des Bestandsaufbaues vieler Arten.

Aufgrund der relativ typischen Artenzusammensetzung in der westlichen AWZ, bei verändertem Bestandsaufbau einzelner Arten, besitzt die „Natürlichkeit“ des Bestandes insgesamt eine durchschnittliche Bedeutung. Berücksichtigt werden muss, dass die Vorbelastung in der westlichen AWZ durch die fischereiliche Situation in allen Ostseegebieten ähnlich ist.

### 2.6.3.2 Zustandseinschätzung der Fischgemeinschaften in der östlichen AWZ

**Kriterium: Seltenheit und Gefährdung**

Die bisherige Datenlage zeigt, dass die östliche AWZ durch das Vorkommen der FFH-Arten Finte, Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*) und Lachs (*Salmo salar*, FFH-Status im Binnenbereich) gekennzeichnet ist. Nach WINKLER und SCHRÖDER (2003) ist der Lachs in der Ostsee häufig, die Finte selten und das Flussneunauge tritt regelmäßig auf (siehe auch Kap. 2.7.3.2). Weiterhin wurden die stark gefährdeten (Kat. 2) Arten Meerforelle und Quappe häufig bzw. selten nachgewiesen. Aufgrund des Vorkommens dreier FFH-Arten hat die Fischgemeinschaft der östlichen AWZ eine überdurchschnittliche Bedeutung hinsichtlich des Kriteriums Seltenheit/Gefährdung.

**Kriterium: Vielfalt und Eigenart**

Die Vielfalt des Fischbestandes wird am besten durch die Artenzahl ausgedrückt und die Eigenart eines Gebiets bezieht sich auf die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftung.

Die Bedeutung der Artenzahl lässt sich nur im Vergleich mit anderen Untersuchungen einschätzen. Insgesamt sind nach WINKLER und SCHRÖDER (2003) 151 Fischarten in der Ostsee und den Bodden nachgewiesen. Diese Gesamt-Artenzahl enthält auch seltene Irrgäste und Süßwasserarten und ist auf alle Lebensraumtypen von den stark süßwasserbeeinflussten Ästuaren bis zur Beltsee bezogen, sodass man für die offene Ostsee von 29 aktuell vorkommenden Arten ausgehen kann (WINKLER und SCHRÖDER, 2003). EHRICH et al. (2006) registrierten im Verlauf der letzten 28 Jahre (1977 - 2005) 63 Fischarten im deutschen Bereich der Ostsee. Nach NELLEN und THIEL (1995) und THIEL et al. (1996) sind in der mittleren Ostsee ca. 36 Fischarten ständig in größerer Zahl anwesend. In der östlichen Ostsee wurden im Bereich der AWZ durch die im Kap. 2.7.4.2 genannten aktuellen Untersuchungen insgesamt 51 Fischarten (siehe Tab. 21) nachgewiesen. Im Vergleich zu den o. g. Angaben ist die vorgefundene Artenzahl als hoch einzustufen.

Nach der bisherigen Datenlage sind die habitattypischen Fisch-Lebensgemeinschaften in der östlichen AWZ vorhanden. Die pelagische Fischgemeinschaft, vertreten durch Hering, Sprotte, Lachs und Meerforelle, wurde ebenso nachgewiesen wie die demersale Fischgemeinschaft, bestehend aus großen Fischarten wie Dorsch, Scholle, Flunder und Kliesche. Zusätzlich konnten verschiedene Kleinfischarten wie Grundeln und Sandaale nachgewiesen werden. Aufgrund der habitattypischen Fischgemeinschaften weist die Eigenart eine durchschnittliche Bedeutung auf.

**Kriterium: Natürlichkeit**

Die Natürlichkeit des Fischbestands in der östlichen AWZ ist durch menschliche Aktivitäten, insbesondere die Fischerei, geprägt.

Die traditionelle Fischerei bis in das 20. Jh. hinein nutzte vor allem Fangplätze nahe der Küste. Mit zunehmender Technisierung vergrößerten sich die Fahrzeuge. Heute wird praktisch die gesamte Ostsee, sowohl am Boden als auch im Pelagial befischt. Nach den Fangmengen können die Hauptarten des Fischfanges Dorsch, Hering und Sprotte herausgestellt werden. Von untergeordneter Bedeutung sind Plattfische (Flunder, Scholle, Steinbutt).

Durch die Fischerei wird oft nicht das Artenspektrum am deutlichsten verändert, sondern die Abundanzen, Biomassen und das Längenspektrum. Hinsichtlich der Längenverteilung der befischten Arten wird ersichtlich, dass die älteren, größeren Fische in den Beständen fehlen. Dies deutet auf einen Effekt der Fischerei hin und auf einen unnatürlichen Zustand des Bestandsaufbaus vieler Arten.

Aufgrund der relativ typischen Artenzusammensetzung in der östlichen AWZ, bei verändertem Bestandsaufbau einzelner Arten, besitzt die „Natürlichkeit“ des Bestandes insgesamt eine durchschnittliche Bedeutung. Berücksichtigt werden muss, dass die Vorbelastung in der östlichen AWZ durch die fischereiliche Situation in allen Ostseegebieten ähnlich ist.

## **2.7 Marine Säugetiere**

In der deutschen AWZ der Ostsee kommen regelmäßig die folgenden drei Arten mariner Säugetiere vor: Schweinswale (*Phocoena phocoena*), Kegelrobben (*Halichoerus grypus*) und Seehunde (*Phoca vitulina*). Sie zeichnen sich durch hohe Mobilität aus. Wanderungen, insbesondere auf Nahrungssuche, beschränken sich nicht nur auf die AWZ, sondern schließen auch das Küstenmeer und weite Gebiete der Ostsee grenzenübergreifend ein. Die beiden Robbenarten haben ihre Liege- und Wurfplätze auf Inseln und Sandbänken im Bereich des Küstenmeeres. Zur Nahrungssuche unternehmen sie von den Liegeplätzen aus ausgedehnte Wanderungen im offenen Meer. Aufgrund ihrer hohen Mobilität und der Nutzung von sehr ausgedehnten Gebieten ist es erforderlich, das Vorkommen nicht nur in der deutschen AWZ, sondern im gesamten Bereich der westlichen Ostsee zu betrachten.

Marine Säugetiere gehören zu den oberen Konsumenten der marinen Nahrungsketten. Sie sind dadurch abhängig von den unteren Komponenten der marinen Nahrungsketten: Zum einen von ihren direkten Nahrungsorganismen (Fische und Zooplankton) und zum anderen indirekt von Mikro- bzw. Phytoplankton. Als Konsumenten am obersten Bereich der marinen Nahrungsketten beeinflussen marine Säugetiere gleichzeitig auch das Vorkommen der Nahrungsorganismen.

### **2.7.1 Räumliche und zeitliche Variabilität**

Marine Säugetiere sind durch ihre hohe Mobilität in der Lage, auf Nahrungssuche lange Wanderungen vorzunehmen und dabei ihre Beuteorganismen, z. B. Fischschwärme, durch große Meeresgebiete zu verfolgen. Die hohe Mobilität in Abhängigkeit von besonderen Bedingungen der Meeresumwelt führt zu einer hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität des Vorkom-



mens von marinen Säugetieren. Im Verlauf der Jahreszeiten variiert sowohl die Verteilung als auch die Abundanz der Tiere. Um Rückschlüsse über saisonale Verteilungsmuster und die Nutzung verschiedener Teilgebiete ziehen zu können, ist eine gute Datenbasis notwendig. Um Effekte der intra- und interannuellen Variabilität erkennen zu können, sind insbesondere großräumige Langzeituntersuchungen erforderlich.

### 2.7.1.1 Datenlage

Die Datenlage über die räumliche und zeitliche Variabilität des Vorkommens von marinen Säugetieren war bis vor einigen Jahren eher begrenzt. Daten beruhten überwiegend auf räumlich und zeitlich eingeschränkten Forschungsprojekten, auf der Sammlung von Zufalls-sichtungen sowie auf Strandungen/Totfunden. Aufgrund einer Vielzahl von Untersuchungsprogrammen, die in den letzten Jahren insbesondere in deutschen Gewässern durchgeführt wurden, ist die Datenlage aber inzwischen gut. Die Datenlage hat sich dabei auf drei verschiedenen Ebenen verbessert:

- Großräumig, für den Gesamtbereich der nordeuropäischen Gewässer durch Erfassungen im Sommer 2005 im Rahmen von SCANS II<sup>10</sup>
- Mittlräumig, im Bereich der deutschen Gewässer der AWZ und des Küstenmeeres durch MINOS<sup>11</sup>-Erfassungen in den Jahren 2002 bis 2006
- Kleinräumig durch:
  - staatliche Untersuchungen in Natura-2000-Gebieten (2002-2003)
  - private, hochfrequent durchgeführte Untersuchungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) und Verfahren zur Festlegung von besonderen Eignungsgebieten für OWEA (2001- 2005).

Die großskaligen Erfassungen von Schweinswalen im Rahmen von SCANS I und II (1994 und 2005) erheben zwar nicht den Anspruch einer detaillierten Kartierung von marinen Säugern in den verschiedenen Teilbereichen der Nord- und Ostsee und bieten auch keinen Einblick in saisonale Verbreitungsmuster. Trotzdem ermöglichen diese Erfassungen als einzige die Abschätzung der Bestandsgröße und der Bestandsentwicklung im gesamten Bereich der nordeuropäischen Gewässer, der zum Lebensraum der hochmobilen Tiere gehört. Zudem lassen die großräumigen SCANS-Erfassungen Konzentrationsbereiche und Tendenzen in Verbreitungsmustern von marinen Säugern erkennen. SCANS deckt allerdings nur den Bereich von der westlichen Ostsee bis zum deutschen Teil der Pommerschen Bucht ab.

MINOS ist im Vergleich zu SCANS eine „mittelskalige“ Erfassung. MINOS liefert Informationen zur Verteilung und Abundanz von marinen Säugetieren (insbesondere von Schweinswalen) für den Bereich der deutschen AWZ und des Küstenmeeres. Saisonale Verteilungsmuster und saisonal bedingte Abundanzschwankungen lassen sich durch die MINOS-Erfassungen erkennen. Ausgewertete Daten liegen aus Befliegungen in den Jahren 2002 bis 2006 vor.

Im Rahmen der EMSON<sup>12</sup>-Befliegungen (2002-2003) wurde speziell das Vorkommen von marinen Säugetieren in den Natura-2000-Vorschlagsgebieten untersucht.

Das Vorkommen mariner Säugetiere wurde insbesondere auch im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien in den Antragsgebieten für OWEA untersucht. Diese vergleichsweise zwar kleinräumigen, dafür aber hochfrequent durchgeführten Untersuchungen, haben den Kenntnisstand über das Vorkommen der marinen Säuger in den verschiedenen Teilgebieten der

<sup>10</sup> Small Cetacean Abundance in the North Sea and Adjacent Waters

<sup>11</sup> Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich (vom BMU gefördertes Projekt)

<sup>12</sup> Erfassung von Meeressäugern und Seevögeln in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (vom BfN gefördertes Projekt)

deutschen Gewässer wesentlich verbessert. Bei diesen Untersuchungen wurden marine Säugetiere sowohl bei schiffsgestützten als auch bei den flugzeuggestützten Erfassungen (Flughöhe 76 m) von Seevögeln (sogenannte kombinierte Flüge) gezählt. Zudem wurden Erfassungen von Schweinswalen durch spezielle flugzeuggestützte Zählungen (Flughöhe 183 m), sogenannte Walflüge, vorgenommen. Zur Zeit liegen Daten von 4 Windparkprojekten aus dem Bereich der deutschen AWZ der Ostsee vor. Pro Projekt wurden jährlich durchschnittlich 20 schiffsgestützte Zählungen, 10 kombinierte Flüge und einige Walflüge durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten pro Projekt zwei aufeinander folgende Jahresgänge und decken den Zeitraum 2001 bis einschließlich 2004 ab.

Ein kontinuierliches Untersuchungs- oder Überwachungsprogramm für marine Säugetiere in der AWZ und im Küstenmeer fehlt jedoch.

### **2.7.1.2 Schweinswale**

Der Schweinswal ist eine verbreitete Walart in den gemäßigten Gewässern von Nordatlantik und Nordpazifik und in einigen Nebenmeeren wie der Ostsee. Aufgrund seines Jagd- und Tauchverhaltens beschränkt sich die Verbreitung des Schweinwals auf kontinentale Schelfmeere (READ, 1999). In der Ostsee kommt der Schweinswal als einzige Walart regelmäßig vor. Generell werden die in deutschen und benachbarten Gebieten vorkommenden Schweinswale zwei verschiedenen Populationen zugeordnet: der Population der zentralen und südlichen Nordsee sowie der Population des südlichen Kattegat, der Beltsee und der westlichen Ostsee (ASCOBANS, 2005). Ergebnisse aus morphometrischen und genetischen Untersuchungen weisen auf die Existenz einer weiteren separaten Subpopulation in der östlichen Ostsee mit einem geschätzten Bestand von ca. 500 Tieren hin (TIEDEMANN et al., 1996; HUGGENBERGER et al., 2002).

#### ***Mobilität und Jagdverhalten***

Schweinswale sind extrem beweglich und können in kurzer Zeit große Strecken zurücklegen. Mit Hilfe von Satelliten-Telemetrie wurde festgestellt, dass Schweinswale innerhalb eines Tages bis zu 58 km zurücklegen können. Die markierten Tiere haben sich dabei in ihrer Wanderung sehr individuell verhalten. Zwischen den individuell ausgesuchten Aufenthaltsorten lagen dabei Wanderungen von einigen Stunden bis hin zu einigen Tagen (READ and WESTGATE, 1997). Neuere Erkenntnisse aus der Satelliten-Telemetrie in der kanadischen Bay of Fundy zeigten, dass Schweinswale innerhalb eines Monats große Areale durchqueren können (7.738 bis 11.289 km<sup>2</sup>). Dabei konzentrieren sich ihre Bewegungen oft in bestimmten Gebieten. Diese Gebiete werden durch besondere hydrographische Bedingungen geprägt, die eine Akkumulation von Nahrungsorganismen für den Schweinswal begünstigen (JOHNSTON et al., 2005).

Schweinswale kommen überwiegend nur zum Atmen an die Wasseroberfläche. Sie zeigen ein sehr aktives Tauchverhalten mit durchschnittlich 30 Tauchgängen pro Stunde. Neuere Untersuchungen, die auf Satelliten-Telemetrie basieren, haben neue Erkenntnisse zum Tauchverhalten der Schweinswale geliefert. Es zeigte sich dabei, dass die Tiere ca. ein bis zwei Drittel der Zeit in den oberen zwei Metern der Wassersäule verbringen. Die Tauchtiefe beträgt 14 bis 32 m und die Tauchdauer 44 bis 103 Sekunden. Insgesamt zeichnet sich der Schweinswal durch ein sehr individuelles Tauchverhalten in Bezug auf Tiefe und Dauer aus (WESTGATE et al., 1995).

#### ***Nahrungspräferenzen***

Schweinswale ernähren sich opportunistisch von verschiedenen pelagischen und bodenlebenden Fischarten, wandern auf der Suche nach ergiebigen Nahrungsquellen und konzentrieren sich zeitweilig in Bereichen von qualitativ und/oder quantitativ hohem Nahrungsangebot (REIJNDERS, 1992; EVANS, 1990).

Fische, überwiegend herings- und dorschverwandte Arten, gehören zum bevorzugten Nahrungsspektrum des Schweinswals. Der Schweinswal jagt überwiegend Fischschwärme. Die bevorzugten Fischgrößen liegen unter 40 cm, zumeist zwischen 10 und 30 cm. Junge Tiere ernähren sich auch von kleinen Krebsen, Garnelen und Jungfischen (READ, 1999). Das Nahrungsspektrum des Schweinswals ändert sich gebiets- wie saisonbedingt. Innerhalb eines Gebietes ernähren sich Schweinswale in der Regel von zwei bis vier verschiedenen Fischarten. Generell zeigen sie geographische, saisonale und interannuelle Unterschiede bei der Nahrungsaufnahme. Zudem beeinflussen Entwicklungsstadium (Adulte, Jungtiere) und Geschlecht das Nahrungsverhalten.

Pelagische und semipelagische Fischarten dominieren das Nahrungsspektrum. Demersale Fischarten bewegen sich oft in der Wassersäule, so dass unklar bleibt, ob Schweinswale diese auf dem Meeresgrund oder in der Wassersäule fangen (RAE, 1965, 1973).

Die in Nahrungsuntersuchungen am häufigsten gefundenen Fische sind Dorsch und Hering, in der zentralen Ostsee auch Aalmuttern. Der Gewichtsanteil von Dorsch und Hering an der Nahrung schwankt regional und zwischen den Jahren sehr stark. Im Kattegat wurden zwischen 0,5 und ca. 40 Gew.-% Dorsch gefunden. Der Anteil an Hering betrug 58 bzw. 47 % (AAREFJORD et al., 1995; BÖRJESSON et al., 2003).

In der zentralen Ostsee wurden bei Nahrungsuntersuchungen der Hering zu 37 % und der Dorsch zu 40 % gefunden (AAREFJORD et al., 1995). Im Bereich der Kieler und der Mecklenburger Bucht betrug der Anteil an Dorsch sogar 70 % (LICK, 1991). In einer späteren Studie wurde sogar ein Dorschanteil von 90 % gefunden (ADELUNG, 1997). Bei Jungtieren und in manchen Jahren auch bei adulten Schweinswalen wurden erhebliche Mengen von Grundeln gefunden (LINDROTH, 1962; LICK, 1991; BENKE et al., 1998).

### **Fortpflanzung**

Schweinswale erreichen die sexuelle Reife frühestens mit drei Jahren (Männchen) bzw. 3,6 Jahren (Weibchen). Die Paarung der Tiere findet im Juli und August statt. Nach einer Tragzeit von 10,5 Monaten werden die Jungen zwischen Mitte Juni und Anfang Juli geboren. Die Stillzeit beträgt acht bis neun Monate (KOSCHINSKI, 2002). Als Aufzuchtgebiete werden vor allem küstennahe Gebiete mit Wassertiefen unter 20 m beschrieben, z. B. in der Beltsee und an den Küsten Mecklenburg-Vorpommerns (KINZE, 1990; SCHULZE, 1991).

### *Vorkommen in Abhängigkeit von Umweltparametern*

Das Vorkommen von Schweinswalen wurde oft in Zusammenhang mit abiotischen Faktoren beschrieben. So wurden in der kanadischen Bay of Fundy bei den Schweinswalen Präferenzen für tiefes Wasser, für Grenzflächen zwischen zwei Wasserkörpern oder das Vorhandensein von Gegenströmungen ermittelt (WATTS and GASKIN, 1985; SILBER, 1990, JOHNSTON et al., 2005).

Korrelationen mit hydrographischen Strukturen treten zum Teil nur regional auf und sind meistens über biologische Bedingungen (z. B. Vorkommen von Fischen und andere Nahrungsorganismen) mit diesen verknüpft (SMITH and GASKIN, 1983; GASKIN and WATSON, 1985). Denn die Verfügbarkeit und Abundanz von Nahrungsfischen beeinflussen im Wesentlichen das Vorkommen und die Verbreitung von Schweinswalen. Daher schwimmen die Tiere auch oft in Flussmündungen (GASKIN, 1992). Aufgrund der Variabilität der hydrographischen und biologischen Bedingungen sind Verbreitungsmuster und auch die Nutzung von Gebieten kaum vorhersagbar. Wechselnde Beuteverfügbarkeit führt wahrscheinlich zu einer entsprechenden zeitlichen und räumlichen Variabilität in der Habitatnutzung und im Beutespektrum.

Zudem wurde beobachtet, dass Gebiete mit sehr starken Strömungen von Mutter-Kalb-Paaren weitgehend gemieden wurden (Gaskin and Watson, 1985). Es wurde außerdem beobachtet, dass sich tragende Weibchen oder Mutter-Kalb-Paare dichter an der Küste aufhalten als Männchen (SCHULZE, 1996). Generelle Verbreitungsmuster können jedoch daraus nicht ab-

geleitet werden, da auch Aufzuchtgebiete auf Hoher See beschrieben worden sind (SMITH and GASKIN 1983; SCHEIDAT et al., 2004).

#### *Vorkommen in nordeuropäischen Gewässern*

Die Ergebnisse aus zahlreichen Erfassungen von marinen Säugetieren in der Nordsee der Jahre 1979 - 1997 sind im *Atlas of Cetaceans in the north-west european waters* (REID et al., 2003) zusammengefasst. Den Ergebnissen kann entnommen werden, dass nur Schweinswale regelmäßig in deutschen Gewässern vorkommen. Der im Atlas berücksichtigte Untersuchungsumfang beinhaltet neben den Daten der SCANS I von 1994 mehrere ESAS-Erfassungen (schiffsgestützte Zählungen von Seevögeln und marinen Säugetieren) wie auch Sichtbeobachtungen von fester Position aus. Auffallend ist dabei das geringe Vorkommen von Schweinswalen in der südlichen Nordsee bis hin zur kompletten Abwesenheit im Bereich des Englischen Kanals.

Insgesamt ist der Bestand der Schweinswale in der Nordsee durch die SCANS I Erfassung von 1994 auf 280.000 Tiere geschätzt worden, mit zusätzlichen 36.000 Tieren im Skagerrak / Beltsee und nochmals 36.000 Tieren im Keltischen Meer (HAMMOND et al., 2002). Aufgrund vorläufiger Ergebnisse aus der SCANS II Erfassung in 2005 wird der Gesamtbestand auf 340.000 Tiere geschätzt (HAMMOND and MACLEOD, 2006). Die Auswertung der Daten im vergleichbaren Erfassungsbereich der SCANS I und II, mit 341.000 Tieren 1995 und 296.000 2005, hat jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Abundanz von Schweinswalen 1994 und 2005 ergeben. Generell zeichneten sich jedoch regionale Unterschiede in der Dichte des Vorkommens von Schweinswalen in dem Erfassungsbereich der SCANS zwischen 1994 und 2005 ab. Eine wesentliche Erkenntnis ist dass sich 2005, anders als 1994, die Verbreitungsschwerpunkte der Schweinswale eindeutig vom nördlichen zum südlichen Bereich der Nordsee hin verlagert haben (HAMMOND, 2006).

Im Bereich S der SCANS II Erfassung (Westliche Ostsee) betrug die mittlere errechnete Dichte 2005 (auf Basis schiffsgestützter Zählungen) 0,35 Ind./km<sup>2</sup>. Der Bestand wurde in diesem Bereich vorläufig auf 24.264 Tiere geschätzt (HAMMOND and MACLEOD, 2006).

#### ***Vorkommen in deutschen Gewässern***

Eine Auswertung der Daten aus flugzeuggestützten Zählungen, Zufallssichtungen und Strandungen für die Jahre 1988 bis 2002 hat bestätigt, dass die Dichte der Schweinswale in der Ostsee vom Westen nach Osten abnimmt (SIEBERT et al., 2006). Zudem hat die Auswertung gezeigt, dass der Beifang der Tiere in der Ostsee weit höher liegt als in der Nordsee. Insbesondere wurden unter den Strandungen und Totfunden viele Jungtiere und Kälber festgestellt. Dies bestätigt auch das Vorkommen von Kälbern in diesem Bereich. Die meisten Strandungen fanden in den Sommermonaten statt. Insgesamt weisen die ausgewerteten Daten auf ein stark saisonabhängiges Vorkommen mit Abundanzmaxima im Sommer hin.

Erste systematische Erfassungen im Jahr 1994 (HAMMOND et al., 1995; HAMMOND et al., 2002) im Rahmen des SCANS-Projektes ergaben für das Kattegatt, den östlichen Skagerrak und die Beltsee (Block I) eine sommerliche Abundanz von 36.046 Schweinswalen. Die Abundanz in der Beltsee als Teilgebiet wurde auf 5.262 Tiere und in der Kieler Bucht nur auf 588 Tiere geschätzt. In einer Folgestudie im Jahr 1995 wurden in der Kieler und Mecklenburger Bucht zusammen 817 Tiere berechnet. Für den Bereich, östlich der Darßer und Limhamn Schwelle bis Øland und der äußeren Danziger Bucht wurden 599 Tiere ermittelt (HIBY and LOVELL, 1995). Diese Werte spiegeln eine deutliche Abnahme der Bestandsdichte entlang eines Gradienten vom Kattegatt bis in polnische Gewässer wieder (KOSCHINSKI, 2002). Dies wird bestätigt durch einen Gradienten in der Echoortungsaktivität von Schweinswalen (GILLESPIE et al., 2003; VERFUSS et al., 2004). Durch den Einsatz von stationären Klickdetektoren (POD) wurden bei Fehmarn fast jeden Tag Schweinswale festgestellt. Dagegen wurden bei Rügen nur noch an jedem dritten Tag Schweinswale registriert und in der Pommerschen Bucht nur noch ganz vereinzelt. Vorläufige Ergebnisse aus der Erfassung im Rahmen SCANS II 2005 deuten auf

eine Abundanz von 24.264 Tieren im gesamten Bereich Skagerrak, Kattegat und Beltsee. Der Bereich östlich der Darßer Schwelle wird durch die SCANS-Erfassung nicht abgedeckt.

Für die großräumigen Untersuchungen im Rahmen der Projekte MINOS und MINOS<sup>plus</sup> wurde die deutsche AWZ in drei Teilgebiete unterteilt (SCHEIDAT et al., 2004; GILLES et al., 2006a, GILLES et al., 2006b, GILLES et al., 2008). Das Gebiet E (Kieler Bucht) umfasst den westlichen Bereich der AWZ und das Küstenmeer, das Gebiet F (Mecklenburger Bucht) den Bereich bis zur Darßer Schwelle und das Gebiet G (Rügen) umfasst den östlichen Bereich der deutschen AWZ und das Küstenmeer. Im gesamten Untersuchungszeitraum erreichte der Kartieraufwand 24.360 km. Dabei wurden allerdings nur insgesamt 335 Schweinswale gesichtet. Im Untersuchungszeitraum 2002 bis 2006 variierte die Dichte von Schweinswalen in der Ostsee von 0,06 Ind./km<sup>2</sup> im Frühjahr 2005, über 0,08 Ind./km<sup>2</sup> im Juni 2003, bis zu 0,13 Ind./km<sup>2</sup> im Juni 2005. Der Bestand wurde auf 1.300 (200 bis 3.800) Tiere im Frühling, auf 1.700 (700 bis 3.700) Tiere im Sommer und 2.800 (1.200 bis 5.900) Tiere im Herbst geschätzt. In den Wintermonaten Dezember bis Februar blieb der Kartieraufwand witterungsbedingt gering, so dass keine Berechnungen vorgenommen werden können. Im Frühling wurden die meisten Tiere um die Insel Fehmarn und auf der Oderbank gesehen. Im Sommer wurden die höchsten Dichten in der Kieler Bucht festgestellt. Auf der Oderbank wurden zwar im Juli 2002 unerwartet viele Tiere gesehen (84), in den folgenden Jahren wurden jedoch keine mehr angetroffen. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hierbei um eine temporäre Einwanderung von Tieren aus der westlichen Ostsee handelte, die sich auf Nahrungssuche befanden. Im Herbst wurden im westlichen Bereich viele Tiere gesichtet, wenn auch weniger als in Sommer. Mit Ausnahme einer einzelnen Sichtung auf dem Adlergrund wurden östlich der Halbinsel Darß keine Tiere gesichtet. Der von West nach Ost verlaufende Dichtegradient blieb durch den gesamten Zeitraum bestehen und war im Herbst besonders ausgeprägt (GILLES et al., 2006a).

#### *Vorkommen in Natura-2000- Gebieten*

Aufgrund der Ergebnisse der MINOS- und EMSON-Untersuchungen wurden in der deutschen AWZ fünf Gebiete definiert, die von besonderer Bedeutung für Schweinswale sind. Es handelt sich um die folgenden 5 FFH-Gebiete:

- Fehmarnbelt (DE 1332-301)
- Kadettrinne (DE 1339-301)
- Adlergrund (DE 1251-301)
- Westliche Rönnebank (DE 1249-301)
- Pommersche Bucht mit Oderbank (DE 1652-301).

Bei systematischen Flugzählungen wurden am Adlergrund und der Pommerschen Bucht lediglich im Mai 2002 Schweinswale gesichtet (GILLES et al., 2004). Die aus den Sichtungen hochgerechnete Abundanz für den Adlergrund beträgt 33 Tiere. Für die Pommersche Bucht ist eine Abundanzberechnung nur mit einem sehr großen Fehler möglich. Sie führt methodisch bedingt zu überhöhten Werten. Die Beobachtung von 84 Tieren auf der Oderbank im Juli 2002 blieb einmalig. Trotz eines hohen Kartieraufwandes wurden hier in den Folgejahren keine Tiere mehr gesichtet.

Um die Insel Fehmarn und in der Kadettrinne wurden regelmäßig Echoortungslaute aufgezeichnet (VERFUSS et al., 2004). Die Kadettrinne wird von Schweinswalen vor allem auf den Wanderungen regelmäßig frequentiert. Darüber hinaus ist die Bedeutung des Gebietes für die Tiere noch unklar.

Zwischen 1996 und 2002 betrug der Anteil von Kälbern bei gestrandeten Tieren im Bereich der Kieler Bucht bis nach Fehmarn 36 %. Daraus wird eine hohe Bedeutung des Gebietes für die Reproduktion abgeleitet (SCHEIDAT et al., 2003). Die winterliche Registrierung hoher Echoortungshäufigkeiten an einigen Stationen bei Fehmarn (VERFUSS et al., 2004) lassen eine Nutzung als Überwinterungsgebiet vermuten.

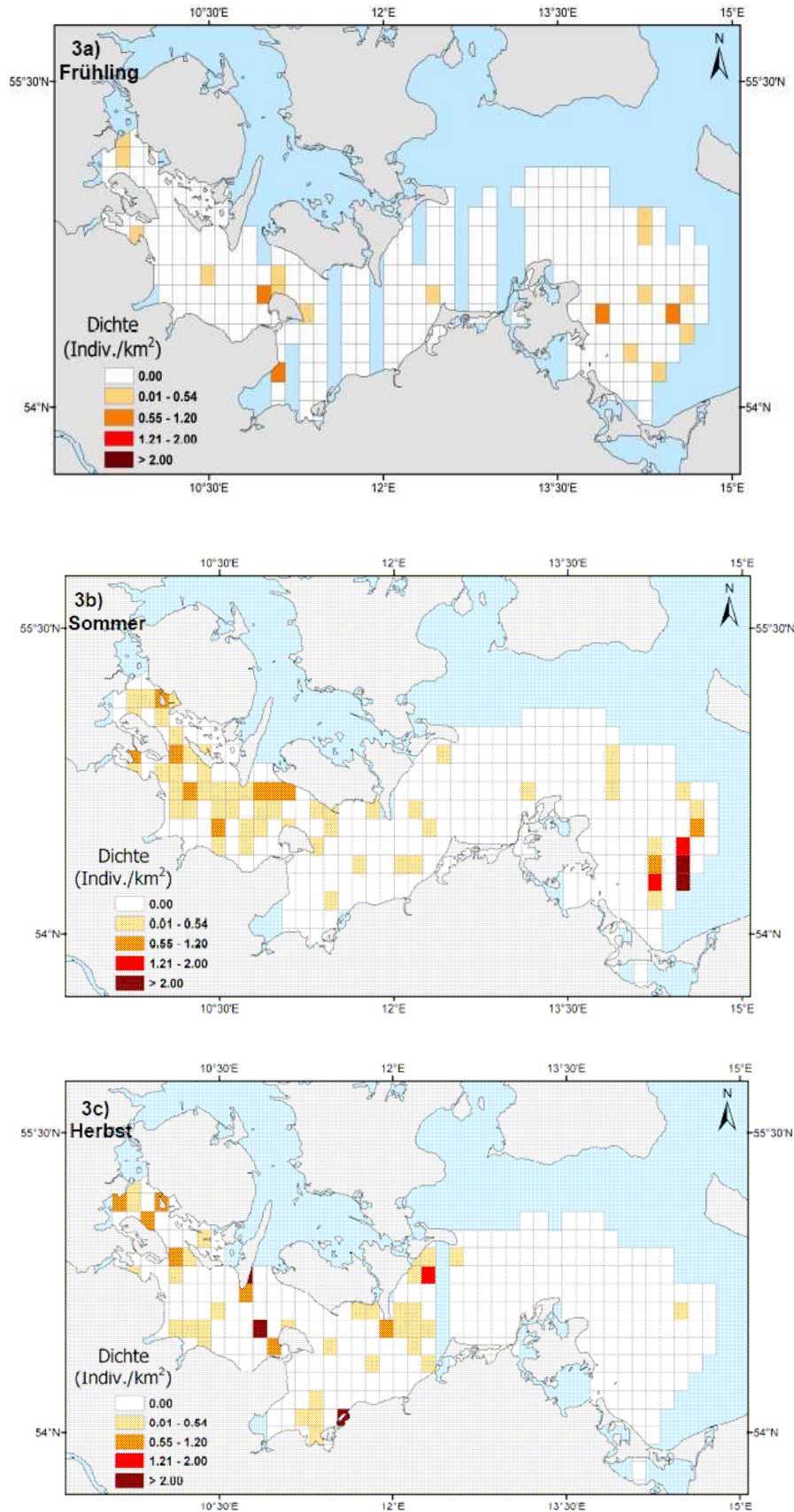


Abbildung 44: Saisonale Dichteverbreitung von Schweinswale in der Ostsee (2002-2005). Die Rasterkarten sind aufwandsbereinigt. Dargestellt ist die mittlere Dichte der Schweinswale pro Rasterzelle (10x10km) im a) Frühling (März-Mai), b) Sommer (Juni-August), c) Herbst (Sept.-November) und d) Winter (Dezember-Februar), aus: GILLES et al., 2006a.

### Vorkommen in Teilflächen der deutschen AWZ, insbesondere in Projektgebieten für OWEA

Einige Teilgebiete in der deutschen AWZ der Ostsee weisen aktuell eine sehr gute Datenlage auf: Zu den großräumigen Erfassungen im Rahmen von MINOS, MINOSplus (Gebiete E, F und G) und im Rahmen der Festlegung von Naturschutzgebieten wurden Daten im Rahmen von mehreren UVS für geplante Offshore Windparkverfahren erhoben. Die im Rahmen von UVS erhobenen Daten sind zwar kleinräumig, verglichen mit den Erfassungen aus den MINOS-Forschungsprojekten, dafür jedoch sehr aufwendig und zeitintensiv. Durchschnittlich wurden im Rahmen jeder einzelnen Basisaufnahme im Zeitraum von zwei aufeinander folgenden Jahren 35 schiffsgestützte und 20 flugzeuggestützte kombinierte Erfassungen für Seevögel und marine Säugetiere und sechs spezielle Walflüge zur Erfassung von marinen Säugetieren. Folgende Teilgebiete verfügen aufgrund der durchgeführten Untersuchungen für Offshore-Vorhaben über eine breite Datenbasis: Das Teilgebiet „Kriegers Flak“ mit der Fläche des festgelegten besonderen Eignungsgebietes für Offshore Windenergiegewinnung, das Teilgebiet „Westlich Adlergrund“ mit der gleichnamigen Fläche des festgelegten besonderen Eignungsgebiet für Offshore-Windenergiegewinnung, das Teilgebiet „Adlergrund“ und das Teilgebiet „Pommersche Bucht“ (Abb. 44a).

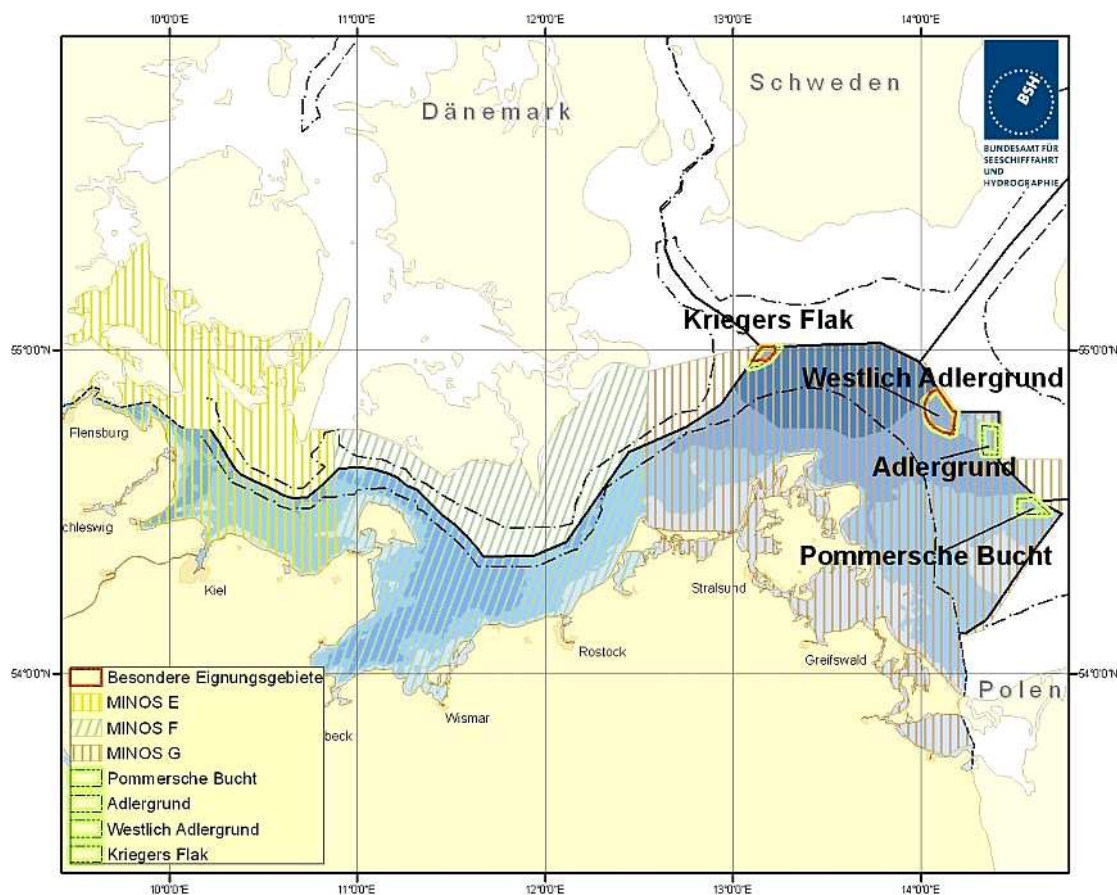


Abbildung 44a: Untersuchungsgebiete für marine Säugetiere in der westlichen Ostsee aus GILLES et al., 2006a: E: Kieler Bucht, F: Mecklenburger Bucht, G: MINOS Gebiet Rügen mit den Teilgebieten „Kriegers Flak“, „Westlich Adlergrund“, „Adlergrund“ und „Pommersche Bucht“.

Teilfläche „Kriegers Flak“ im nördlichen Bereich des Teilgebietes Rügen (Abbildung 44a). Im Rahmen der Untersuchungen der Basisaufnahme für das Windparkprojekt „Kriegers Flak“ wurden im Zeitraum April 2002 bis März 2004 schiffs- und flugzeuggestützte Zählungen vorgenommen („Kriegers Flak“, UVS und Fachgutachten, 2004). Bei mehr als 40 schiffsgestützten und 12 flugzeuggestützten Erfassungen wurden nur drei Schweinswale in der mittelbaren Umgebung des Projektgebiets gesichtet - zwei Tiere im Mai 2003 und ein Tier im Juli 2003. Im Juli 2003 wurde auch eine Kegelrobbe gesichtet. Seehunde wurden nicht angetroffen. Die akustische Erfassung mit Klickdetektoren brachte keine Nachweise. Die Ergebnisse aus MINOS und MINOS<sup>plus</sup> (flugzeuggestützte Zählungen und akustische Erfassung) bestätigen die Ergebnisse aus den aufwandsintensiven Untersuchungen für das Projekt „Kriegers Flak“:

- Schweinswale durchqueren das Gebiet selten,
- Mutter-Kalb Paare wurden hier bis jetzt nicht nachgewiesen,
- Seehunde und Kegelrobben durchqueren die Teilfläche sporadisch bei ihren Wanderungen.

Teilfläche „Westlich Adlergrund“ im östlichen Bereich des Teilgebietes Rügen (Abbildung 44a). Im Rahmen der Untersuchungen der Basisaufnahme für die Windparkprojekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ wurden im Zeitraum November 2001 bis September 2004 insgesamt 115 schiffsgestützte und 42 flugzeuggestützte Zählungen vorgenommen („Arkona Becken Südost“, UVS und Fachgutachten, 2004, „Ventotec Ost 2“, UVS und Fachgutachten, 2005). Die Fläche des Untersuchungsgebiets der Schiffszählungen im Projekt „Arkona Becken Südost“ betrug 408 km<sup>2</sup> und bei „Ventotec Ost 2“ 624 km<sup>2</sup>. Die Fläche des Untersuchungsgebiets der Flugzeugkartierungen für „Arkona Becken Südost“ betrug 2.700 km<sup>2</sup> und für „Ventotec Ost 2“ 1.392 km<sup>2</sup> im ersten Untersuchungsjahr. Für „Ventotec Ost 2“ wurde die Kartierungsfläche im zweiten Untersuchungsjahr auf 2.016 km<sup>2</sup> erhöht. Mit den schiffs- und den flugzeuggestützten Zählungen beider Projekte werden neben dem eigentlichen festgelegten besonderen Eignungsgebiet auch große Teile der FFH-Schutzgebiete „Westliche Rönnebank“, „Adlergrund“ und des Schutzgebietes nach VRL „Pommersche Bucht“ erfasst.

Trotz des enormen Kartieraufwands im Rahmen der o.g. Untersuchungen für die UVS wurden nur dreimal Schweinswale vom Flugzeug aus beobachtet. Jeweils ein Tier wurde am 28.06.2003 im Bereich der Oderbank bzw. am 30.09.2003 nördlich des Foulegrundes in dänischen Gewässern beobachtet. Am 12.02.2003 wurden zudem zwei Schweinswale östlich vor Rügen in ca. 45 km Entfernung vom festgelegten besonderen Eignungsgebiet gesichtet. Am 31.05.2003 wurde neben dem ankernden Schiff eine Kegelrobbe gesichtet. Am 22.01.2004 wurde eine Robbe (vermutlich Kegelrobbe) vom Flugzeug aus gesehen. Während einer Transektbefahrung wurde zudem am 10.05.2004 ein Seehund im festgelegten besonderen Eignungsgebiet gesichtet.

TPOD-Aufzeichnungen, die während der schiffsgestützten Zählungen für die UVS der Windparkprojekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ und während der Zugbeobachtungen vom ankernden Schiff aus stationär vorgenommen wurden, konnten keine eindeutigen Schweinswal-Klicks im Untersuchungsgebiet identifizieren.

Die Ergebnisse aus MINOS und MINOS<sup>plus</sup> (flugzeuggestützte Zählungen und akustische Erfassung) bestätigen die Ergebnisse aus den aufwandsintensiven Untersuchungen für die Projekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“:

- Schweinswale durchqueren das Gebiet selten,
- Mutter-Kalb Paare wurden hier bis jetzt nicht nachgewiesen,
- Seehunde und Kegelrobben durchqueren die Teilfläche sporadisch bei ihren Wanderungen.



### 2.7.1.3 Kegelrobben

Für das Vorkommen von Kegelrobben sind geeignete, ungestörte Wurf- und Liegeplätze von entscheidender Bedeutung. An der deutschen Ostseeküste gibt es derzeit keine Kegelrobbenkolonien.

#### ***Vorkommen in der Ostsee und in deutschen Gewässern***

Die der deutschen AWZ am nächsten gelegenen Liegeplätze finden sich am Rødsand vor der dänischen Insel Falster, im Øresund und Måkläppen bei Falsterbo in Südschweden (TEILMANN and HEIDE-JØRGENSEN, 2001; SCHWARZ et al., 2003). In der deutschen AWZ werden auf Nahrungssuche vor allem Habitate östlich des Darß genutzt, weiter westliche Gebiete spielen vermutlich nur eine untergeordnete Rolle (SCHWARZ et al., 2003).

Zählungen zur Zeit des Haarwechsels, in der Ostsee zwischen Mai und Juni, erbrachten eine Gesamtzahl für die Ostsee von 17.640 Tieren im Jahr 2004 (KARLSSON and HELANDER, 2005). Daraus wird eine Gesamtpopulation von ca. 21.000 Tieren abgeleitet. Regelmäßige flugzeuggestützte Zählungen in den Jahren 2002 und 2003 auf den der deutschen AWZ nächsten Ruheplätzen führten zu Maximalzahlen von 123 Tieren in Falsterbo und 16 Tieren auf dem Rødsand. Diese Zahlen wurden ebenfalls zur Zeit des Haarwechsels erreicht. Zudem wurden starke saisonale Fluktuationen berichtet (TEILMANN et al., 2003; TEILMANN et al., 2004a).

#### ***Vorkommen in Abhängigkeit von Umweltparametern***

Für das Vorkommen von Kegelrobben sind geeignete, ungestörte Liegeplätze von entscheidender Bedeutung. Dies waren in historischer Zeit vor allem strandnahe Bereiche mit großen Steinen, die durch die Steinfischerei und Nutzung in Hafenanlagen und Küstenschutzwällen selten geworden sind (SCHWARZ et al., 2003). Heutzutage sind Sandbänke und ungenutzte Strandabschnitte (z. B. in der Kernzone des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft) potentielle Liegeflächen.

Die Verbreitung der Ostsee-Kegelrobben ist wahrscheinlich neben anderen Faktoren auch von der Eisbedeckung abhängig. Im Wasser ist das Vorkommen natürlich an reichlich vorhandene Nahrung gebunden. Die gemessenen Tauchtiefen von Kegelrobben liegen meist bei 11 bis 40 m, können im Einzelfall aber über 100 m hinausgehen. Die meisten Tauchgänge erreichen den Meeresgrund, was eine vorwiegend benthische Jagdweise nahe legt (SJÖBERG, 1999; SJÖBERG and BALL, 2000). Als Jagdgebiete dienen Kegelrobben küstennahe als auch küstenferne Flachwasserbereiche sowie unterseeische Hänge und Riffe (SCHWARZ et al., 2003). Potentielle Jagdgebiete finden sich demnach in der AWZ zum Beispiel im Bereich der Kade-trinne, dem Adlergrund oder der Oderbank. Nach derzeitigen Erkenntnissen kann jedoch keine Vorhersage über die Nutzung dieser möglichen Habitate getroffen werden, denn sowohl die Nahrungszusammensetzung als auch die Präferenzen bei der Auswahl der Nahrungshabitate können im Jahresverlauf und über die Jahre sehr variieren (SCHWARZ et al., 2003).

#### ***Saisonales Auftreten und Wanderungen***

Während der Aufzuchtzeit und des Haarwechsels verbringen Kegelrobben weniger Zeit im Wasser als in der übrigen Zeit des Jahres (HAMMOND et al., 2004). Geburten erfolgen in der Ostsee zwischen Februar und April, der Haarwechsel im Mai und Juni (KARLSSON and HELANDER, 2005). Da die Ruheplätze der südlichen Ostsee mit Ausnahme Måkläppen nicht regelmäßig zur Fortpflanzung dienen (HELANDER and BIGNERT, 1992; TEILMANN and HEIDE-JØRGENSEN, 2001), spiegelt sich dies nicht in der saisonalen Häufigkeit auf den Ruheplätzen wider. Vielmehr scheinen trüchtige Weibchen zu Beginn der Fortpflanzungszeit das Gebiet zu verlassen, um in der nördlichen Ostsee Junge zu bekommen (DIETZ et al., 2003).

Kegelrobben zeigen in der Ostsee unterschiedliche Wanderungsmuster. Neben relativ kleinräumigen Bewegungen unter 10 km, die zum selben Ruheplatz zurückführten, wurden Nahrungsausflüge z. T. zu über 100 km entfernten Nahrungsgründen und zum Teil sehr ausgedehnte Wanderungen zu anderen Kolonien beschrieben. Im Bereich anderer Kolonien verweilen die Tiere dabei von wenigen Stunden bis zu einigen Monaten (KARLSSON, 2003). Vier

von sechs Tieren vom Rødsand, auf denen Satellitensender befestigt wurden, führten solche Wanderungen zu Liegeplätzen an der schwedischen Ostküste oder in Estland durch (DIETZ et al., 2003). Dietz et al. (2003) ermittelten aus den Positionen der am Rødsand besenderten Kegelrobben die „95% Kernel Home Range“. Diese Darstellung gibt das Gebiet an, in dem ein Tier mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % zu jeder Zeit gesichtet werden kann. Bei vier der sechs Tiere umfasst die Kernel Home Range Teile der deutschen AWZ.

### ***Nahrungspräferenzen***

Die Kegelrobbe ist in der Ostsee ein wichtiger mariner Prädator im oberen Bereich der Nahrungsketten. Kegelrobben fressen ein breites Beutespektrum an Fischen, das von regionalen Verhältnissen stark beeinflusst wird. Bei verschiedenen Nahrungsanalysen wurden zwischen 10 und 25 verschiedene Fischarten in den Mägen von Kegelrobben gefunden. Dabei haben abundante Beutefischarten im Ökosystem auch eine hohe Bedeutung in der Nahrung der Tiere (SCHWARZ et al., 2003). Für die südliche Ostsee gibt es keine systematischen Nahrungsuntersuchungen.

### ***Fortpflanzung***

Kegelrobbenweibchen erreichen ein Reproduktionsalter von 5 bis 6 Jahren, Männchen mit 6 bis 8 Jahren (KING, 1983). Ob diese Zahlen auch für die Ostsee gelten, ist unklar. In der Ostsee werden Jungtiere nach elfmonatiger Tragzeit, zwischen Mitte Februar und Anfang April, meist auf dem Packeis geboren. Jungtiere haben zunächst noch das wasserdurchlässige Embryonalfell, so dass sie in den ersten drei Wochen nur ausnahmsweise ins Wasser gehen (SCHWARZ et al., 2003).

Auf dem Eis der Pommerschen Bucht und den Liegeplätzen in der südlichen Ostsee werden Kegelrobben nur selten zur Welt gebracht (HARDER und SCHULZE, 1997; TEILMANN and HEIDE-JØRGENSEN, 2001). Lediglich in der Kolonie von Måklappen kommt es regelmäßig zu Geburten (HELANDER and BIGNERT, 1992).

### ***Vorkommen in Natura-2000- Gebieten***

In den Daten aus Sichtungen (GILLES et al., 2004) finden sich keine Angaben zu Kegelrobben, so dass über die Nutzung der Gebiete keine Aussage getroffen werden kann. Die telemetrische Studie aus der südlichen Ostsee (DIETZ et al., 2003) und Einzelbeobachtungen sowie Totfunde (HARDER et al., 1995) lassen allerdings eine Nutzung der Kadetrinne, des Adlergrundes oder der Oderbank als Wanderkorridor oder Nahrungshabitat vermuten.

#### **2.7.1.4 Seehunde**

Der Seehund ist die am weitesten verbreitete Robbenart des Nord-Atlantiks und kommt in der gesamten Nordsee und im Kattegatt vor. In der Ostsee ist das regelmäßige Verbreitungsgebiet auf den Øresund und Gebiete um die dänischen Inseln Falster, Lolland und Møn beschränkt. In Schonen (Schweden) wird die südöstliche Verbreitungsgrenze erreicht (HARDER, 1996; HARDER und SCHULZE, 1997; TEILMANN and HEIDE-JØRGENSEN, 2001; SCHWARZ et al., 2003). Im Kalmarsund an der schwedischen Ostküste gibt es ein weiteres isoliertes Vorkommen (HARDER und SCHULZE, 1997; GOODMAN, 1998).

### ***Vorkommen in Abhängigkeit von Umweltparametern***

Für das Vorkommen von Seehunden sind geeignete ungestörte Liegeplätze von entscheidender Bedeutung. In der deutschen Nordsee werden vor allem Sandbänke als Ruheplätze genutzt (SCHWARZ und HEIDEMANN, 1994). Offenbar ist die Anzahl der Tiere auf Sandbänken von Jahreszeiten und dem Tidenzyklus abhängig (HARDER, 1996; HAMMOND, et al., 2004). Bei ei-

ner Reihe weiterer Umweltparameter (Windgeschwindigkeit, Temperatur, Niederschlag und Wolkenbedeckung) sind die Angaben widersprüchlich (Effekte lassen sich nur in manchen Jahren finden und in anderen nicht). Vermutlich spielen sie daher nur eine untergeordnete Rolle (GRELLIER et al., 1996; BJØRGE et al., 2002).

Im Wasser ist das Vorkommen an reichlich vorhandene Nahrung gebunden. Bei jagenden Seehunden wurden vor allem Tauchgänge bis zum Meeresgrund festgestellt (TOLLIT et al., 1998; ORTHMANN, 2000; ADELUNG et al., 2004). Die Tiere zeigen oft eine deutliche Präferenz für bestimmte Wassertiefen. So bevorzugten Seehunde im Kattegat Wassertiefen von 10 bis 30 m (HÄRKÖNEN, 1988). Dies ist wahrscheinlich abhängig von der Nahrungsverfügbarkeit bzw. den Nahrungspräferenzen. Im Kattegat bevorzugten Seehunde zudem Weichbodenareale als Nahrungsreviere (HÄRKÖNEN, 1988).

Aufgrund der in telemetrischen Untersuchungen beobachteten - im Vergleich zu Kegelrobben - deutlich geringeren Tauchtiefe und der deutlich geringeren zurückgelegten Distanzen (DIETZ et al., 2003) dienen den Seehunden in der südlichen Ostsee wohl vor allem küstennahe Flachwasserbereiche als Jagdgebiete. Potentielle Nahrungshabitate finden sich demnach in deutschen Gewässern entlang der Boddenküste Mecklenburg-Vorpommerns, vor allem im Umkreis von bis zu 60 km um die Ruheplätze (TOLLIT et al., 1998).

### **Saisonale Abundanz und Verteilung**

An den deutschen Küsten existieren derzeit keine Seehundkolonien (HELCOM, 2005). Alljährlich werden etwa 5 bis 10 Seehunde in Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesen. Die Nachweise verteilen sich auf die gesamte Küstenregion, mit Schwerpunkten im Bereich der Westrügenschens Bodden und der Wismarbucht (HARDER und SCHULZE, 1997). Selten werden dort auch Jungtiere geworfen (HARDER, pers. Mitt.). Die der deutschen AWZ am nächsten gelegenen Seehundkolonien befinden sich bei Måkläppan vor Falsterbo, Bøgestrømmen (nördlich von Møn), Saltholm (Øresund), Rødsand (Falster), Vitten/Skrollen (Lolland) und Aunø Fjord (südwestlich Seeland). Im Bereich der Kieler Bucht gibt es keine regelmäßigen Seehundvorkommen (ICES, 2003).

Regelmäßige flugzeuggestützte Zählungen in den Jahren 2002 und 2003 auf den der deutschen AWZ nächsten Ruheplätzen führten zu den in Tabelle 23 genannten Maximalzahlen (TEILMANN et al., 2003; TEILMANN et al., 2004a). Die Ruheplätze Rødsand und Vitten/Skrollen wurden dabei zusammengefasst, da die Tiere zwischen beiden Plätzen häufig hin- und herwechseln. Insgesamt errechnen die Autoren daraus für das Jahr 2003 unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die im Wasser befindlichen Seehunde einen Gesamtbestand von 655 Tieren im Bereich der südlichen Ostsee (TEILMANN et al., 2004a).

Tabelle 23: Maximalzahlen der auf flugzeuggestützten Zählungen festgestellten Seehunde (TEILMANN et al., 2003; TEILMANN et al., 2004a)

<b>Kolonie</b>	<b>Monat</b>	<b>Anzahl</b>
Rødsand und Vitten/Skrollen	August 2003	177
Falsterbo	Juni 2002	103
Saltholm	April 2002	66
Aunø-Fjord	August 2003	184
Bøgestrømmen	August 2002	24

### **Wanderungen**

Während der Aufzuchtzeit (Juni bis August) und des Haarwechsels (Juni bis September) verbringen Seehunde weniger Zeit im Wasser als in der übrigen Zeit des Jahres (THOMPSON, 1993; HARDER, 1996; HAMMOND et al., 2004). Dies deutet auf eine starke Saisonalität der Zählergebnisse auf den Ruheplätzen hin. Während von Oktober bis März am wenigsten Tiere

gezählt wurden, wurden die Maxima meist im Juli und August beobachtet (TEILMANN et al., 2003; TEILMANN et al., 2004a).

Über das Wanderverhalten der Seehunde in der Ostsee ist wenig bekannt. Generell sind die Tiere sehr ortstreu. So berichten HÄRKÖNEN und HARDING (2001), dass von 163 am Geburtsort (einer Kolonie im Kattegat) individuell markierten Seehunden in 14 Jahren keiner weiter als 32 km vom jeweiligen Geburtsort entfernt gesichtet wurde. In einer anderen Studie wurde gezeigt, dass sich einige Jungtiere im ersten Jahr 100 bis 500 km weit vom Geburtsort ausbreiten können (THOMPSON et al., 1994a). Zur Fortpflanzung wird oft wieder die eigene Geburtskolonie aufgesucht (GOODMAN, 1998).

Telemetrische Untersuchungen zeigen, dass sich vor allem adulte Seehunde selten mehr als 50 km von ihren angestammten Liegeplätzen entfernen (TOLLIT et al., 1998). Kleinräumige, saisonale Verschiebungen der Ruheplätze überschreiten selten mehr als 20 km (ADELUNG et al., 2004). Darüber hinaus wurde mit Hilfe von Fahrtenschreibern festgestellt, dass Seehunde zur Nahrungssuche von den Liegeplätzen geradlinig zu bestimmten seewärtigen Nahrungsgründen schwimmen, wo sie dann in wiederholten Tauchgängen in engen Bögen nach Nahrung suchen. Diese Nahrungssuche mit nur kurzen Ruhepausen dauert meist mehrere Tage. Nach dem Beutefang kehren die Tiere meist auf direktem Wege zu ihrem Liegeplatz zurück (ADELUNG et al., 2004). Allerdings fanden THOMPSON et al. (1998b, Daten aus der Nordsee) auf derartigen Nahrungsausflügen geschlechts- und körpergrößen-spezifische Unterschiede in den Aktivitätsmustern.

### ***Nahrungspräferenzen***

Der Seehund ist in der Ostsee ein wichtiger mariner Prädator am oberen Bereich der marinen Nahrungsketten. Seehunde zählen zu den Generalisten unter den Robben und nutzen ein breites Spektrum an Fischen für ihre Ernährung. Bei Nahrungsuntersuchungen von am Rødsand geschossenen Seehunden wurden Reste von Hering, Dorsch und Aalmutter gefunden. Im Kattegat bei Anholt wurden vor allem Kliesche, Flunder und Scholle, und zu einem geringen Anteil auch Dorsch und Aal gefunden (ABT, 2002). Die vorkommenden Fischarten sind in der Nahrung jedoch nicht entsprechend ihrer Abundanz repräsentiert. Meist dominieren entweder pelagische oder benthische Arten (HÄRKÖNEN, 1987, TOLLIT et al., 1997). Nahrungspräferenzen variieren sehr stark saisonal, zwischen den Jahren oder zwischen einzelnen Kolonien und Individuen (HÄRKÖNEN, 1987, PIERCE et al., 1991, TOLLIT UND THOMPSON, 1996; TOLLIT et al., 1998).

### ***Fortpflanzung***

Seehunde werfen ihre Jungen in der Regel Mitte Juni bis Ende Juli auf Sandbänken, Inseln und ungestörten Stränden. Die bereits schwimmfähigen Seehundwelpen können nur auf ihren Liegeplätzen außerhalb des Wassers gesäugt werden (THOMPSON et al., 1994b). Der Aktionsradius der Weibchen ist daher in der frühen Säuglingszeit stark eingeschränkt. Kurz nach der Säugezeit unternehmen die Weibchen wieder ausgedehnte Ausflüge zur Nahrungssuche, auf denen sie von den Jungen begleitet werden (van PARIJS et al., 1997; 1999, Daten aus Schottland). Die Männchen hingegen schränken in dieser Zeit ihren Aktionsradius ein und halten sich überwiegend in aquatischen Revieren auf, in denen sie die Weibchen mit Imponierverhalten und Unterwasserrufen auf sich aufmerksam machen. Diese Paarungsreviere können in der AWZ liegen. Nach van PARIJS et al. (1997) beziehen Männchen ihre Reviere sowohl in der Nähe der Liegeplätze als auch in den Nahrungsgründen weit vor der Küste und entlang der benutzten Wanderrouten dazwischen.

### ***Vorkommen in Natura-2000-Gebieten***

Auf den Schweinswalzählflügen in der Ostsee (GILLES et al., 2004) wurden keine Seehunde gesichtet, so dass über die Nutzung der Gebiete keine entsprechende Aussage getroffen werden kann.

Die telemetrischen Untersuchungen aus der südlichen Ostsee (DIETZ et al., 2003) und Beobachtungen im Bereich der Wismarbucht (HARDER und SCHULZE, 1997) lassen allerdings eine gelegentliche Nutzung des Fehmarnbelts als Nahrungshabitat vermuten.

## 2.7.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes marine Säugetiere

Die Situation des Schweinswals ist bereits in früheren Zeiten im Allgemeinen verschlechtert worden. Der Schweinswalbestand in der Ostsee hat im Laufe der letzten Jahrhunderte abgenommen. Die Situation des Schweinswals in der Ostsee ist durch den kommerziellen Fang der Tiere in früheren Zeiten, aber auch durch extreme Eiswinter verschlechtert und schließlich durch Beifang, Verschmutzung, Lärm und Nahrungslimitierung weiter verschärft worden (ASCOBANS, 2002). Die Existenz einer weiteren separaten Subpopulation in der östlichen Ostsee mit einem Bestand von ca. 500 Tieren wird durch die Ergebnisse morphometrischer und genetischer Untersuchungen unterstützt (TIEDEMANN et al., 1996; HUGGENBERGER et al., 2002). Die Subpopulation der östlichen Ostsee ist zusätzlich durch die kleine Anzahl von Individuen, die geographische Restriktion und dem fehlenden Genaustausch besonderes gefährdet und gilt daher als vom Aussterben bedroht (ASCOBANS, 2002).

Anhand der neuen Auswertung der Daten aus MINOS und MINOS<sup>plus</sup> wird der Bestand in den deutschen Gewässern saisonabhängig auf 200 bis 5.900 Tiere geschätzt. Bei den Abundanz- oder Bestandsberechnungen anhand von Befliegungen gilt dabei zu bedenken, dass gelegentliche Sichtung einer großen Ansammlung (Gruppe) von Tieren innerhalb eines Gebietes, das in einer kurzen Zeit erfasst wird, zur Annahme von unrealistisch hohen relativen Dichten führen kann - wie dies aus Auswertungen von Daten aus der Nordsee bekannt ist (REID et al., 2003). Die Erkennung von Verteilungsmustern bzw. die Berechnung von Beständen wird insbesondere durch die hohe Mobilität der Tiere erschwert.

### 2.7.2.1 Bestandsverlagerung

Historisch wurden starke Schwankungen hinsichtlich des Vorkommens der Schweinswale in Teilbereichen der Nordsee berichtet. Seit den 1940er Jahren bezeugten britische und niederländische Aufzeichnungen von Sichtungen und Strandungen von einer stetigen Abnahme an diesen Küsten (SCHEIDAT et al., 2004). An der britischen Nordküste ist seit den 1950er Jahren wieder ein Anstieg der Strandungen zu verzeichnen, während sich die Abnahme an der niederländischen und südenenglischen Küste bis in die 1980er Jahre fortsetzte. REIJNDERS (1992) vermutet einen Zusammenhang mit einer drastischen Abnahme wichtiger Beutefischbestände (Hering und Makrele) in dieser Region.

Erst seit den 1990er Jahren ist in den Küstengebieten der südlichen Nordsee ein fast stetiger Anstieg der Sichtungs- und Strandungsdaten zu verzeichnen. Dieser zeigte sich an der niederländischen Küste zunächst nur im Winter. Der Trend hält in den genannten Regionen bis heute an und es kommt mittlerweile auch ganzjährig zu Sichtungen. Als möglicher Grund wird vor allem eine Veränderung in der Verteilung aufgrund des Zusammenbruchs der Sandaalbestände in der nördlichen Nordsee diskutiert, die dort eine wichtige Beute für Schweinswale darstellen (CAMPHUYSEN, 2004). Gleichzeitig kam es mit Bestandseinbrüchen von Sandaalen in den Jahren 1998 und 2004 zu einer Invasion von Wittlingen, die in niederländischen Gewässern über  $\frac{3}{4}$  der Beute ausmachen. Ein weiteres Indiz für diese Hypothese ist die in diesen beiden Jahren drastisch erhöhte Zahl von Strandfunden von Schweinswalen an der Schleswig-Holsteinischen Westküste (ABT, 2006).

Der Bestand der Schweinswale in dem Erfassungsbereich von SCANS I und II hat sich seit 1994 nicht wesentlich verändert, bzw. konnten zwischen Daten aus 1994 und 2005, keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (HAMMOND and MACLEOD, 2006). Allerdings hat sich die Verbreitung innerhalb verschiedener Gebiete der Nordsee verändert: So zeichnete

sich bei der SCANS II-Erfassung eine Verlagerung der Schweinswalskonzentration von der nördlichen und zentralen Nordsee zur südlichen Nordsee ab. Inwieweit diese Bestandsverlagerung in der Nordsee auf die Population der westlichen Ostsee, Kattegat und Beltsee Auswirkungen hat, ist noch unklar.

Durch großräumige Befliegungen und akustische Erfassungen mit Klickdetektoren, insbesondere im Rahmen von MINOS und MINOS<sup>plus</sup>, wurden belastbare Abundanzschätzungen für den Bereich der deutschen Gewässer der Nord- und Ostsee vorgenommen. Dabei wurde in der Ostsee ein Dichtegradient von Westen nach Osten festgestellt. Dieser Gradient war bereits in Sommer vorhanden und nahm in Herbst zu.

Die Ergebnisse von MINOS und MINOS<sup>plus</sup> weisen darauf hin, dass der westliche Bereich (Teilgebiet Kieler Bucht) am häufigsten von Schweinswalen genutzt wird. Der mittlere Bereich (Teilgebiet Mecklenburger Bucht) wird eher als Durchzugsgebiet genutzt. Der östliche Bereich (Teilgebiet Rügen) wird derzeit eher selten von Schweinswalen genutzt. Die einmalige Sichtung einer größeren Gruppe von Tieren auf die Oderbank deutet eher auf eine temporäre Einwanderung als auf eine regelmäßige Nutzung des Gebiets hin.

Es ist jedoch vorstellbar, dass sich der Bestand durch geeignete Maßnahmen (ASCOBANS, 2002) zunimmt und eventuell dann auch der östliche Bereich wieder vermehrt durch Schweinswale genutzt werden könnte.

### **2.7.2.2 Bedeutung von Teilgebieten der AWZ für marine Säugetiere**

Generell ist davon auszugehen, dass die deutsche AWZ von Schweinswalen zum Durchqueren, Aufhalten wie auch teilweise als Nahrungs- und Aufzuchtgrund genutzt wird. Aufgrund der neuesten Erkenntnisse aus SCANS, MINOS und MINOS<sup>plus</sup>, der Auswertung der Daten aus 1988-2002 und für einige Bereiche aus den Umweltverträglichkeitsstudien für Windparkprojekte kann deren Bedeutung für marine Schweinswale abgeleitet werden. Die Nutzung fällt in den Teilgebieten der AWZ sehr unterschiedlich aus.

Das MINOS Gebiet E Kieler Bucht (Abbildung 44a) wird von Schweinswalen regelmäßig zum Durchqueren und Aufhalten bzw. nach saisonbedingtem Nahrungsangebot als Nahrungsgrund genutzt. Auf der Basis von Sichtungen von Kälbern und Strandungen kann festgestellt werden, dass dieser Bereich in einem Großgebiet liegt, das als Nahrungs- und Aufzuchtgebiet von Schweinswalen genutzt wird. Dieser Bereich der westlichen Ostsee hat für Schweinswale eine mittlere bis hohe Bedeutung:

- Das Gebiet wird von Schweinswalen ganzjährig zum Durchqueren, Aufhalten und als Nahrungsgrund genutzt
- Die Nutzung des Gebietes durch Schweinswale variiert saisonabhängig
- Das Vorkommen von Schweinswalen ist in diesem Gebiet jedoch eher durchschnittlich im Vergleich zum Vorkommen in der Kieler Bucht, der Beltsee und dem Kattegat
- Das Gebiet wird auch als Aufzuchtgebiet genutzt.

Für Robben und Seehunde hat es aufgrund der Entfernung zu den nächsten Liegeplätzen nur eine geringe bis höchstens mittlere Bedeutung.

Das MINOS Gebiet F Mecklenburger Bucht (Abbildung 44a) hat anhand der neueren Erkenntnisse aus SCANS, MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Daten aus 1988-2002 eine geringe bis mittlere Bedeutung für Schweinswale:

- Das Gebiet wird von Schweinswalen ganzjährig zum Durchqueren, Aufhalten und möglicherweise als Nahrungsgrund genutzt

- Die Nutzung des Gebietes durch Schweinswale variiert saisonabhängig
- Das Vorkommen von Schweinswalen ist in diesem Gebiet durchschnittlich bis gering im Vergleich zum Vorkommen in der Kieler Bucht, der Beltsee und dem Kattegat,
- Eine Nutzung des Gebiets als Aufzuchtgebiet ist nicht eindeutig nachgewiesen.

Für Robben und Seehunden es aufgrund der Entfernung zu den nächsten Liegeplätzen nur mittlere Bedeutung.

Das MINOS Gebiet G Rügen (Abbildung 44a) hat anhand der neueren Erkenntnisse aus SCANS, MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Daten aus 1988-2002 eine mittlere Bedeutung für Schweinswale:

- Das Gebiet wird von Schweinswalen gelegentlich zum Durchqueren, Aufhalten und als Nahrungsgrund genutzt
- Das Gebiet wird nicht kontinuierlich von Schweinswalen genutzt
- Das Vorkommen von Schweinswalen ist in diesem Gebiet gering im Vergleich zum Vorkommen in der Kieler Bucht, der Beltsee und dem Kattegat,
- Eine temporäre Nutzung, wie im Juli 2002, ist für Bereiche wie die Oderbank möglich - eventuell durch Anreicherung des Nahrungsangebots
- Eine Nutzung des Gebiets als Aufzuchtgebiet ist nicht eindeutig nachgewiesen.

Für Robben und Seehunde hat dieses Gebiet nur mittlere Bedeutung.

Für die Teilgebiete „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ kann auf Basis der Ergebnisse aus MINOS, MINOS<sup>plus</sup>, den Umweltverträglichkeitsstudien für die drei Windparkprojekte und den Festlegungen für die besonderen Eignungsgebiete (BSH 2005a, 2005b) gesondert festgehalten werden:

- Die Teilgebiete gehören als Teil der westlichen Ostsee zum Lebensraum der Schweinswale
- Die Teilgebiete werden zum derzeitigen Zeitpunkt nur als Durchzugsgebiet genutzt
- Die Teilgebiete weisen keine besondere Funktion für Schweinswale als Nahrungsgrund auf,
- Die Teilgebiete dienen nicht als Aufzuchtgebiete.

Die beiden Teilgebiete „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ haben nach aktuellem Kenntnisstand nur eine geringe Bedeutung für Schweinswale. Für Robben und Seehunden haben diese Teilgebiete keine Bedeutung.

### 2.7.2.3 Schutzstatus

Schweinswale sind nach mehreren internationalen Schutzabkommen geschützt. Schweinswale fallen unter den Schutzauftrag der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie), nach der spezielle Gebiete zum Schutz der Art ausgewiesen werden. Der Schweinswal wird sowohl im Anhang II als auch im Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführt. Er genießt als Anhang-IV-Art einen generellen strengen Artenschutz gem. Art. 12 und 16 der FFH-Richtlinie.

Weiterhin ist der Schweinswal im Anhang II des Übereinkommens zum Schutz wandernder wild lebender Tierarten (Bonner Konvention, CMS) aufgeführt.

Zusätzlich ist das Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wild lebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention) zu erwähnen, in deren Anhang II der Schweinswal gelistet ist.

Unter der Schirmherrschaft von CMS wurde ferner das Schutzabkommen ASCOBANS (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic and North Seas) beschlossen.

In Deutschland wird der Schweinswal auch in der Roten Liste gefährdeter Tieren aufgeführt (BINOT et al., 1998). Hier wurde er in die Gefährdungskategorie 2 (stark gefährdet) eingestuft.

Kegelrobbe und Seehund werden auch im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt. In der Roten Liste wurde auch die Kegelrobbe in die Gefährdungskategorie 2 eingestuft. Der Seehund wurde in die Schutzkategorie 3 (gefährdet) eingestuft.

#### **2.7.2.4 Gefährdungen**

Gefährdungen für den Bestand der Schweinswale in der Nordsee gehen von einer Vielfalt anthropogener Aktivitäten, von Veränderungen des marinen Ökosystems, Erkrankungen und zudem in Folge des Klimawandels aus.

##### ***Fischerei***

Die größte Bedrohung für Schweinswale in der Ostsee ist der unerwünschter Beifang in Kiemennetzen (ASCOBANS, 2003). Die gesamte AWZ wird derzeit fischereilich genutzt. Dabei werden Kiemennetze (Stellnetze und Treibnetze) und Schleppnetze eingesetzt. Insbesondere ist die vermutete östliche Population schon bei geringen Beifangzahlen stark bedroht.

Die Internationale Walfangkommission (IWC) hat sich darauf verständigt, dass die beifangbedingte Mortalität nicht über 1% des geschätzten Bestandes betragen soll (IWC, 1996). Bei höheren Beifangraten ist das Schutzziel, eine Erholung der Populationen auf 80 % der Kapazitätsgrenze des Lebensraumes (carrying capacity), gefährdet (ASCOBANS, 1997).

Aus einzelnen Berichten über Beifänge in der Ostsee (KASCHNER, 2001) ist anzunehmen, dass vor allem die Grundstellnetzfisherei auf Steinbutt, Dorsch, Scholle und Seehase sowie die Treibnetzfisherei auf Lachs für den Beifang in der Ostsee verantwortlich ist. Beifangraten lassen sich jedoch aufgrund der geringen Informationen für die Ostsee nicht ermitteln (KASCHNER, 2001; KASCHNER, 2003). In Polen werden etwa 5 Beifänge pro Jahr gemeldet, in Schweden Anfang der 1990er Jahre ebenfalls 5 (SGFEN, 2001). Eine auf Fragebögen beruhende Hochrechnung geht für die deutsche Fischerei in der westlichen Ostsee von jährlich 57 Beifängen (21 in der Nebenerwerbsfisherei, 36 in der Berufsfisherei) aus (RUBSCH UND KOCK, 2004). Für den Bereich östlich der Darßer Schwelle werden 25 Beifänge (1 Nebenerwerb, 24 Berufsfisherei) angegeben. Dies ist weitaus höher als die offiziellen von Fischern gemeldeten Zahlen und übertrifft die nach IWC und ASCOBANS tolerierbaren Beifangraten (IWC, 1996).

Kegelrobben jagen oft in der Nähe von Fischereigeräten und können z. B. bei der aktiven Schleppnetzfisherei in Netze geraten (Schwarz et al., 2003). In passivem Fischereigerät verfangen sich in der Ostsee jährlich mindestens 800 Kegelrobben und 100 Seehunde, vor allem in Reusen und Treibnetzen (JEPSEN, 2001; HELCOM, 2001). Meeressäuger können sich weiterhin in verlorengelassenem und herumtreibendem Fischereigerät verfangen (OSPAR COMMISSION, 2000), die in der deutschen AWZ regelmäßig gesichtet werden (GILLES et al., 2004).

Indirekte Wirkungen auf Meeressäuger gehen von der Schleppnetzfisherei aus. Von Scheuchketten oder Scherbrettern der Baumkurren und Grundschleppnetze werden gravierende Schäden in Benthoslebensräumen und an Organismen hervorgerufen (SRU, 2004). Ebenso kann sich Überfischung bestimmter Fischarten sowohl negativ als auch positiv auf den



Bestand von Meeressäugetieren auswirken, je nachdem ob eine wichtige Beuteart oder ein Nahrungskonkurrent dezimiert wird.

### **Jagd**

In der deutschen AWZ werden keine Robben gejagt, die Jagd in anderen Gebieten kann sich aber auf die Bestände auswirken. Dies kann wiederum die Nutzung von Habitaten in der deutschen AWZ beeinflussen.

Da Kegelrobben und Seehund Fischereinetze beschädigen und Fische wegfangen, wird insbesondere an den dänischen Küsten um Falster, in Schweden, in Finnland und Estland immer wieder eine Begrenzung der Bestände durch Abschuss gefordert (JEPSEN, 2001). Derzeit werden in einigen Gebieten räumlich begrenzte Abschusslizenzen für Seehunde und Kegelrobben erteilt. Dies betrifft auch einige Seehundkolonien im Südwesten Dänemarks. Illegale Abschüsse von Kegelrobben und Seehunden werden regelmäßig verzeichnet (JEPSEN, 2001).

### **Schifffahrt**

Schiffsverkehr stellt einen erheblichen anthropogenen Einfluss auf die marine Umwelt dar. Wichtige Aspekte für Meeressäugetiere sind dabei Schallemissionen, Schiffssicherheit (Havarien), Verschmutzungen im Normalbetrieb und Kollisionen mit Meeressäugetieren.

Die weltweiten Steigerungen im Schiffsverkehr haben zu einem deutlichen Anstieg der Hintergrundschallbelastung in den Meeren geführt (EVANS, 2003). Vor allem niedere Frequenzanteile (< 10 kHz) haben unter Wasser erhebliche Reichweiten. Ein Supertanker kann von einigen Walarten noch in über 80 km Entfernung wahrgenommen werden (EVANS, 2003). Breitbandschallpegel können dabei bis zu 205 dB (re 1  $\mu$ Pa – 1 m) erreichen. Einzelne Töne im Bereich von 500 Hz wurden mit 169 dB angegeben (RICHARDSON et al., 1995).

EVANS et al. (1994) dokumentierten Ausweichreaktionen von Schweinswalen in Bezug auf Boote und Schiffe aller Größen. In der Nordsee konnte eine negative Korrelation zwischen der Dichte von Schweinswalen und dem Seeverkehrsaufkommen gezeigt werden (HERR et al., 2005). Reaktionen von Seehunden und Kegelrobben auf Schiffe sind nur selten dokumentiert.

Bei Schiffshavarien kann es zum Austritt umweltgefährdender Stoffe wie Öl und Chemikalien kommen. Auch der Verlust von Ladung kann zu Verunreinigungen mit toxischen Substanzen führen.

Schiffskollisionen mit Meeressäugetieren werden vor allem bei langsam schwimmenden großen Walarten berichtet (KOSCHINSKI, 2002). Aber regional fallen auch erhebliche Anzahlen von Kleinwalen den Kollisionen zum Opfer.

### **Meeresumweltverschmutzung**

Meeressäugetiere in der Ostsee haben eine hohe Belastung an organischen und anorganischen Schadstoffen. Dazu gehören insbesondere Spurenmetalle und organohalogene Kohlenwasserstoffe. Bei der Belastung gibt es starke regionale sowie alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede (REIJNDERS, 1986; THORN et al., 2004). Bei vielen dieser Substanzen sind die Auswirkungen auf das Ökosystem nicht bekannt oder nur unzureichend untersucht. Aufgrund der unüberschaubaren Anzahl von Substanzen und ihrer möglicherweise kumulativen Wirkung ist es fast unmöglich, bestimmten Schadstoffen gewisse pathologische Veränderungen zuzuweisen (SIEBERT et al., 1999).

Besorgniserregende Konzentrationen von Schadstoffen hat man vor allem bei lipophilen, persistenten und bioakkumulativen Stoffen wie PCB oder DDT nachgewiesen (THORN et al., 2004; BEINECKE et al., 2005; DAS et al., 2006). Hormonähnliche Substanzen, zu denen auch PCB, DDT und TBT gehören, sind als besonders kritisch für die Meeresumwelt anzusehen, denn sie wirken bereits in sehr geringen Konzentrationen. Für einen trophischen Transfer bis

hin zu Meeressäugetieren gibt es deutliche Hinweise (KANNAN and FALANDYSZ, 1997). Allerdings ist die Wirkungsweise dort noch unbekannt.

Obwohl die Belastung mit einigen „klassischen“ Schadstoffen wie PCB oder DDT zurückgegangen ist (BLOMKVIST et al., 1992; JEPSEN, 2001), ist die schädliche Wirkung neuer oder bislang wenig untersuchter Schadstoffe auf das Ökosystem unzureichend erforscht. In der Ostsee wurde die Persistenz des in Kegelrobben gefundenen Bis-(4-chlorophenyl)-Sulfon (BCPS) gezeigt (OLSSON and BERGMAN, 1995).

Die Belastung von marinen Säugetieren mit Schwermetallen ist in der Nordsee immer noch hoch (SIEBERT et al., 1999). Einige dieser Schwermetalle sind schon in geringen Mengen toxisch (BOWLES, 1999). Für die Schweinswale in der Ostsee ist die Belastung mit Schwermetallen sogar höher als in der Nordsee. Von Schadstoffen geht ein latentes Risiko für die Bestände mariner Säugetiere aus. Neue Pestizide, Weichmacher, Flammenschutzmittel und andere Schadstoffe werden permanent entwickelt und in die Umwelt freigesetzt. Die Erkenntnisse, wie diese Stoffe in der Umwelt wirken, laufen dieser Entwicklung hinterher. Viele bioakkumulative Stoffe sind noch Jahrzehnte nach ihrem Verbot in erheblicher Konzentration in der Meeresumwelt zu finden (SRU, 2004).

### **Schallimmissionen**

Für marine Säugetiere spielt Schall eine große Rolle. Sie erhalten aus Geräuschen Informationen über ihre Umgebung, über potentielle Feinde oder über Beutevorkommen. Sie kommunizieren über Unterwasserrufe, Zahnwale sind in der Lage, mit Hilfe von Ultraschall-Klicklauten ein Abbild ihrer Umgebung zu erhalten und Beute zu orten (EVANS, 1998). Kommunikation kann der Erkennung, dem Zusammenhalt sozial organisierter Gruppen oder der Paarung dienen. Neben den Echoortungslauten von Schweinswalen mit einer Frequenz von ca. 110 bis 140 kHz werden niederfrequente Kommunikationslaute in den Frequenzbereichen 1,4 bis 2,5 kHz und 47 bis 600 Hz vermutet (VERBOOM and KASTELEIN, 1995). Die von RICHARDSON et al., (1995) zusammengetragenen sozialen Unterwassergeräusche von Seehunden verteilen sich über einen Frequenzbereich von 100 bis 4.000 Hz, die von Kegelrobben von unter 1.000 bis 3.000 Hz. Ferner werden Zisch- und Klicklaute bis zu einer Frequenz von 40 kHz berichtet.

Unterwasserschall anthropogener Quellen kann im Extremfall zu physischen Schädigungen führen, aber auch die Kommunikation stören oder zu Verhaltensänderungen führen - z. B. Sozial- und Beutefangverhalten unterbrechen oder ein Fluchtverhalten auslösen.

Derzeitige anthropogene Nutzungen in der AWZ mit hohen Schallbelastungen sind der Schiffsverkehr, seismische Erkundungen, die Sand- und Kiesgewinnung und militärische Nutzungen.

Gefährdungen können für Schweinswale, Robben und Seehunde durch den Bau und Betrieb von OWEA, insbesondere durch Lärmemissionen während der Installation der Fundamente verursacht werden, wenn keine Verminderungs- oder Vermeidungsmaßnahmen getroffen werden.

### **Eutrophierung**

Die Ostsee ist durch ihr großes Einzugsgebiet und den hohen Festlandabfluss von Natur aus ein eutrophes Ökosystem. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts haben sich die intensive Landwirtschaft und der Verkehr zu einer Hauptquelle des Nährstoffeintrags entwickelt. Durch diffuse Quellen einschließlich der atmosphärischen Einträge und Punktquellen im Einzugsbereich wird die Ostsee erheblich mit Nährstoffen belastet. Dies hat intensive saisonale Planktonblüten zur Folge, die das Wasser trüben und somit zu einer Lichtlimitation schon in geringen Wassertiefen führen. Seegraswiesen, die eine wichtige Funktion als Laichgebiete für Fische haben, gingen zurück und durch die erhöhte Produktion kommt es in der Tiefe zu verstärkten Abbauprozessen mit Sauerstoffmangelsituationen als Folge (LOZÀN et al., 1996). Dies bewirkt

unter anderem das Absterben von Fischlaich (KÖSTER et al., 2003). Als Folge ist der Ostseedorsch stark zurückgegangen, noch verstärkt durch die intensive fischereiliche Nutzung. Davon profitieren heringsartige Fische wie Sprotten. Das verfügbare Nahrungsspektrum für Robben und Schweinswale wird dadurch verändert. Ob dies allerdings einen positiven oder negativen Effekt auf den Bestand hat, kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht beurteilt werden.

### ***Klimawandel***

Temperaturänderungen in der Ostsee und deren Auswirkungen seit den 1920er Jahren wurden bereits in den Kapiteln 2.2 und 2.3 beschrieben. Veränderungen der Wassertemperatur wurden u.a. von Veränderungen in der Zirkulation, Phytoplanktonverteilung und Zusammensetzung der Fischfauna begleitet. Aufgrund der möglichen unterschiedlichen Ausprägungen eines Klimawandels auf die verschiedenen Komponenten des Ökosystems ist die Prognose der Auswirkungen auf marine Säugetiere kaum möglich. Unstrittig bleibt, dass massive Veränderungen im Ökosystem Ostsee zu erwarten sind.

Fische, die den Meeressäugetieren als Nahrung dienen, wie z. B. Kabeljau oder Sandaal, reagieren empfindlich auf einen Klimawandel. Südliche Kabeljaubestände würden bei einer vorausgesagten Erwärmung verschwinden, während nördliche Bestände profitieren würden (DRINKWATER, 2005). Zudem gibt es Hinweise, dass durch eine Erhöhung der Oberflächentemperatur in der nördlichen Nordsee die Artenzusammensetzung und Größenklassenverteilung des Planktons und damit die Nahrungsqualität und -quantität planktivorer Fische sinkt. Weiter kann durch den Temperatureffekt die Synchronisation der Laichzeit mit dem Auftreten von Planktonblüten (als Nahrung für Fischlarven) gestört werden (BEAUGRAND et al., 2003).

Zur Zeit kommt es vermutlich auch aufgrund von Klimaveränderungen zu einer Einwanderung von Schweinswalen in die südliche Nordsee (CAMPHUYSEN, 2005; ABT, 2006). Inwieweit dies indirekten Einfluss auf die Schweinswalpopulation der Ostsee hat, ist noch unbekannt. Auch über direkten Einfluss von Klimaveränderungen auf die Bestände des Schweinswals in der Ostsee liegen derzeit keine Erkenntnisse vor. Naheliegender ist jedoch, dass über klimabedingte Veränderungen der marinen Nahrungsketten, wie diese bereits von ALHEIT et al. (2005) festgestellt wurden, die Bestände des Schweinswals in der Ostsee ebenfalls Veränderungen unterliegen werden.

### ***Erkrankungen***

Epidemien viralen oder bakteriellen Ursprungs stellen für die Bestände mariner Säugetiere eine Gefährdung dar. Zwei Staupevirus-Epidemien 1988 und 2002 reduzierten z. B. den Bestand der Seehunde im Wattenmeer erheblich (MÜLLER et al., 2004). Dabei könnte ein immunsuppressiver Effekt durch Umweltgifte, der von DE SWART et al., (1994) bei Seehunden erstmals nachgewiesen werden konnte, eine Rolle gespielt haben. Rund 30 % der Seehundbestände in Europa bzw. knapp 50 % des Wattenmeerbestandes fielen nach Schätzungen der Staupe-Epidemie 2002 zum Opfer (CWSS, 2003). Die Erfahrungen aus der Epidemie 1988 haben jedoch gezeigt, dass sich der Bestand nach derartigen Ereignissen schnell wieder erholen kann (REIJNDERS et al., 2005a).

#### **2.7.2.5 Schlussfolgerungen**

Die bisherigen Erkenntnisse im Bezug auf das Vorkommen und den Zustand des Schweinswalbestands in der Ostsee lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Bestand in der Ostsee hat vor vielen Jahrzehnten überwiegend in Folge von Beifang, Dezimierung der Fischbestände und Nahrungslimitierung stark abgenommen
- Es gibt keine Langzeit-Datenreihen, um die Trendentwicklung abschätzen zu können

- Im Zeitraum 1994 bis 2005 ist die Abundanz der nordeuropäischen Populationen relativ stabil geblieben
- Der Bestand der deutschen Gewässer der Ostsee weist saisonale Verteilungsmuster auf, diese sind jedoch schwächer als in der Nordsee
- Verteilungsmuster sind räumlich wie zeitlich nicht vorhersagbar
- Veränderungen des marinen Ökosystems wirken sich auf den Bestand aus
- Gefährdungen gehen für den Bestand von einer Reihe anthropogener Aktivitäten aus:
- Fischerei, durch Beifang und Dezimierung von Fischbeständen
- Meeresumweltverschmutzung, durch Einleitung von organischen und anorganischen Schadstoffen, Ölunfälle
- Eutrophierung, durch Einleitung von Nährstoffen
- Schifffahrt, überwiegend durch Schallimmissionen und Kollisionsgefahr
- Schallimmissionen aus anderen Quellen, wie Forschungsaktivitäten, Militär, Bauaktivitäten.

Gefährdungen für den Bestand gehen zudem aus von:

- Erkrankungen (bakteriellen oder viralen Ursprungs)
- Klimaveränderungen (Einwirkung auf die marinen Nahrungsketten).

Zusätzlich gilt für den Bereich der deutschen Gewässer nach Stand der Erkenntnisse:

- Abundanz und Verteilung variieren intra- und interannuell
- Saisonale Verteilungsmuster sind ersichtlich
- Saisonale Abundanzschwankungen treten auf
- Nutzung bzw. Bedeutung der verschiedenen Teilgebiete lässt sich aufgrund von Abundanz- und Verteilungsmustern, wie folgt, abschätzen:
  - Teilgebiet Kieler Bucht, mittlere bis hohe Bedeutung
  - Teilgebiet Mecklenburger Bucht, insgesamt mittlere Bedeutung,
  - Teilgebiet Rügen, mittlere Bedeutung, teilweise im Bereich der Oderbank hohe Bedeutung
  - Teilflächen „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ nach aktuellem Kenntnisstand nur geringe Bedeutung
- Beifang stellt die Hauptgefährdung dar
- Schallimmissionen, durch anthropogene Aktivitäten stellen eine potenzielle Gefährdung dar
- Schallminimierende Maßnahmen helfen, die Gefährdung abzuwenden.

Veränderungen der Bestände von marinen Säugetieren hängen mit Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen. Anthropogene Aktivitäten und Klimawandel beeinflussen neben der natürlichen Variabilität die Veränderungen des marinen Ökosystems.

## 2.8 Seevögel

Die Verbreitung der Seevögel in der Ostsee wird vom Nahrungsangebot, von den hydrographischen Bedingungen, der Wassertiefe und der Beschaffenheit des Bodens bestimmt. Ferner wird das Vorkommen durch ausgeprägte natürliche Ereignisse (z. B. Eiswinter) und anthropogene Faktoren wie Stoffeinträge (Nähr- und Schadstoffe), Schifffahrt und Fischerei beeinflusst.

Eine Reihe von Studien hat gezeigt, dass die deutschen Gewässer der Ostsee nicht nur national, sondern auch international eine große Bedeutung für See- und Wasservögel haben (DURINCK et al., 1994; KUBE, 1996; NEHLS und STRUWE-JUHL, 1998; SKOV et al., 2000, GARTHE et al., 2003, SONNTAG et al., 2006). So gehören die Pommersche Bucht mit der Oderbank sowie der Adlergrund zu den zehn wichtigsten Habitaten für Seevögel in der Ostsee. Es sind hier insbesondere das IBA-Gebiet „Pommersche Bucht“ und das von der Bundesregierung durch die Verordnung vom 18.09.2005 benannte Vogelschutzgebiet nach VRL „SPA Pommersche Bucht“ zu nennen. Generell bieten offene, weitgehend flache Gebiete mit Was-

sertiefen bis zu 20 m und reichem Nahrungsangebot ideale Bedingungen für Seevögel zum Rasten und Überwintern. Zusätzlich verstärkt sich die Bedeutung der Rastgebiete, wenn sich die Bestände im Winter aufgrund von Eisbildung bzw. Eisbedeckung in der östlichen Ostsee weiter nach Westen verlagern (VAITKUS, 1999).

Vorkommen im Winter, Gefährdung und Schutz von See- und Wasservögeln in der deutschen Ostsee wurden von GARTHE et al. (2003) in einer Studie zusammengefasst. In der Studie wurden Literaturquellen sowie Ergebnisse großräumiger Erfassungen (schiffs- und flugzeuggestützten Zählungen) im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben ausgewertet. In einer neueren Studie wurde zusätzlich die jahreszeitliche Verteilung der Seevögel in der Ostsee analysiert (SONNTAG et al., 2006).

## 2.8.1 Räumliche und zeitliche Variabilität des Vorkommens

Seevögel verfügen über die höchste Mobilität innerhalb der oberen Konsumenten der marinen Nahrungsketten. Sie sind dadurch bei der Nahrungssuche in der Lage, große Areale abzusuchen bzw. artspezifisch Beuteorganismen wie Fische über weite Strecken zu verfolgen. Die hohe Mobilität - in Abhängigkeit von besonderen Bedingungen in der Meeresumwelt - führt zu einer hohen räumlichen wie zeitlichen Variabilität des Vorkommens von Seevögeln. Verteilung und Abundanz der Vögel variieren im Verlauf der Jahreszeiten sowie der verschiedenen Jahre. Um Rückschlüsse über saisonale Verteilungsmuster und Nutzung verschiedener Meeresbereiche (Teilgebiete) ziehen zu können, ist eine gute Datenbasis notwendig. Insbesondere sind dann großräumige Langzeituntersuchungen erforderlich, um Zusammenhänge bei den Verteilungsmustern sowie Effekte der intra- und interannuellen Variabilität erkennen zu können.

### 2.8.1.1 Datenlage

Die Datenlage in der deutschen AWZ der westlichen Ostsee hat sich in den letzten Jahren gleichzeitig auf zwei verschiedenen Ebenen verbessert:

- Mittelräumig im Bezug auf die westliche Ostsee bzw. großräumig im Bezug auf die deutschen Gewässer der AWZ und des Küstenmeeres durch MINOS- und MINOS<sup>plus</sup> Erfassungen in den Jahren 2002 bis 2006.
- Kleinräumig durch:
  - Staatliche Untersuchungen bei der Festlegung von Vogelschutzgebieten in der AWZ nach EU-Vogelschutzrichtlinie (VRL) im Zeitraum 2001-2003 (ERASNO, EMSON).
  - Private, hochfrequent durchgeführte Untersuchungen in Antragsgebieten für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) bzw. in zu diesem Zweck festgelegten besonderen Eigentumsgebieten in der AWZ (2001- 2004).

Insgesamt stehen für die deutschen Gewässer der Ostsee eine Reihe von Daten aus verschiedenen Forschungs- und Überwachungsaktivitäten zur Verfügung. Mehrheitlich jedoch bis auf die oben genannten Aktivitäten, beschreiben diese Daten das Vorkommen der Wasservögel, insbesondere der Meeresenten im küstennahen Bereich und in der Pommerschen Bucht.

Seit Ende der 1960er Jahre werden in Deutschland in fast allen international und national bedeutenden Feuchtgebieten bzw. Küstengewässern Erfassungen von Rastvögeln durchgeführt. Das Monitoring von Wasservögeln ist damit das älteste und umfassendste Monitoringprogramm für Vögel bundesweit. Eingebunden sind diese Erfassungen in ein nahezu weltumspannendes Netz an Zählgebieten, die im Rahmen der Internationalen Wasservogelzählung (IWC) erfasst werden. Auswertungen durch NEHLS und STRUWE-JUHL (1998), STRUWE-JUHL

(2000) sowie GARTHE et al. (2003) zeigen die räumliche Verteilung der Arten im Küstenbereich.

Erfassungen des IWC vom Ufer aus sind zwar nicht geeignet, die Verteilung der Vögel auf See zu beschreiben. Die Erfassungen im Rahmen des IWC sind allerdings die einzigen, die Wasservögel seit Jahrzehnten mit konstanter Methode erfassen. Sie sind daher unerlässlich zur Ermittlung von Bestandstrends und zur Darstellung jährlicher Schwankungen.

In Schleswig-Holstein finden seit 1986 alljährlich flugzeuggestützte Erfassungen von Meerestenten statt. Dabei erfolgt eine Zählung von Eider- und Trauerentenschwärmen entlang einer Standardflugroute (BRÄGER et al., 1995). Bis 1993 wurden die Flüge monatlich von November bis März durchgeführt, seither nur noch zweimal pro Winter.

Seit 1992 finden in den Hoheitsgewässern Mecklenburg-Vorpommerns Meerestentenerfassungen mittels Flugzeugtransektzählung statt. Diese wurden von NEHLS et al. (1992-2003) jeweils innerhalb von drei bis fünf Tagen im Winter (Januar-März) in fünf Teilgebieten durchgeführt. Die im Rahmen der Zählungen ermittelten Dichten erreichen regelmäßig Werte, die mit denen aus Schiffszählungen vergleichbar sind. In den jährlichen Berichten werden die Konzentrationsbereiche der Meerestentenarten in Karten dargestellt und differenzierte Bestandsschätzungen in den Teilgebieten vorgenommen.

Im Zeitraum 1987 bis 1997 wurden zudem durch die dänische Firma Ornis Consult Ltd insgesamt zwölf schiffsgestützte Zählungen in der südwestlichen Ostsee durchgeführt.

In den Jahren 1993 bis 1995 wurden schiffsgestützte Zählungen im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (BMBF-Projekt „TRUMP“) in der Pommerschen Bucht durchgeführt. Bei diesen Zählungen wurden Meerestenten erfasst. Die Zählungen konzentrierten sich vorrangig auf das Frühjahr und den Herbst und das Gebiet der Oderbank (KUBE, 1996). Die Daten aus diesen Zählungen wurden in die BALTSAS-Datenbank integriert.

Im Zeitraum von März 2002 bis Oktober 2004 wurden durch das FTZ Büsum im Auftrag des BfN (F&E-Vorhaben EMSON und ERASNO) in der Ostsee schiffsgestützte Zählungen von jeweils zwei bis fünf Tagen Dauer durchgeführt. Die Zählungen deckten jeweils wechselnde Teile der deutschen Ostsee ab.

Im Rahmen der Vorhaben MINOS und MINOS<sup>plus</sup> wurden durch das FTZ Büsum und BioConsult - SH schiffs- und flugzeuggestützte Zählungen in der gesamten deutschen Ostsee durchgeführt (DIEDERICHS et al., 2002; GARTHE et al., 2004).

In den Jahren 2000 bis 2004 wurden in einigen Teilgebieten der westlichen Ostsee ganzjährig schiffs- und flugzeuggestützte Zählungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windparkprojekte durchgeführt. Insbesondere diese vergleichsweise zwar kleinräumigen, aber hochfrequent durchgeführten Untersuchungen, haben den Kenntnisstand über Seevögel in verschiedenen Teilflächen der deutschen AWZ verbessert. Für die deutsche AWZ liegen derzeit Daten aus fünf Windparkprojekten vor. Pro Projekt wurden jährlich durchschnittlich 20 schiffsgestützte und 10 flugzeuggestützte Zählungen durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten pro Projekt zwei aufeinander folgende Jahresgänge.

### **2.8.1.2 Abundanz von Seevögeln in deutschen Gewässern der Ostsee**

In den deutschen Gewässern der Ostsee, im Küstenmeer und in der AWZ, kommen regelmäßig 38 See- und Wasservogelarten vor (SONNTAG et al. 2006). Davon kommen 20 Arten regelmäßig in größeren Beständen als Rastvögel auch im Bereich der AWZ vor. Die Namen der

Arten, die Größe und die Trendentwicklung der jeweiligen biogeographischen Population sowie artspezifische Nahrungspräferenzen wurden in Tabelle 24 zusammengefasst.

Tabelle 24: Zuordnung an biogeographische Populationen, Trends in der Bestandsentwicklung, Bestand in deutschen Gewässern und Nahrungswahl der wichtigsten Rastvogelarten der deutschen AWZ in der Ostsee

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Bestand biogeographische Population <sup>1</sup>	Bio-geografische Region	Bestand im deutschen Teil der Ostsee <sup>2</sup>	Anteil <sup>3</sup>	Trend <sup>4</sup>	Hauptnahrung <sup>5</sup> in der AWZ
Eisente	<i>Clangula hyemalis</i>	4.600.000	N Europa, W Sibirien	596.000	13,0	Stabil	Muscheln
Trauerente	<i>Melanitta nigra</i>	1.600.000	Ostsee O Atlantik	177.000	11,1	Stabil	Muscheln
Samtente	<i>Melanitta fusca</i>	1.000.000	Ostsee W Europa	51.200	5,1	Stabil	Benthos
Eiderente	<i>Somateria mollissima</i>	760.000	Ostsee Wttenmeer	242.000	32,0	Abnahme	Muscheln
Mittelsäger	<i>Mergus serrator</i>	170.000	NW Europa Z Europa	13.500	7,9		
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	355.000	N-& W-Europa	9.700	2,7	Abnahme	Fische, Krebstiere
Rothalstaucher	<i>Podiceps grisegena</i>	51.000	NW Europa	950	1,9	Abnahme	Fische Benthos
Ohrentaucher (dünn Schnäblig)	<i>Podiceps auritus</i>	20.100	NE Europa	580/530*	2,9	Abnahme	Fische
Sterntaucher	<i>Gavia stellata</i>	300.000	NW Europa	1.950/1.900*	0,7	Stabil	Fische
Prachtaucher	<i>Gavia arctica</i>	375.000	N Europa, W Sibirien	2.300/2.100*	0,6	Abnahme	Fische
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	392.500	N Europa Z Europa	5.300	1,4	Zunahme	Fische
Tordalk	<i>Alca torda</i>	45.000	Ostsee	300	0,7		Fische
Trottellumme	<i>Uria aalge</i>	45.000	Ostsee	700	1,6		Fische
Gryllteiste	<i>Cephus grylle</i>	50.000	Ostsee	750	1,5		Fische, Benthos
Zwergmöwe	<i>Larus minutus</i>	123.000	N u. E Europa	300	0,2	Zunahme	Fische, Krebstiere
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	4.250.000	Nördl. Europa			Abnahme	u. a. Benthos
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	1.725.000	N Europa			Abnahme	Fische,
Mantelmöwe	<i>Larus marinus</i>	435.000	NE Atlantik			Zunahme	Fische, Discard
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	2.650.000	N und W Europa			Zunahme	Fische Benthos Discard
Heringsmöwe	<i>Larus fuscus intermedius</i>	382.500	N Europa			Zunahme	Fische, Discard

1. Quellen: WETLANDS INTERNATIONAL, 2006; DELANY and SCOTT, 2002; GARTHE et al., 2003; Alkenvögel nach DURINCK et al., 1994. Bei Bestands-Spannen wurde der Mittelwert angegeben.
2. Bestandszahlen in der deutschen Gewässern der Ostsee aus GARTHE et al., 2003. Bei den Beständen handelt sich in diesem Fall um Mittwinterbestandsabschätzungen.
3. Anteil in % in der deutschen Gewässern der Ostsee an der biogeographischen Population aus GARTHE et al., 2003, teilweise Neuberechnet auf der Basis von Wetlands International 2006.
4. Trendentwicklung nach WETLANDS INTERNATIONAL 2006. Der Trend bezieht sich jeweils auf die biogeografische Population.

- <sup>5</sup> Nahrung: Mit „Discard“ sind hier sowohl Fischereiabfälle als auch über Bord geworfener Beifang gemeint
- \* Errechneter Teilbestand für den Offshore-Bereich der deutschen Gewässer der Ostsee aus GARTHE et al., 2003.

Zudem kommen folgende küstenah verbreitete Vogelarten mit geringen Beständen auch im Offshore-Bereich vor (SONNTAG et al., 2006): Höckerschwan (*Cygnus olor*), Bergente (*Aythya marila*), Schellente (*Bucephala clangula*), Gänsesäger (*Mergus merganser*) und Trauerseeschwalbe (*Chlidonias nigra*). Brandseeschwalben (*Sterna sandvicensis*), Flusseeeschwalben (*S. hirundo*) und Küstenseeschwalben (*S. paradisaea*) kommen nur in sehr kleiner Anzahl im Zeitraum April bis Oktober vor.

### 2.8.1.3 Verteilung von Seevögeln in deutschen Gewässern der Ostsee

Das Vorkommen von Seevögeln weist eine sehr hohe räumliche und zeitliche Variabilität auf. Langzeitbeobachtungen bzw. systematische Zählungen geben Auskunft über immer wiederkehrende saisonale Verteilungsmuster der häufigsten Arten in deutschen Gewässern der Ostsee. In einer neuen Studie wurde erstmalig, auf der Basis von systematisch durchgeführten schiffsgestützten Zählungen im Zeitraum 2000 bis 2005, die Verbreitung und Häufigkeit von See- und Wasservogel im Jahresverlauf und schwerpunktmäßig für den Offshore-Bereich analysiert (SONNTAG et al. 2006).

Im Folgenden wird die Verbreitung von Seevogelarten des Anhangs I der VRL und in der deutschen AWZ häufig vorkommenden Arten, aufgrund der artspezifischen Unterschiede in der räumlichen und zeitlichen Verteilung, einzeln betrachtet.

#### **Seevogelarten nach Anhang I der VRL**

*Seetaucher: Sterntaucher (Gavia stellata) und Prachtttaucher (G. arctica)*

Nach Angaben aus DURINCK et al. (1994) für die Jahre 1988 bis 1993 wird die Gesamtanzahl der Seetaucher in der Pommerschen Bucht und der Rönnebank auf 4.680 Individuen geschätzt. Neuere Studien kommen auf insgesamt 4.250 Seetaucher (GARTHE et al., 2003). Von den 4.250 Seetauchern sind schätzungsweise 1.950 Sterntaucher und 2.300 Prachtttaucher. Die jeweilige biogeographische Population wird nach Wetlands International (2006) mit durchschnittlich 300.000 Sterntauchern bzw. 375.000 Prachttauchern angegeben. Bezogen auf die jeweilige biogeographische Population beträgt der Anteil in der deutschen Ostsee für den Sterntaucher 0,7 % und für den Prachtttaucher 0,6 %.

Sterntaucher rasten in der Ostsee vorrangig in Gewässern mit einer Wassertiefe von weniger als 20 m (DURINCK et al., 1994). Die Aufenthaltsgebiete innerhalb der westlichen Ostsee variieren etwas im Saisonverlauf, vermutlich in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot und vom Zugverhalten. Die wichtigsten Rastvorkommen liegen im Seegebiet um Rügen, vor allem im Bereich der sandigen Flachgründe westlich und östlich der Insel und in der Mecklenburger Bucht. Schwerpunkt im Frühjahr sind die Küstengewässer vor Rügen.. Prachtttaucher rasten in der westlichen Ostsee in Seegebieten mit Wassertiefen geringer als 30 m. Das Hauptüberwinterungsgebiet der Prachtttaucher in der westlichen Ostsee ist die Pommersche Bucht (DURINCK et al., 1994). Hier lassen sich die höchsten Dichten zumeist in der Adlergrundrinne und entlang des Südhangs des Arkona-Beckens und auf der Oderbank erfassen.

GARTHE et al. (2003) haben im Februar 2003 mittels flugzeuggestützter Zählungen hohe Dichten von Seetauchern in Küstennähe der Inseln Hiddensee, Rügen und Usedom festgestellt. Häufig wurden Seetaucher auch im tieferen Bereich zwischen Rügen und Adlergrund gesichtet. Im April 2003 wurde ihr Verbreitungsschwerpunkt auf der südlichen Oderbank und in Küstennähe der Insel Usedom festgestellt.



Die monatlichen Untersuchungen im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) für Offshore-Windparkprojekte haben dieses Bild bestätigt. So wurden im Bereich der Pommerschen Bucht Seetaucher-Dichten von 0,2 bis 1,4 Ind./km<sup>2</sup> und im Adlergrund 1,3 Ind./km<sup>2</sup> festgestellt. Im Teilbereich des Untersuchungsgebietes für das Projekt „Arkona Becken Südost“, welches innerhalb des Naturschutzgebietes „Pommersche Bucht“ liegt, wurden während des Frühjahrzuges im März und April höhere Dichten an Seetauchern vom Flugzeug aus erfasst. Die meisten Sichtungen erfolgten im Referenzgebiet des Windparkprojektes, das sich in den Bereich des Schutzgebietes „Pommersche Bucht“ ausdehnt. Die maximale Dichte betrug 0,27 Ind./km<sup>2</sup> für Sterntaucher und 0,54 Ind./km<sup>2</sup> für Prachttaucher. Im Untersuchungsgebiet des Projektes „Ventotec Ost 2“ lagen die erfassten Dichten während des Frühjahrzuges (Februar bis April) zwischen 0,11 und 0,27 Ind./km<sup>2</sup>. Innerhalb des festgelegten besonderen Eignungsgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden nur vereinzelt Seetaucher gesichtet. Im weiter nordwestlich gelegenen Gebiet „Kriegers Flak“ lag die höchste Dichte ebenfalls bei 0,26 Ind./km<sup>2</sup>. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Sterntaucher das Küstenmeer und die deutsche AWZ der Ostsee im Frühjahr und Winter nutzen. Prachttaucher werden dagegen vermehrt im Herbst und Winter und nur in kleiner Anzahl im Frühjahr, sporadisch auch im Sommer angetroffen. Beide Arten bevorzugen einen Bereich östlich vor der Insel Rügen bzw. die Pommersche Bucht bis zur Oderbank. In den folgenden Abbildungen ist die Verbreitung des Sterntauchers bzw. des Prachttauchers in den Jahreszeiten mit den höchsten Konzentrationen dargestellt.

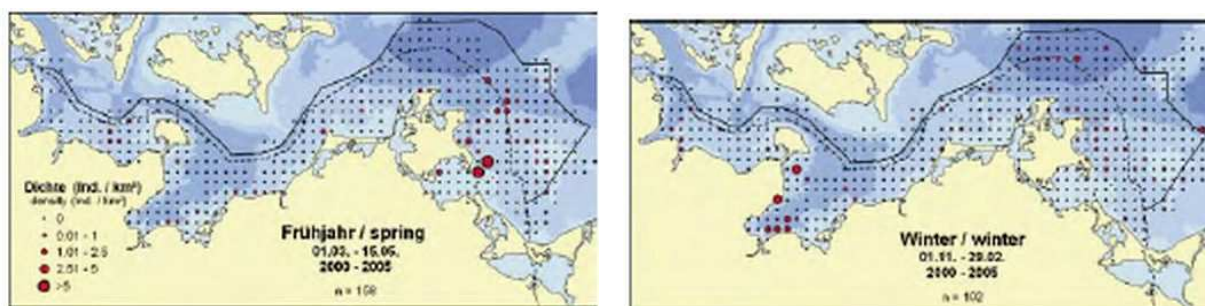


Abbildung 45: Verbreitung des Sterntauchers in der Ostsee im Frühjahr vom 01.03. bis 15.05. (links) und im Winter vom 01.11. bis 29.02. (rechts), aus SONNTAG et al., 2006

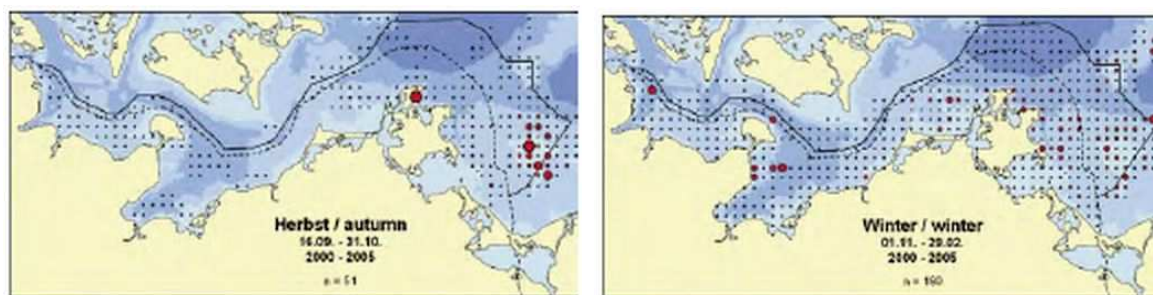


Abbildung 46: Verbreitung des Prachttauchers in der Ostsee im Herbst vom 16.09. bis 31.10. (links) und im Winter vom 01.11. bis 29.02. (rechts), aus SONNTAG et al. 2006.

#### *Ohrentaucher (Podiceps auritus)*

Nach derzeitigem Kenntnisstand kommen Ohrentaucher überwiegend in der Pommerschen Bucht vor. Hier befindet sich das wichtigste Überwinterungsgebiet in NW-europäischen Gewässern (DURINCK ET AL., 1994) Insbesondere die Oderbank und Gewässer mit Wassertiefen kleiner als 10 m werden genutzt. Ohrentaucher ziehen im Herbst in die flachen Gewässer und verbringen dort mit kleinen räumlichen Verlagerungen auch den Winter (SONNTAG ET AL., 2006). Im Frühjahr sind Ohrentaucher vermehrt auf der Oderbank vertreten, halten sich aber auch im Küstenbereich vor Usedom auf.. Nach GARTHE et al. (2003) liegt der Verbreitungsschwerpunkt der ca. 580 Ohrentaucher (deutscher Winterbestand) auf der Oderbank und

nördlich von Darß/Zingst. Die Untersuchungen im Rahmen der Projekte MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und EMSON ergaben keine Sichtungen von Ohrentauchern in den Teilgebieten Kriegers Flak und Westlich Adlergrund.

Aus allen Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windparkprojekte geht hervor, dass Ohrentaucher nur in einigen Bereichen der Pommerschen Bucht mit einer Dichte von 0,35 Ind./km<sup>2</sup> vorkommen. Im festgelegten besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ wurden trotz intensiver Untersuchungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Offshore-Windparkprojekte nur vereinzelt Ohrentaucher nahe dem Schutzgebiet „Pommersche Bucht“ gesichtet. Aus anderen Gebieten der Ostsee gibt es sonst nur einzelne Beobachtungen.



Abbildung 47: Verbreitung des Ohrentauchers in der Ostsee im Herbst vom 01.09. bis 30.11., aus SONNTAG et al., 2006

#### Zwergmöwe (*Larus minutus*)

Im Frühjahr kommen Zwergmöwen im Offshore-Bereich nur in kleiner Anzahl vor. Der Schwerpunkt des Vorkommens liegt in den inneren Küstengewässern. Auch im Sommer kommen Zwergmöwen nur vereinzelt in der deutschen Ostsee vor. Zwergmöwen ziehen vorwiegend entlang der Küstenlinie. Während des Herbstzuges treten sie in großer Anzahl in der Pommerschen Bucht auf. Auch im Herbst werden küstennahe Gebiete von Zwergmöwen bevorzugt zur Nahrungssuche und zum Rasten genutzt (SONNTAG et al., 2006).

Das Nahrungshabitat der Zwergmöwen sind Süßwasserblasen, die aus Flussmündungen herausströmen und vor der Durchmischung mit dem Brackwasser der Boddengewässer bzw. der Ostsee aufgrund ihrer geringeren Dichte noch einige Zeit an der Oberfläche als geschlossene Wassermassen driften. An den Grenzzonen zum umgebenden Brackwasser (ozeanographischen Fronten) suchen die Zwergmöwen nach Nahrung (winzige Crustaceen und Insekten).

Nachts versammeln sich Zwergmöwen an Schlafplätzen. SCHIRMEISTER (2001) berichtete über das Schlafplatzverhalten: Im Bereich der Odermündung übernachteten die Vögel im Sommer 2000 alternativ auf der Ostsee vor Ahlbeck oder im Świnadelta.

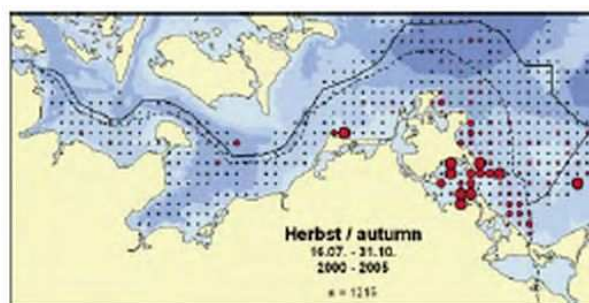


Abbildung 48: Verbreitung der Zwergmöwe in der deutschen Ostsee im Herbst, vom 16.07. bis 31.10., aus SONNTAG et al., 2006

#### Brandseeschwalbe (*Sterna sandvicensis*)

Brandseeschwalben werden nur vereinzelt vom April bis Oktober angetroffen.

*Flusseeeschwalbe (Sterna hirundo) und Küstenseeschwalbe (S. paradisaea)*

Flusseeeschwalben kommen in deutschen Gewässern der Ostsee vereinzelt in der Zeit von April bis September vor.

*Trauerseeschwalbe (Chlidonias nigra)*

Trauerseeschwalben kommen in Boddengewässern während des Wegzuges in kleiner Anzahl vor.

Alle vier hier aufgeführten Seeschwalben-Arten kommen in der deutschen AWZ der Ostsee nur vereinzelt in den Zugszeiten vor.

### **Häufig vorkommende Arten und Arten von besonderer Bedeutung für das SPA „Pommersche Bucht“**

#### **Meeresenten**

Meeresenten bilden in den Gewässern der Ostsee die wohl häufigste und zahlreichste Vogelgruppe. Dies hängt vor allem mit dem Nahrungsangebot zusammen. Für muschelnfressende Tauchenten gehören flache Bereiche der Ostsee zu den bevorzugten Nahrungshabitaten. Die folgenden vier tauchenden Meeresentenarten kommen im Küstenmeer und im Offshore-Bereich der westlichen Ostsee regelmäßig in hoher Anzahl vor: Eisente, Samtente, Trauerente und Eiderente. Ihr räumliches und zeitliches Vorkommen variieren artspezifisch.

*Eisente (Clangula hyemalis)*

Die Eisente ist die häufigste Entenart in der Ostsee. Ab November findet ein starker Zug in die deutschen Ostseegebiete statt. Im Laufe des Herbstes baut sich das Wintervorkommen mit großen Konzentrationen in der Kieler Bucht, nördlich von Darß und Zingst sowie in der Pommerschen Bucht auf. Hohe Dichten befinden sich insbesondere im Bereich der Oderbank, des Adlergrunds, entlang der Küste Usedom sowie im Greifswalder Bodden. Ein ähnliches Verbreitungsmuster zeigt sich im Frühjahr. Im Sommer hingegen halten sich nur sehr wenige Eisenten in der deutschen Ostsee auf. Bei den Nachweisen in der Mecklenburger und Pommerschen Bucht dürfte es sich überwiegend um letzte, späte Wegzügler handeln. In den Hochsommermonaten werden Eisenten nur selten in der westlichen Ostsee beobachtet. Auffällig ist zu allen Jahreszeiten das Fehlen der Art im küstenfernen AWZ-Bereich nördlich und nordöstlich von Rügen. Wie auch andere Entenarten der Ostsee bevorzugt die Eisente küstennahe Flachwassergebiete oder Flachgründe im Offshore-Bereich.

Eisenten fressen überwiegend Muscheln. Um den Tauchaufwand beim Nahrungserwerb gering zu halten, bevorzugen sie flache Nahrungsgründe bis 15 m Wassertiefe. Im Verlauf der Wintersaison, wenn in den flachsten Bereichen die Nahrungsressourcen ausgebeutet sind, erfolgt die Nahrungssuche zunehmend in tieferen Gebieten. Eisenten nutzen zur Nahrungsaufnahme verschiedene Techniken. Im Bereich von Miesmuschelbänken fressen sie Muschelbrut und vagile Epifauna durch „Absaugen“ (suction feeding). Auf sandigen Flachgründen werden solitär im Boden lebende Herz- und Sandklaffmuscheln mit einer Schalenlänge kleiner als 15 mm gefressen (KUBE and SKOV, 1996). Neuere Untersuchungen am Adlergrund und am Plantagenetgrund haben ergeben, dass Eisenten Miesmuscheln als Nahrung bevorzugen, wenn sie die Wahl haben (KUBE et al. 2004). Vermutlich können sie durch das Absaugen ihren täglichen Energiebedarf schneller decken. Die Dichte rastender Vögel über flachgründigen Miesmuschelbänken ist daher stets an der Kapazitätsgrenze. In Sandbodengebieten ist die Dichte dagegen eine Funktion des Gesamtbestandes - die Dichte nahrungssuchender Eisenten kann hier mitunter die Dichtewerte über Miesmuschelbänken übersteigen.

Die Eisente hat ihre ausgedehnten Hauptrasthabitate im Winter und im Frühjahr östlich von Rügen, nördlich von Usedom auf der Oderbank sowie auf dem Adlergrund (GARTHE et al.,

2003 und 2004). Das festgelegte besondere Eignungsgebiet für Windenergie „Westlich Adlergrund“ liegt weit außerhalb des Hauptstrastgebietes der Eisente und kommt lediglich mit dessen nördlichen Randbereichen in Berührung. Die Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsstudien bestätigten für den April eine Dichte von 46 Ind./km<sup>2</sup> in der Pommerschen Bucht und zeitweilig sogar von 140 Ind./km<sup>2</sup> auf dem Adlergrund. Im südlichen Bereich innerhalb des festgelegten besonderen Eignungsgebiets „Westlich Adlergrund“ wurden während des Frühjahrszugs zeitweilig bis zu 69 Ind./km<sup>2</sup> beobachtet. Im restlichen Bereich dieses Gebietes traten dagegen nur 3 Ind./km<sup>2</sup> auf. Die Tatsache, dass die gesichteten Eisenten im nicht schwimmend, sondern überwiegend fliegend beobachtet wurden, macht deutlich, dass sie dieses Gebiet bevorzugt als Durchzugsgebiet und weniger als Rastgebiet nutzen. Im Untersuchungsgebiet südlich des festgelegten besonderen Eignungsgebietes und im Bereich des Schutzgebietes „Pommersche Bucht“ wurden Dichten von 75 Ind./km<sup>2</sup> festgestellt. Im Arkona-Becken (Teilgebiet „Kriegers Flak“) wurden während der Zugsphase dagegen Dichten von 16 Ind./km<sup>2</sup> erfasst, ansonsten wurden nur vereinzelt Exemplare gesichtet. Alle bisherigen Untersuchungen im Rahmen von MINOS, MINOS<sup>plus</sup>, EMSON und von Umweltverträglichkeitsstudien bestätigen einen stark abnehmenden Gradienten in der Verteilung von Eisenten von der Oderbank zum Arkona-Becken hin.

Für die folgenden Darstellungen wurden Daten zur Verbreitung von Seevögeln, die im Rahmen von Basisaufnahmen für Offshore-Windparkprojekte von verschiedenen Projektnehmern erhoben wurden, mit Daten aus der *Seabirds-at-Sea-Datenbank* des Forschungs- und Technologiezentrums (FTZ) Westküste zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet. Dargestellt wird die jahreszeitliche Verbreitung von Eisenten in der Ostsee. Alle Daten basieren auf schiffsgestützten Zählungen. In der Auswertung sind aktuelle Daten aus dem Zeitraum 2000 bis 2006 eingeflossen. Die Auswertung erfolgte auf der Grundlage von Rastern (3x5 Minuten; Rastergröße damit ca. 30 km<sup>2</sup>). Für jedes Raster wurde anhand der Anzahl der beobachteten Vögel der jeweiligen Art und der insgesamt pro Raster kartierten Fläche ein Dichtewert als Anzahl Individuen pro km<sup>2</sup> berechnet. Für schwimmende Vögel wurden Korrekturfaktoren verwendet (Eisente: 1,2).

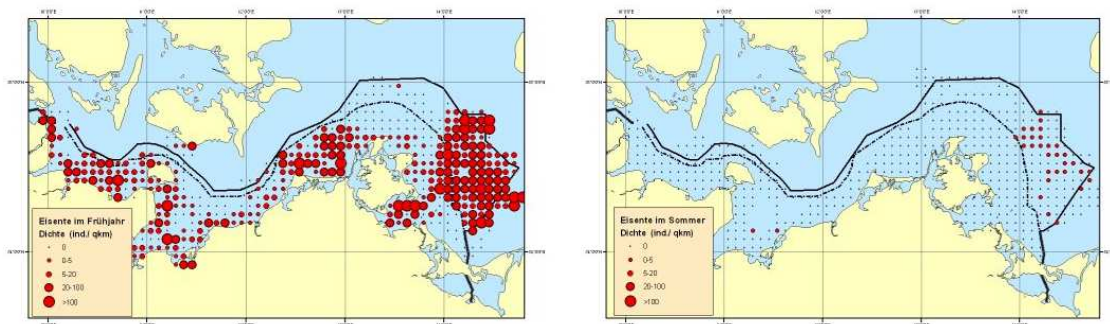


Abbildung 49: Verbreitung der Eisente in der deutschen Ostsee im Frühjahr (links) und im Sommer (rechts). Auswertung von FTZ- und OWEA-Projekt-Daten durch das FTZ in Büsum, Universität Kiel.

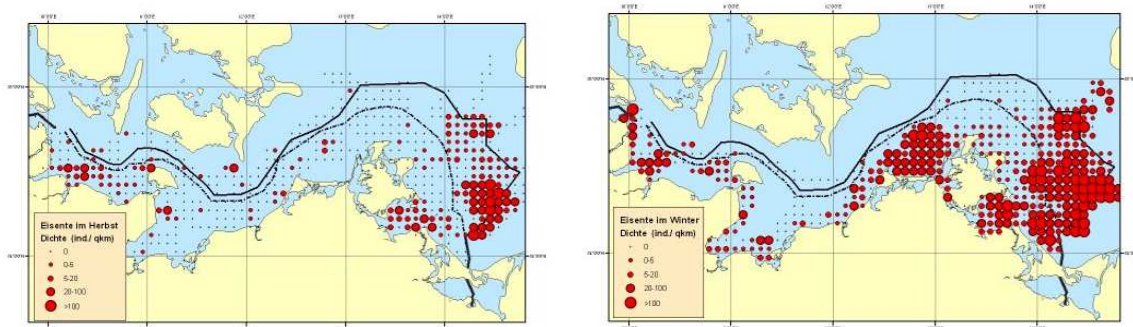


Abbildung 50: Verbreitung der Eisente in der deutschen Ostsee im Herbst (links) und im Winter (rechts). Auswertung von FTZ- und OWEA-Projekt-Daten durch das FTZ in Büsum, Universität Kiel.

### Samtente (*Melanitta fusca*)

Samtenten nutzen in der Westpaläarktis die drei folgenden Überwinterungsgebiete: das nördliche Kattegat, die nördliche Pommersche Bucht und die Rigaer Bucht. In der Pommerschen Bucht hat die Samtente ihren Verbreitungsschwerpunkt im Winter und im Frühjahr im Gebiet zwischen Oderbank und Adlergrund (GARTHE et al., 2003 und 2004). Den Untersuchungsergebnissen der Vorhaben MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und EMSON ist zu entnehmen, dass sich das Teilgebiet „Westlich Adlergrund“ mit Dichten zwischen 0,001 – 0,1 Ind./km<sup>2</sup> (Winter und Frühjahr) im nördlichen Randbereich des Hauptrasthabitats befindet. Die Ergebnisse der verschiedenen Umweltverträglichkeitsstudien ergaben Dichten von 130 Ind./km<sup>2</sup> in der Pommerschen Bucht, bzw. 48 Ind./km<sup>2</sup> auf dem Adlergrund. Die Untersuchungen beider Windparkprojekte im Teilgebiet „Westlich Adlergrund“ ergaben nur vereinzelte Sichtungen von Samtenten im südlichen Bereich des festgelegten besonderen Eignungsgebietes. So wurden nur bei 8 von insgesamt 47 schiffsgestützten Zählungen Samtenten in geringer Anzahl beobachtet. Die Sichtungen von Samtenten im festgelegten besonderen Eignungsgebiet waren viel seltener als die Sichtungen von Trauerenten. Weiter im Arkona-Becken, in Richtung des Teilgebietes „Kriegers Flak“, wurden auch nur einzelne Exemplare im Dezember gesehen.

Die Ergebnisse aller bisherigen Untersuchungen verdeutlichen, dass das festgelegte besondere Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ im Süden die nördlichen Randbereiche des Rasthabitats der Samtente im Schutzgebiet „Pommersche Bucht“ markiert.

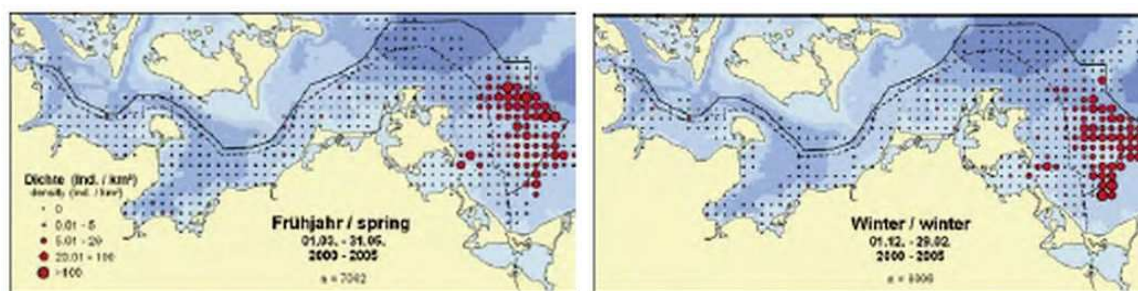


Abbildung 51: Verbreitung der Samtente in der deutschen Ostsee im Frühjahr (links) und im Winter (rechts), aus SONNTAG et al., 2006

### Trauerente (*Melanitta nigra*)

In der Pommerschen Bucht liegt auf der Oderbank eines der wichtigsten Trauerentenrastgebiete der gesamten Ostsee (DURINCK et al., 1994; KUBE, 1996; GARTHE et al., 2003). Weitere, jedoch weniger bedeutsame Rastgebiete liegen auf den Flachgründen der Kieler Bucht, der Sagasbank, dem Hannibal und nördlich der Halbinsel Darß-Zingst.

Trauerenten nutzen in der westlichen Ostsee nur einen einzigen Habitattyp zur Rast, nämlich sandige Flachgründe mit Wassertiefen geringer als 20 m. In diesen Gebieten ernähren sie sich vorrangig von Sandklaffmuscheln und Herzmuscheln mit einer Schalenlänge zwischen 10 und 30 mm. Miesmuscheln, die Hauptnahrung aller anderen Meerestentenarten, werden in der westlichen Ostsee von Trauerenten kaum gefressen (KIRCHHOFF, 1982; MEISSNER und BRÄGER, 1990).

Nach GARTHE et al. (2003, 2004) und SONNTAG et al. (2006) kommen Trauerenten ganzjährig in den deutschen Gewässern der Ostsee vor. Im Sommer 2003 wurde in der Pommerschen Bucht ein auffällig hohes Vorkommen von 110.000 bis 220.000 Individuen, mit einem Anteil von 32% mausernden Vögeln erfasst (SONNTAG et al, 2004). Auch wenn das Vorkommen von rastenden und mausernden Trauerenten in der Pommerschen Bucht in den folgenden Jahren nicht mehr so ausgeprägt ausfiel, kommt diesem Bereich der westlichen Ostsee eine Schlüsselrolle als Rast- und Mauserhabitat für Trauerenten zu. Die verschiedenen Umweltverträglichkeitsstudien haben die Verbreitungsmuster aus früheren Untersuchungen bestätigt. In der Pommerschen Bucht wurden Dichten von 45 Ind./km<sup>2</sup> festgestellt. Im Adlergrund wurden dagegen insgesamt nur 60 Individuen gesehen, die im Untersuchungsgebiet verstreut auftraten. Im Vorhabensgebiet „Ventotec Ost 2“ wurden Trauerenten nur bei 2 von 47 schiffsgestützten Zählungen gesehen. Ansonsten wurden während der Hauptzugzeit im Frühjahr und Herbst im südlichen Bereich des Untersuchungsgebiets ziehende Exemplare beobachtet. Während der Untersuchungen des Windparkprojektes „Arkona Becken Südost“ wurden im Bereich des Schutzgebietes „Pommersche Bucht“ in den Monaten März und April (Frühjahrszugzeit) Dichten von 42 Ind./km<sup>2</sup> festgestellt. Innerhalb des festgelegten besonderen Eignungsgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden nur vereinzelt Trauerenten gesichtet. Aus dem Teilgebiet „Kriegers Flak“ liegen Beobachtungen mit 0,45 Ind./km<sup>2</sup> in den Zugszeiten vor. Diese Ergebnisse bestätigen auch das Verbreitungsmuster nach DURINCK et al. (1994), wonach Trauerenten in der Pommerschen Bucht und auf der Oderbank ein ausgedehntes Winterrastgebiet haben.

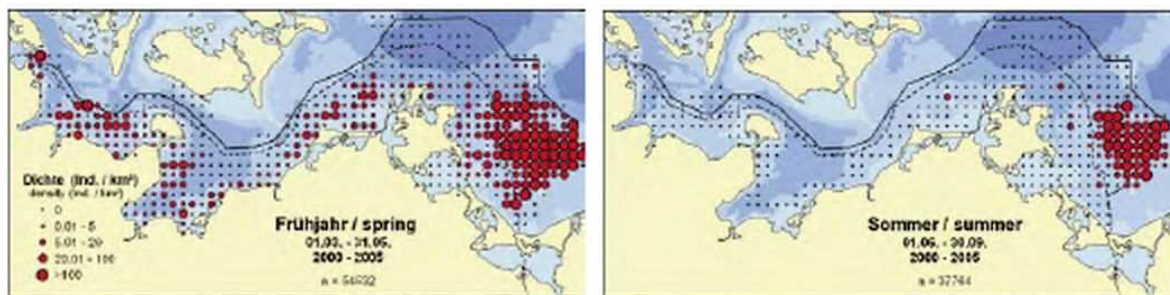


Abbildung 52: Verbreitung der Trauerente in der deutschen Ostsee im Frühjahr (links) und im Sommer (rechts), aus SONNTAG et al., 2006.

#### *Eiderente (Somateria mollissima)*

Eiderenten kommen im Winterhalbjahr sehr häufig und gebietsweise in hohen Dichten westlich der Darßer Schwelle vor. Hohe Dichten werden in der Kieler und Hochwacher Bucht und um Fehmarn erreicht. Die Hauptrastgebiete sind zugleich die wichtigsten Nahrungsgründe: Flachgründe in der Kieler Bucht, Sagasbank, äußere Wismar-Bucht, südliche Mecklenburger Bucht vor der Halbinsel Fischland-Darß, Prerowbank. Östlich der Darßer Schwelle werden Eiderenten nur vereinzelt angetroffen. Lediglich im Winter kommen im Greifswalder Bodden und in den der Pommerschen Bucht vorgelagerten Küstengewässern in kleiner Anzahl vor. Im Sommer halten sich nur wenige Eiderenten in der westlichen Ostsee auf (SONNTAG et al. 2006).

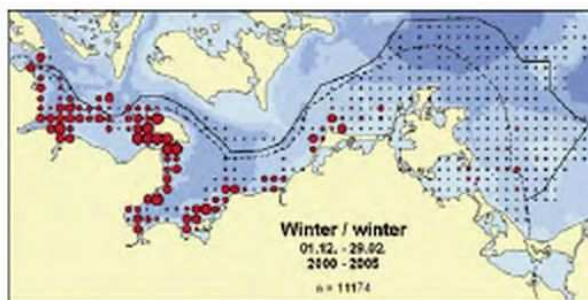


Abbildung 53: Verbreitung der Eiderente in der deutschen Ostsee im Winter, aus Sonntag et al., 2006.

### Alkenvögel

#### *Trottellumme (Uria aalge)*

DURINCK et al. (1994) schätzen die Winterrastpopulation der Trottellumme in der Ostsee auf ca. 85.000 Individuen. Die Trottellumme kommt im Winter in kleiner Anzahl vor. Im Frühjahr, Sommer und Herbst tritt sie nur vereinzelt auf. Es wird angenommen, dass Trottellummen weniger empfindlich auf strenge Winterbedingungen reagieren. Trottellummen verbringen den Winter in der Ostsee in der Nähe der Brutkolonien. In deutschen Gewässern kommt die Trottellumme häufiger im Offshore-Bereich der Pommerschen Bucht und nordwestlich des Adlergrundes vor (SONNTAG et al., 2006).

Die zum Vorrangsbereich „Westlich Adlergrund“ nächstgelegene Brutkolonie liegt auf Bornholm bzw. der Vogelinsel Graesholm. Nach GARTHE et al. (2003 und 2004) kommen Trottellummen nordöstlich von Rügen in geringen bis mittleren Dichten vor. Im festgelegten besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ wurden während der großräumigen Erfassungen im Rahmen von MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und EMSON keine Trottellummen gesichtet. Das festgelegte besondere Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ grenzt lediglich nördlich an das Winterrasthabitat der Trottellumme. Ergebnisse aus den Umweltverträglichkeitsstudien zeigen ein geringes Vorkommen in den tieferen Bereichen des Arkona-Beckens (mehr als 35 m Wassertiefe). Im Teilgebiet „Kriegers Flak“ wurden im Winter Dichten von 0,28 Ind./km<sup>2</sup> erfasst. Im Bereich des Teilgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden Trottellummen vom November bis April in kleiner Anzahl beobachtet. In den Sommermonaten wurden im Untersuchungsgebiet auf dem Adlergrund Jungvögel beobachtet. Die Fachgutachter der Umweltverträglichkeitsstudien bringen das Vorkommen der im Winter im Teilgebiet „Westlich Adlergrund“ gesichteten Exemplare und das Vorkommen der Jungvögel im Spätsommer auf dem Adlergrund mit den Brutkolonien auf Bornholm bzw. Graesholm in Verbindung. Die berechneten Dichten variierten zwischen 0,36 bis 0,54 Ind./km<sup>2</sup>, mit einer einmaligen Sichtung mehrerer Vögel, die zu einer Dichte von 0,75 Ind./km<sup>2</sup> führte. Den bisherigen Ergebnissen aller Untersuchungen kann entnommen werden, dass das festgelegte besondere Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ die südlichen Ausläufer eines weit ausgedehnten Winterrasthabitats der Trottellumme im Arkona-Becken berührt.



Abbildung 54: Verbreitung der Trottellumme in der deutschen Ostsee im Winter, aus Sonntag et al., 2006

*Tordalk (Alca torda)*

Nach DURINCK et al. (1994), überwintern in der Ostsee zwei verschiedene Populationen von Tordalken. Im Kattegatt überwintern Vögel aus dem nordatlantischen Bereich. Diese biogeographische Population wird auf 1,2 Millionen Tiere geschätzt. In der zentralen Ostsee überwintern überwiegend Tordalken, die in Finnland, Schweden, Dänemark und in Estland brüten. DURINCK et al. (1994) gibt diese Population mit 45.000 Tieren an. Nach DURINCK et al. (1994) bevorzugen Tordalken Wassertiefen von 30 bis 100 m. Der Winterrastbestand in der Ostsee wird auf insgesamt ca. 156.000 Individuen geschätzt. Das Winterrastgebiet der Tordalken liegt über den tieferen Bereichen der zentralen Ostsee. Tordalken kommen in der gesamten deutschen Ostsee, überwiegend im Winter, in kleiner Anzahl vor (GARTHE et al., 2003; SONNTAG et al., 2006). Die Untersuchungen im Rahmen von MINOS und EMSON ergaben keine Sichtungen im Teilgebiet „Westlich Adlergrund“. Nur in den Untersuchungsgebieten der Windparkprojekte „Ventotec Ost 2“ und „Arkona Becken Südost“ konnten während der häufigen Beobachtungen Tordalken im Winter erfasst werden. Die berechnete höchste Dichte betrug 0,54 Ind./km<sup>2</sup> im nördlichen Bereich des festgelegten besonderen Eignungsgebietes bzw. nur 0,13 Ind./km<sup>2</sup> im südlichen Teil. Den bisherigen Beobachtungen ist zu entnehmen, dass sich das Teilgebiet „Westlich Adlergrund“ in den Ausläufern des Winterrasthabitats für Tordalken befindet.

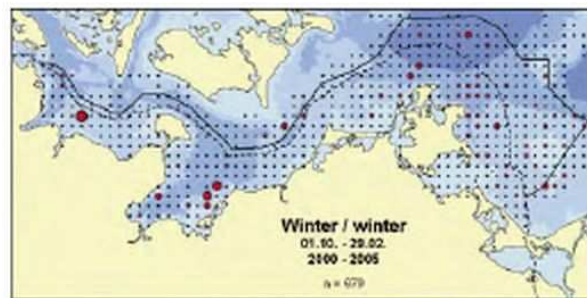


Abbildung 55: Verbreitung des Tordalks in der deutschen Ostsee im Winter, aus Sonntag et al., 2006.

*Gryllteiste (Cepphus grylle)*

DURINCK et al. (1994) schätzen den Winterrastbestand von Gryllteisten in der Ostsee auf 28.560 Individuen. Zu den bevorzugten Winterrastgebieten der Gryllteiste gehören flachere Gebiete und Steingründe. Die Pommersche Bucht und der Adlergrund beherbergen auf einem Gesamtareal von 12.930 km<sup>2</sup> ca. 9.600 Individuen. Dies entspricht ca. 33% des Winterrastbestandes der Ostsee. Nach GARTHE et al. (2003 und 2004) ist die Gryllteiste im Winter in deutschen Gewässern auf dem Adlergrund sehr häufig. Das Vorkommen auf dem Adlergrund hat überregionale Bedeutung (GARTHE et al., 2003). Die Gryllteiste tritt hier insbesondere vom Herbst bis zum Frühjahr auf (SONNTAG et al., 2006). Aus dem festgelegten besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ liegen dagegen aus den MINOS- und EMSON-Untersuchungen keine Beobachtungen der Gryllteiste vor. Bei den Untersuchungen des Projektes „Ventotec Ost 2“ wurden Gryllteisten im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, das größtenteils im Schutzgebiet „Pommersche Bucht“ liegt, von November bis April und in Wassertiefen unter 25 m in einer Anzahl von bis zu 39 Individuen gesichtet. Innerhalb des Teilgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden nur vereinzelt Gryllteisten gesichtet. Aus anderen Umweltverträglichkeitsprüfungen liegen dagegen Dichten von 0,33 Ind./km<sup>2</sup> für die Pommersche Bucht und 1,3 Ind./km<sup>2</sup> für den Adlergrund vor. Aus tieferen Bereichen des Arkona-Beckens sind in den Hauptzugszeiten ebenfalls geringe Dichten von 0,22 Ind./km<sup>2</sup> erfasst worden. Die Umweltverträglichkeitsstudien bestätigen somit das Bild der großräumigen Erfassungen. Danach hat die Gryllteiste ihren Konzentrationsschwerpunkt auf dem Adlergrund, mit einem stark abnehmenden Dichtegradienten in Richtung der tieferen Bereiche des Arkona-Beckens. Aus den vorliegenden bisherigen Erkenntnissen ergibt sich, dass das festgelegte besondere Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ den äußersten Randbereich des Winterrasthabitats der Gryllteiste berührt.



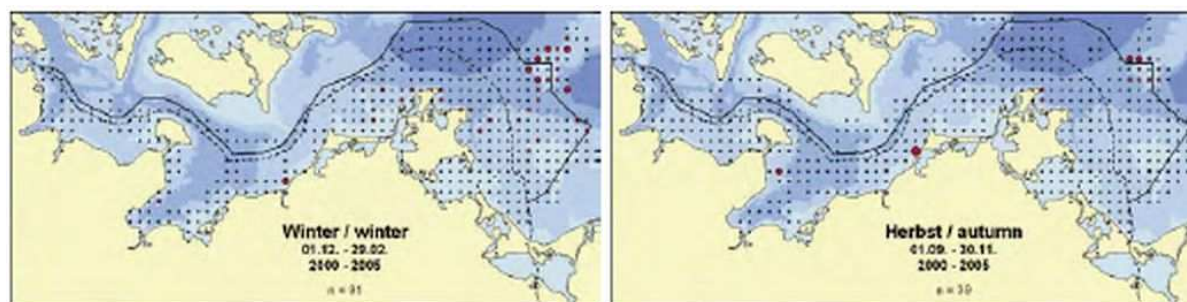


Abbildung 56: Verbreitung der Gryllteiste in der westlichen Ostsee im Herbst (rechts) und im Winter (links) aus Sonntag et al., 2006

### **Lappentaucher**

#### *Rothalstaucher (Podiceps grisegena)*

Das Hauptvorkommen der Rothalstaucher in der deutschen Ostsee befindet sich in der Pommerschen Bucht. Im SPA „Pommersche Bucht“ halten sich Rothalstaucher im Sommer nur in geringer Anzahl auf. Im Herbst steigt der Bestand an. Im Winter werden hier die höchsten Rastbestände erreicht und nehmen im Frühjahr wieder ab (Mendel et al. 2008).

### **Möwen**

#### *Silbermöwe (L. argentatus)*

Als häufigste Möwenart in der Ostsee tritt die Silbermöwe ganzjährig auf. Im Winter und Frühjahr kommt die Silbermöwe sowohl in Küstengewässern als auch in der AWZ in hohen Konzentrationen vor. Insbesondere sind sie in den Bereichen der Kieler und Mecklenburger Bucht, um Fehmarn und nordwestlich von Rügen, vertreten. Besonders hohe Konzentrationen treten in Zusammenhang mit fischereilichen Aktivitäten auf (SONNTAG et al. 2006). Silbermöwen nutzen in der westlichen Ostsee vorrangig vier Nahrungsquellen (Aufzählung mit abnehmender Bedeutung): Abfälle der Schleppnetzfisherei auf Dorsch, Mülldeponien, Muscheln an Spülsäumen, pelagische Fische / ziehende Kleinvögel (DIERSCHKE, 2001; GARTHE und SCHERP, 2003). Natürlicherweise ist die Silbermöwe vermutlich kein Brutvogel in der westlichen Ostsee. Erst die Etablierung der motorisierten Schleppnetzfisherei führte seit den 1930er Jahren zur Einwanderung und Bestandszunahme (VAUK und PRÜTER, 1987).

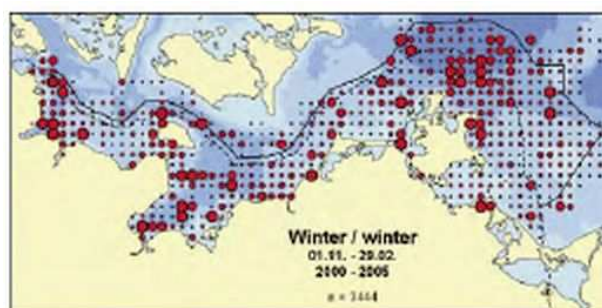


Abbildung 57: Verbreitung der Silbermöwe in der Westlichen Ostsee im Winter aus SONNTAG et al., 2006.

#### *Mantelmöwe (L. marinus)*

Mantelmöwen halten sich ganzjährig in der westlichen Ostsee auf. Während der Brutperiode von April bis Juli sind die Bestände allerdings gering. Der Winterbestand ist möglicherweise

abhängig von den Eisverhältnissen in der Ostsee. Die Mantelmöwe tritt jedoch vermehrt während des Wegzuges und in den Wintermonaten auf. Wie die Silbermöwe konzentriert sich auch diese Art oft in der Nähe von Fischkuttern (SONNTAG et al., 2006).

#### *Sturmmöwe (Larus canus)*

Die Sturmmöwe kommt in der Ostsee in weit geringeren Dichten als in der Nordsee vor. Dies hängt auch damit zusammen, dass ihre Nahrung während der gesamten Brutzeit terrestrischen Ursprungs ist (KUBETZKI, 2001). Im Sommer kommen daher nur vereinzelt Sturmmöwen in der deutschen Ostsee vor. Im Winter und im Frühjahr werden die größten Anzahlen erreicht. Die Sturmmöwe kommt dann vor allem in den küstenahen und küstenfernen Bereichen der Pommerschen Bucht vor (SONNTAG et al., 2006).

#### *Heringsmöwe (Larus fuscus)*

Die Heringsmöwe kommt in der Ostsee vereinzelt im Sommerhalbjahr, gelegentlich auch in Zusammenhang mit Fischereiaktivitäten vor.

### **2.8.1.4 Zusammenfassende Beschreibung des See- und Rastvogelvorkommens in der deutschen Ostsee**

Insgesamt wird durch die neue Auswertung von SONNTAG et al. (2006) die hohe artspezifische räumliche wie zeitliche Variabilität des Vorkommens von See- und Wasservögeln in den deutschen Gewässern der Ostsee bestätigt und verdeutlicht. Zusammenfassend lässt sich danach das Vorkommen von Seevögeln in deutschen Gewässern der Ostsee wie folgt beschreiben:

- Die häufigsten Meeresenten (Eider-, Eis-, Trauer- und Samtente) bevorzugen eindeutig küstennahe Bereiche mit geringen Wassertiefen sowie Flachgründe im Offshore-Bereich wie der Adlergrund und die Oderbank.
- Haubentaucher und Mittelsäger halten sich fast ausschließlich in küstennahen Gewässern auf, Ohrentaucher und Rothalstaucher bevorzugen dagegen küstenferne Flachwassergebiete.
- Trottellumme und Tordalk halten sich vor allem in küstenfernen Gebieten mit größeren Wassertiefen auf. Gryllteisten kommen in nennenswerten Anzahlen nur im Bereich des Adlergrundes vor; dieses Vorkommen ist von internationaler Bedeutung.
- Als häufigste Möwenart kommt in der deutschen Ostsee die Silbermöwe vor
- Silbermöwen konzentrieren sich häufig in Bereichen mit Fischereiaktivitäten
- Seeschwalben nutzen fast ausschließlich Boddengewässer und Binnenseen zur Nahrungssuche
- Seeschwalben kommen im Offshore-Bereich nur vereinzelt vor.

Es zeigte sich anhand der hier aufgeführten Auswertung erneut die große Bedeutung der Ostsee als Rast- und Überwinterungshabitat vieler See- und Wasservögel (SONNTAG et al., 2006).

#### ***Vorkommen der Seevögel im festgelegten SPA „Pommersche Bucht“***

Durch Verordnung vom 18.09.2005 wurde das Vogelschutzgebiet „Pommersche Bucht“ DE 1011-401 (Bundesgesetzblatt I, 2782), das eine Fläche von 2.010 km<sup>2</sup> in der deutschen AWZ der Ostsee umfasst, festgesetzt. Im Naturschutzgebiet treten vier Vogelarten, die im Anhang I der Richtlinie 79/409/EWG aufgeführt sind, auf: Sterntaucher, Prachtaucher, Zwergmöwe und Ohrentaucher. Zudem kommen im Naturschutzgebiet regelmäßig folgende Zugvogelarten vor: Tordalk, Gryllteiste, Eisente, Silbermöwe, Sturmmöwe, Heringsmöwe, Mantelmöwe, Lachmöwe, Samtente, Trauerente, Kormoran, Haubentaucher, Rothalstaucher, Eiderente und Trottellumme (DE 1552401. Standard-Datenbogen für besondere Schutzgebiete (BSG). Gebiete, die als Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung in Frage kommen (GGB) und besondere Erhaltungsgebiete (BEG), 20.04.04, Bundesamt für Naturschutz).

Tabelle 25: Bestandszahlen der wichtigsten Arten im SPA „Pommersche Bucht“, nach SONNTAG et al., 2006.

Art	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
Eiderente	0	0	0	130
Eisente	77.000	270	46.000	130.000
Trauerente	170.000	160.000	54.000	47.000
Samtente	43.000	360	22.000	30.000
Haubentaucher	11-50	0	6-10	11-50
Rothalstaucher	50	11-50	90	170
Ohrentaucher	180	0	500	490
Sterntaucher	750	11-50	0	11-50
Prachtaucher	310	60	700	270
Kormoran	0	100	6-10	0
Tordalk	6-10	11-50	0	110
Trottellumme	11-50	90	80	550
Gryllteiste	120	1-5	50	220
Zwergmöwe	11-50	0	130	6-10
Lachmöwe	11-50	0	11-50	0
Sturmmöwe	320	90	11-50	270
Mantelmöwe	11-50	60	60	150
Silbermöwe	300	240	1.000	850
Heringsmöwe	0	11-50	1-5	0

***Vorkommen von Seevögeln in Teilflächen der deutschen AWZ, insbesondere Projektgebiete für Offshore-Windenergieanlagen***

Für Teilgebiete der deutschen AWZ liegen zusätzliche Daten aus kleinräumigen, aufwandsintensiven Untersuchungen vor, die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windparkprojekte durchgeführt wurden. Insgesamt liegen ausgewertete Daten des Seevogelvorkommens für 5 Projekte vor. Die Ergebnisse basieren auf schiffs- und flugzeuggestützten Erfassungen (Abbildung 57a).

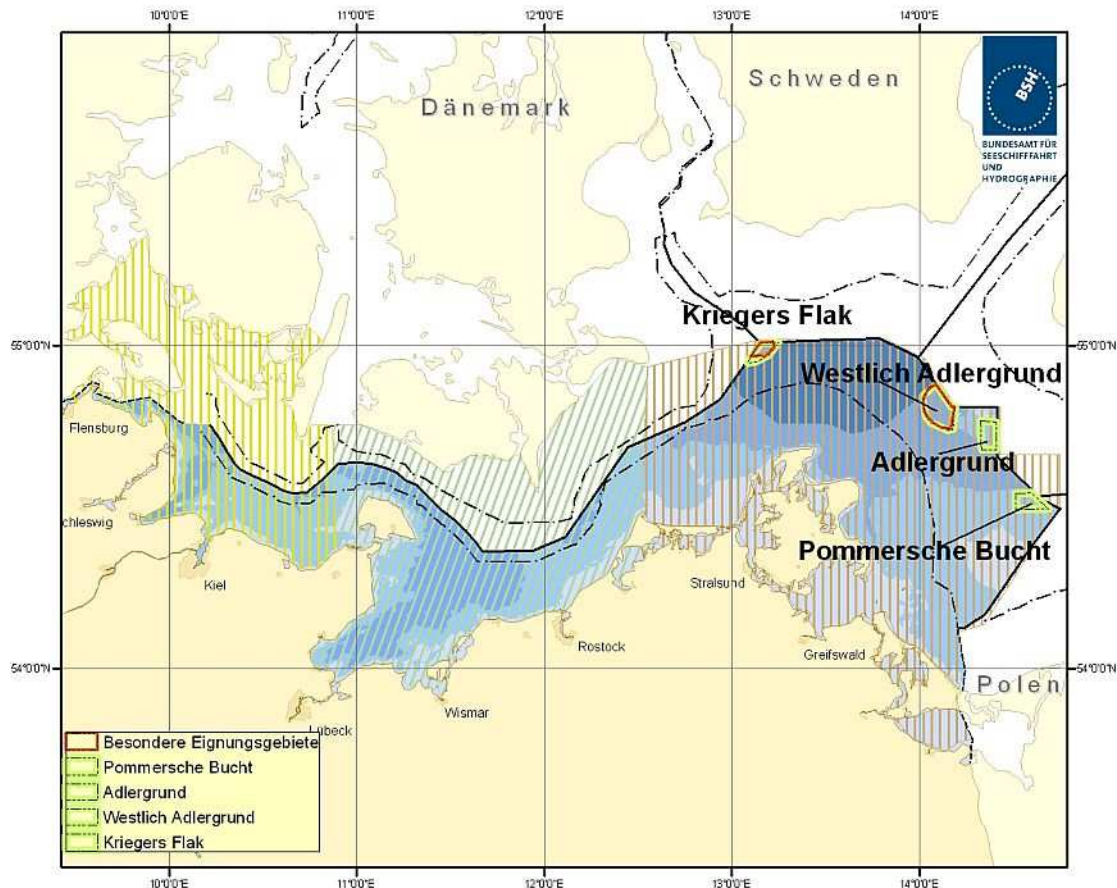


Abbildung 57a: Teilgebiete in der deutschen AWZ der westlichen Ostsee mit breiter Datenbasis.

Im Teilgebiet Kriegers Flak (Abbildung 57a), wurde eine Seevogelgemeinschaft ermittelt, die generell aus Arten besteht (u.a. Möwen, Seetaucher, Meerestenten, Seeschwalben, Grylltente), die das Gebiet eher als Durchzugsgebiet nutzen. So konnten Eisenten nur in Bereichen mit Wassertiefen von weniger als 30 m beobachtet werden. Seetaucher, Trauer- und Samtenten wurden unregelmäßig während der Zugzeiten beobachtet. Häufigste Arten im Gebiet waren Silber- und Mantelmöwe.

Ein Vergleich der Daten für dieses Teilgebiet mit Daten aus der Pommerschen Bucht und dem Adlergrund ergibt für das Teilgebiet ein unterdurchschnittliches Seevogelvorkommen (GARTHE et al., 2003). Nach allen bisher durchgeführten Erfassungen gehört das Teilgebiet Kriegers Flak für keine Seevogelart zum Haupttrast-, Überwinterungs- oder Nahrungsgebiet.

Für die in Anhang I der VRL aufgeführten besonders schützenswerten Seetaucher (Stern- und Prachtaucher) und Ohrentaucher zählt das Teilgebiet nach GARTHE et al. 2003 nicht zu den bevorzugten Aufenthaltsorten für rastende Seetaucher in der Ostsee.

Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsstudie für den Offshore-Windenergiepark „Kriegers Flak“, wonach in diesem Teilgebiet plus einem Umkreis von 2 km während eines Großteils der Fahrten überhaupt keine Seetaucher gesichtet wurden. Lediglich im Dezember 2002 und im Februar 2003 wurden hier Seetaucher erfasst. Der Bestand wurde auf 66 bzw. 45 Individuen geschätzt - dies beruht allerdings auf Sichtungen von 1 und 5 Individuen (FACHGUTACHTEN "SEEVÖGEL", 2003).

Auch für die anderen angetroffenen Arten des Anhangs I der Vogelschutzrichtlinie ist das Teilgebiet nur von unterdurchschnittlicher Bedeutung. Im Gebiet sind zwar auch Zwergmöwen,

Sturmmöwen und Gryllteisten bei einzelnen Untersuchungsfahrten gesichtet worden. Diese jedoch nur in geringen Zahlen und zumeist als fliegende und durchziehende Individuen.

Tordalken wurden bei den Untersuchungen im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung im Gebiet häufiger gesichtet. Großräumige Erfassungen ergaben Sichtungen in kleinen Anzahlen in der gesamten deutschen Ostsee im Winter und eher vereinzelt im Frühjahr (MENDEL ET AL., 2008).

Bezüglich des Seevogelvorkommens im Teilgebiet Kriegers Flak kann zusammenfassend festgehalten werden:

- Es treten keine nennenswerten Konzentrationen von regelmäßig vorkommenden Seevogelarten auf
- Silber- und Mantelmöwen kommen im Gebiet häufig vor
- Seetaucher, Meeresenten und Seeschwalben nutzen das Teilgebiet fast ausschließlich als Durchzugsgebiet
- Tordalken treten gelegentlich auf.

Aufgrund dieser Erkenntnisse kommt dem Teilgebiet Kriegers Flak nur eine geringe Bedeutung für Seevögel zu.

Die Untersuchungen in zwei unmittelbar benachbarten Windparkprojekten im Teilgebiet Westlich Adlergrund (Abbildung 57a) bzw. nord-nordwestlich des SPA „Pommersche Bucht“ haben ein mittleres, zeitweilig auch hohes Vorkommen von Seevögeln zum Ergebnis. Sie werden durch Ergebnisse aus dem MINOS-Projekt bestätigt. Das Vorkommen von Seevogelarten in diesem Teilgebiet wurde sowohl anhand großräumiger staatlicher Erfassungen (schiffs- und flugzeuggestützte Zählungen im Rahmen von MINOS und EMSON) als auch anhand der im Rahmen der UVS für die Windparkprojekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ erzielten Ergebnisse – hierbei handelt es sich um zwar kleinräumige, dafür aber hochfrequent durchgeführten schiffs- und flugzeuggestützten Zählungen - bewertet (FACHGUTACHTEN und UVS, 2005a und FACHGUTACHTEN und UVS, 2005b). Mit den Schiffs- und Flugzeugzählungen beider Projekte wurden neben dem festgelegten besonderen Eignungsgebiet auch große Teile der FFH-Schutzgebiete „Westliche Rönnebank“, „Adlergrund“ und des Naturschutzgebietes „Pommersche Bucht“ erfasst.

Durch die vorgenannten staatlichen und den im Rahmen der Offshore-Windparkprojekte durchgeführten Untersuchungen besteht eine solide Basis für die Bewertung des Seevogelvorkommens im Gebiet. Bei den mit hoher Frequenz (2 - 3 mal monatlich) im Rahmen der UVS für die Projekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ durchgeführten Untersuchungen wurden z. T. sogar höhere Dichten und zusätzliche Arten im Vergleich zu den MINOS-Untersuchungen festgestellt. Dies ist vor allem darin begründet, dass die Erfassungen in den Hauptzugszeiten durchgeführt wurden.

Den bisherigen Kenntnissen zufolge, weist das Teilgebiet Westlich Adlergrund ein mittleres Vorkommen von Seevögeln auf. Dies beruht auf der besonderen Lage des Gebietes im Übergangsbereich zwischen den tieferen Gewässern des Arkona Beckens und den flacheren Gebieten der Pommerschen Bucht bzw. des Adlergrunds. So kommen tauchende Meeresenten im Bereich des Teilgebietes aufgrund der Tiefe (20 - 43 m) nur durchschnittlich vor. Auch störempfindliche Arten wie Seetaucher und Alkenvögel sind im Teilgebiet nicht häufig.

Die im Teilgebiet festgestellte Seevogelgemeinschaft kann grob in drei Gruppen eingeteilt werden. Zu einer ersten Gruppe gehören Arten (u.a. Möwen, Seetaucher, Seeschwalben, einige Meeresenten), für die das Gebiet eher den Charakter eines Durchzugsgebietes und weniger eine Funktion als Rast- oder Nahrungsgebiet hat. So konnten Seetaucher, Trauer- und Samtenten unregelmäßig während der Zugzeiten beobachtet werden. Eine zweite Gruppe im südlichen bis südöstlichen Bereich umfasst neben den durchziehenden Seevogelarten auch

tauchende Meerestenten und Gryllsteisten, deren nord-nordwestliche Randbereiche der Haupttrast- bzw. Nahrungsgebiete in der Pommerschen Bucht und im Adlergrund bis an das Teilgebiet reichen. Eisenten wurden in Bereichen des Teilgebietes mit Wassertiefen von weniger als 30 m beobachtet. Eine dritte Gruppe, die neben den durchziehenden Arten aus Trottelummen und Tordalken besteht, wurde im nördlichen Bereich des Teilgebietes festgestellt. Für die zwei Alkenvogelarten gehört dieses Teilgebiet zu den südlichen Ausläufern ihres Haupttrastgebietes in der Ostsee. Häufigste Arten im Teilgebiet sind jedoch die Silber-, Mantel-, Sturm-, Herings- und gelegentlich die Zwergmöwe.

Ein Vergleich der Daten für das Teilgebiet mit Daten aus der Pommerschen Bucht und dem Adlergrund ergibt für das Teilgebiet ein höchstens mittleres Seevogelvorkommen (GARTHE et al., 2003). Lediglich die ausgedehnten Rasthabitats der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes (mit deren nördlichen bzw. nordwestlichen Randgebieten) reichen bis an den südlichen bzw. südöstlichen Bereich des Teilgebietes Westlich Adlergrund heran.

Aus den vorhandenen Daten zum Vorkommen von Seevögeln, insbesondere der Rastbestände in der deutschen AWZ (Oderbank, Adlergrund, Teilgebiet Westlich Adlergrund, Arkona-Becken, Teilgebiet Kriegers Flak), ergibt sich ein recht einheitliches Vorkommensbild: So bestätigen sowohl staatlich als auch privat durchgeführte Untersuchungen Verbreitungsschwerpunkte für mehrere Arten in den flacheren Gebieten der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes. Übereinstimmend wird in den Untersuchungen festgestellt, dass hinter der Adlergrundrinne und in Richtung des Arkona-Beckens abnehmende Vorkommensdichten zu verzeichnen sind. In Bereichen des Arkona-Beckens mit Wassertiefen ab 25 m sind keine Haupttrast-, Überwinterungs- oder Nahrungshabitats mehr anzutreffen. Innerhalb des Teilgebietes Westlich Adlergrund sind ebenfalls abnehmende Dichten von Südost nach Nordwest festgestellt worden.

Für die in Anhang I der Vogelschutzrichtlinie aufgeführten besonders schützenswerten Seevogelarten zählt das Teilgebiet nach GARTHE et al. (2003) nicht zu den wertvollen Rasthabitats oder zu den bevorzugten Aufenthaltsorten in der Ostsee. Dies wurde auch durch die Ergebnisse im Rahmen der beiden UVS für die Projekte „Arkona Becken Südost“ und „Ventotec Ost 2“ bestätigt.

Im Bezug auf das Seevogelvorkommen im Teilgebiet Westlich Adlergrund kann zusammenfassend festgehalten werden:

- Es treten keine bedeutenden Konzentrationen von regelmäßig vorkommenden zu schützenden Seevogelarten auf
- Silber-, Mantel- und Sturmmöwen kommen als häufigste Arten im Gebiet vor
- Seetaucher nutzen das Teilgebiet ausschließlich als Durchzugsgebiet
- Meerestenten (Eisente, Samtente, Trauerente) nutzen das Teilgebiet im Frühjahr als Durchzugsgebiet
- Für nahrungssuchende Meerestenten (Eisente, Samtente, Trauerente) hat das Teilgebiet aufgrund der Bodenbeschaffenheit und vor allem wegen der Wassertiefen (> 20 m) nur eine geringe Bedeutung
- Alkenvögel treten im Gebiet gelegentlich im Winter auf bzw. das Teilgebiet berührt die äußersten Randbereiche ihrer Winterrasthabitats

Aufgrund dieser Erkenntnisse kann dem Teilgebiet Westlich Adlergrund insgesamt eine geringe bis mittlere Bedeutung für Seevögel zugeordnet werden.

Die Ergebnisse aus je einem Projekt im Bereich der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes (Abbildung 57a) ergänzen und vervollständigen bisherige Erkenntnisse zum Seevogelvorkommen aus diesen Teilgebieten der deutschen AWZ.

Für rastende und nahrungssuchende Vögel bietet die offene, weitgehend flache Pommersche Bucht (einschließlich des Adlergrundes) ein reiches Nahrungshabitat. In der Rastsaison gibt es hier daher weit über eine Million Seevögel. Sie gehört ferner zu den zehn wichtigsten Überwinterungsgebieten für Seevögel in der Ostsee. Stern-, Pracht-, Ohren-, Rothals- und Haubentaucher sowie Eisenten, Trauerenten, Samtenten und Gryllteisten erreichen im Winter einen Bestand von über einem Prozent der nordwesteuropäischen Gesamtpopulation (DURINCK et al., 1994).

Der Meeresboden am Adlergrund und in der Pommerschen Bucht ist unterschiedlich ausgeprägt. Der Meeresboden der Pommerschen Bucht ist ein flacher, relativ homogener Sandkörper. Der Adlergrund besteht dagegen aus sandig-kiesig-steinigen glazialen Restsedimenten über Geschiebemergel. Die Sedimente des Adlergrundes bieten mit ihrem starken Bewuchs von Miesmuscheln ein reiches Nahrungsangebot für die tauchenden Meeresenten. Daher wird dem Adlergrund allgemein eine sehr hohe funktionale Bedeutung für die dortigen Winterrastbestände zugemessen.

In Eiswintern ist die Pommersche Bucht mit der Oderbank zusätzlich ein Ausweichhabitat für die in der östlichen Ostsee rastenden Seevögel. Wenn die Rastgebiete in der östlichen Ostsee vereisen, verlagern sich die Vögel in eisfreie Nahrungsgebiete wie die Pommersche Bucht, (VAITKUS, 1999). Kommt es in der Pommerschen Bucht selbst zur Eisbildung, entwickelt sich diese von der Küste seewärts, so dass sich das Rastgeschehen auf dem Adlergrund konzentriert.

Eiswinter lassen sich nach Vereisungsdauer, Eisdicke und Bedeckungsgrad in einem fünfstufigen System von „sehr schwach/schwach“ bis „extrem stark“ klassifizieren. In „sehr starken“ und „extrem starken“ Eiswintern ist die Pommersche Bucht einschließlich des Adlergrundes sowie das Bornholm-Becken vollständig vereist. In starken Eiswintern kann der Adlergrund eisfrei oder mit Treibeis versehen sein, in mäßigen Eiswintern kommt in der südlichen Ostsee auf offener See kein Eis vor. Der Adlergrund hat daher insbesondere in starken Eiswintern eine besondere Funktion als Ausweichhabitat. In sehr oder extrem starken Eiswintern weichen die Vögel nach Zufrieren des Adlergrundes in die Nordsee und das Kattegat aus, wobei sie oft hohe Verluste erleiden.

In der westlichen Ostsee hat „BirdLife International“ in deutschen, dänischen und polnischen Gewässern der Pommerschen Bucht das „IBA Pommersche Bucht“ (Important Bird Area 2000, Code 040/081) identifiziert (SKOV et al., 2000). Das Gebiet umfasst eine Fläche von 6.235 km<sup>2</sup> einschließlich der Oderbank und des Adlergrundes. Häufige Arten sind die Seetaucher, der Rothals-, Ohren- und Haubentaucher sowie die Eis-, Trauer- und Samtenten und die Gryllteiste.

Der Adlergrund ist bereits im Rahmen der von der Helsinki Kommission zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee 1994 verabschiedeten Empfehlung zur Ausweisung von Meeresschutzgebieten in der Ostsee (HELCOM, 1994) als sog. BSPA identifiziert worden. Dabei wurde der Adlergrund sowohl von der dänischen als auch von der deutschen Regierung als BSPA empfohlen (HELCOM, 1993). Unter anderem wurde die Eisente als ein wesentliches Schutzgut aufgeführt, da der Adlergrund für diese Art in Eiswintern als wichtiger Ausweichplatz diene.

Das BfN hat den Adlergrund bereits im Jahr 2001 als „ökologisch besonders wertvolles marines Gebiet im deutschen Ostseebereich“ eingestuft. Dies wird mit dessen wichtiger ökologischer Vernetzungsfunktion begründet, die hier ebenfalls überwiegend darauf beruhe, dass der Adlergrund im Falle der Vereisung großer Teile der übrigen Pommerschen Bucht als wichtiges Ausweichhabitat für die rastende und nahrungssuchende Vögel diene.

Die Bedeutung der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes für Seevögel ist insgesamt als sehr hoch zu bewerten.

Wie bereits oben dargestellt, ist die Pommersche Bucht mit der Oderbank für die Rastvogelbestände in der Ostsee von herausragender Wichtigkeit. Insbesondere der Adlergrund hat eine besondere Bedeutung als Nahrungs- und Ausweichhabitat. Dies kommt unter anderem auch dadurch zum Ausdruck, dass diese Gebiete zahlreichen internationalen und nationalen Schutzregimes unterliegen.

Hinsichtlich der Kriterien „Seltenheit und Gefährdung“ wird der Rastvogelbestand vom BfN insbesondere aufgrund des Vorkommens der zwei vorkommenden Arten des Anhangs 1 VRL (Stern- und Prachtaucher) als hoch eingestuft. Auch hinsichtlich „Vielfalt und Eigenart“ wird der Bestand als überdurchschnittlich hoch eingeschätzt, da das Artenspektrum alle wesentlichen Seevogelgruppen (Möwen, Seetaucher, Enten, Alken) umfasse und mit elf regelmäßig auftretenden, dem Schutz von Art. 4 Abs. 2 VRL unterliegenden Rastvogelarten repräsentativ für das in der südlichen und westlichen Ostsee zu erwartende Artenspektrum stehe. Nach Auffassung des BfN kommt dem Adlergrund insbesondere in starken Eiswintern als Ausweichhabitat eine noch höhere Bedeutung zu.

Im Bezug auf das Seevogelvorkommen im Teilgebiet Pommersche Bucht kann zusammenfassend festgehalten werden:

- Es treten hohe Konzentrationen von regelmäßig regional wie überregional vorkommenden, zu schützenden Seevogelarten auf
- Seetaucher nutzen das Teilgebiet als Rast-, Nahrungs- und Durchzugsgebiet
- Ohrentaucher haben in der Pommerschen Bucht das wichtigste Überwinterungsgebiet in NW-Europa
- Meereseenten (Eisente, Samtente, Trauerente) nutzen das Teilgebiet intensiv als Nahrungs-, Mauser-, Rast- und Durchzugsgebiet
- Trauerenten sind auf das Teilgebiet in der Mauserphase besonders angewiesen
- Für nahrungssuchende Meereseenten (Eisente, Samtente, Trauerente) ist das Teilgebiet aufgrund der Bodenbeschaffenheit und vor allem der Wassertiefen (geringer als 20 m) ein besonders wichtiges Nahrungshabitat
- In mäßigen Eiswintern dienen weite eisfreie Teile der Pommerschen Bucht als Ausweichhabitat für Rastbestände aus den nordöstlichen Bereichen der Ostsee
- Alkenvögel treten im Gebiet im Winter auf, das Teilgebiet berührt die äußersten Randbereiche ihrer Winterrasthabitate
- Silber-, Mantel- und Sturmmöwen kommen zeitweise häufig im Teilgebiet vor

Zusätzlich gilt für das Teilgebiet Adlergrund:

- Das Teilgebiet ist besonderes wertvolles Nahrungshabitat für Gryllteisten
- Das Teilgebiet ist durch die besondere Bodenbeschaffenheit bei geringen Wassertiefen ein wertvolles Nahrungshabitat für tauchende muschelfressende Meereseenten, insbesondere Eis- und Samtente
- In strengen Eiswintern dient der Adlergrund als besonderes Ausweichhabitat für Rastbestände aus dem IBA und dem Vogelschutzgebiet „Pommersche Bucht“

Aufgrund dieser Erkenntnisse kommen den Teilgebieten Pommersche Bucht und Adlergrund regional wie auch überregional eine herausragende funktionale Bedeutung für Seevögel zu.

Insgesamt lässt eine Betrachtung aller vorhandenen Daten auf artspezifisch unterschiedliche Nutzung der verschiedenen Teilflächen schließen. Artspezifisch lassen sich Dichtegradienten und saisonale Verteilungsmuster erkennen.

## **2.8.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Seevögel**

Alle in der deutschen AWZ vorkommenden Seevogelarten unterliegen dem Einfluss natürlicher, aber auch anthropogener Veränderungen der marinen Umwelt.



Natürliche Gegebenheiten wie Nahrungsangebot und Nahrungsverteilung sowie natürliche Ereignisse wie heftige Stürme und die Abnahme der Wassertemperatur in strengen Wintern/Eiswintern haben direkten Einfluss auf das Vorkommen der Seevögel. Darüber hinaus wird die gesamte Meeresumwelt der Ostsee durch anthropogene Stoffeinträge (Nähr- und Schadstoffe) beeinflusst. Die Fischerei kann sich sowohl direkt als auch indirekt auf die Seevogelbestände auswirken. Direkte Auswirkung: Vögel können sich in Netzen verfangen und in Folge ertrinken (SCHIRMEISTER, 1992). Indirekt kann es aufgrund von Überfischung zu einer Nahrungslimitierung kommen (GARTHE et al., 1999). Der Rückwurf (Discard) aus der Fischerei ist hingegen für bestimmte Arten vorteilhaft. Die Schifffahrt stellt für viele empfindliche Arten einen zusätzlichen Störfaktor dar. Häufig fallen Seevögel Ölverschmutzungen zum Opfer (ZYDELIS and DAGYS, 1997) oder verfangen sich in schwimmenden Müllteilen, bzw. nehmen diese als Nahrung auf (HÜPPOP ET AL. 1994, BELLEBAUM ET AL. 2004, MENDEL ET AL. 2008).

Viele Seevogelarten, wie Seetaucher, sind aufgrund der Verschlechterung oder Zerstörung ihrer Brutstätten bedroht (GÖTMARK et al., 1989; ERIKSSON et al., 1992). Für einige Arten spielt auch der Jagdsport noch immer eine bedeutende Rolle bei der Dezimierung der Bestände.

Das Vorkommen von Seevogelarten in der deutschen AWZ der Ostsee ist durch Ergebnisse aus großräumigen Erfassungen (u.a. MINOS, MINOS<sup>plus</sup>, ERASNO, EMSON) und Daten aus Offshore-Windparkprojekten (kleinräumige, dafür aber hochfrequent durchgeführte schiffs- und flugzeuggestützte Zählungen) gut beschrieben.

Bei Betrachtung aller vorhandenen Daten zum Vorkommen von Seevögeln in den deutschen Gewässern der Ostsee, insbesondere der Rastbestände in der deutschen AWZ (die Pommerschen Bucht bzw. das Vogelschutzgebiet „Pommersche Bucht“, der Adlergrund, das Arkona-Becken, die Darßer Schwelle, der Bereich Fehmarn und Kieler Bucht) ergibt ein einheitliches Vorkommensbild: So bestätigen sowohl staatlich als auch privat durchgeführte Untersuchungen Verbreitungsschwerpunkte bzw. Rasthabitate für mehrere Arten im Bereich des Küstenmeeres bzw. des ausgewiesenen Vogelschutzgebietes „SPA Pommersche Bucht“ und im Bereich des Adlergrundes. Bezüglich der Arten des Anhangs I der VRL sind außerhalb des Vogelschutzgebietes und in küstenfernen Bereichen der AWZ im Arkona-Becken abnehmende Vorkommensdichten zu verzeichnen. Insbesondere nahm die Dichte von tauchenden Meeresenten (Eisente, Samtente, Trauerente) mit der Entfernung von der Pommerschen Bucht und in Richtung des Arkona-Beckens ab.

Dagegen kommen Hochseevogelarten wie Trottellumme und Tordalk auch im Bereich von zunehmenden Wassertiefen im Arkona-Becken vor. Artenspektrum, Abundanz und saisonale Verteilungsmuster der dominanten Arten weisen die Bereiche der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes als regional sowie überregional bedeutende Nahrungs- und Rasthabitate innerhalb der deutschen AWZ aus. Die Untersuchungen im Rahmen der UVS verschiedener Windparkprojekte haben zudem gezeigt, dass auch in küstenfernen Bereichen der AWZ weit mehr Seevögel vorkommen als dies bisherige Auswertungen ergaben.

Die Bedeutung der deutschen AWZ bzw. von besonderen Teilflächen (Abbildung 57a) für Seevögel ergibt sich wie o.a. aus der Einschätzung der „Seltenheit und Gefährdung“ der vorkommenden Arten sowie der „Eigenart“, „Vielfalt“ und „Natürlichkeit“ der betrachteten Flächen in ihrer Funktion als Lebensräume.

Da die meisten in den deutschen Gewässern der Ostsee rastenden Vogelarten biogeographischen Populationen zugeordnet werden, die über sehr weite interkontinentale Rast- und Brutareale verfügen, wird hier der Zustand der jeweiligen Bestände überregional betrachtet.

### **2.8.2.1 Arten in der deutschen AWZ**

#### **Arten in der deutschen AWZ, die im Anhang I der VRL aufgeführt sind.**

*Stern-Taucher (Gavia stellata) und Prachttaucher (G. arctica)*

Der Stern-Taucher ist eine weitverbreitete Seevogelart, mit einem sehr ausgedehnten Brutareal in den nordischen bzw. arktischen Gebieten Europas, Asiens und Nordamerikas. Der Stern-Taucher gehört, wie auch der Prachttaucher, zu den ziehenden Arten. In Europa überwintern Populationsteile in den küstenfernen Meeresbereichen und den eisfreien Küstengewässern der Nord- und Ostsee. Kleine Populationsteile überwintern in Süßgewässern des zentralen und südöstlichen Europas. Nach TUCKER and HEATH (1994) hat die biogeographische Population des Stern-Tauchers in den Jahren 1970 – 1990 stark abgenommen. Hauptursachen hierfür sind Verschlechterung oder Zerstörung der Brutstätten, Habitatverlust durch touristische Einrichtungen und Aktivitäten, Sportjagd, Verschmutzung der Gewässer, Dezimierung der Fischbestände (Nahrungslimitierung) und möglicherweise Ölverschmutzung der Gewässer. Aufgrund dieser Populationsabnahme stuften die Autoren den Stern-Taucher als gefährdet bzw. in der SPEC-Kategorie 3 (Arten deren globale Populationen sich nicht auf Europa konzentrieren und die in Europa einen ungünstigen Naturschutzstatus haben) ein. Neuere Erkenntnisse zeigen jedoch, dass im Zeitraum 1990-2000 die Entwicklung der Population stabil gewesen ist, sogar mit stabilen positiven Trends in den meisten europäischen Ländern (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Aufgrund der historischen Populationsabnahme und der Tatsache, dass die vorherige Bestandsgröße noch nicht erreicht ist, wird diese Art noch als verarmt eingestuft und verbleibt vorerst in der SPEC-Kategorie 3. In der europäischen IUCN Roten Liste wird der Stern-Taucher nicht geführt.

Der Prachttaucher ist ebenfalls eine weitverbreitete Seevogelart mit ausgedehnten Brutarealen in nordischen und arktischen Gebieten Europas und Asiens. Der Prachttaucher überwintert in den küstenfernen Meeresbereichen und den eisfreien Küstengewässern Skandinaviens, Nordwest-Europas, Südost-Europas, aber auch auf Süßgewässern des zentralen und südlichen Europas. Nach TUCKER and HEATH (1994) hat die biogeographische Population in den Jahren 1970 – 1990 sehr stark abgenommen, so dass auch diese Art als gefährdet bzw. in die SPEC-Kategorie 3 eingestuft wurde. Die beim Stern-Taucher bereits aufgeführten Umweltbelastungen führen die Autoren auch in diesem Fall als möglichen Grund für die starke Populationsreduzierung an und bringen diese in Verbindung mit einer vergleichsweise langen Lebensdauer und späten Reproduktionsreife der Individuen dieser Art. Das heißt, dass viele Individuen die Reproduktionsreife aufgrund der o.g. Ursachen erst gar nicht erreichen, was wiederum zur Reduzierung der Bestände führen kann. Neuere Erkenntnisse zeigen, dass die Population im Zeitraum 1990-2000 in den meisten europäischen Ländern, insbesondere in Schweden und Finnland, mindestens stabil geblieben ist, bzw. sogar zugenommen hat (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Aufgrund der historischen Populationsabnahme und weil die Bestände in Norwegen und Russland weiterhin rückläufig sind, bleibt auch diese Art als gefährdet bzw. in der SPEC-Kategorie 3 eingestuft (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Der Prachttaucher wird in der europäischen IUCN Roten Liste noch als gefährdet eingestuft (nach Kriterium A2b: Reduzierung der Populationsgröße mit/oder mehr als 30% in 10 Jahren oder über drei Generationen), die Ursachen der Abnahme liegen jedoch überwiegend in der Vergangenheit.

Eine Zustandseinschätzung der Vogelbestände in 25 europäischen Ländern zeigt, dass in den Jahren 1970-1990 die Brutbestände beider Seetaucherarten mäßig abgenommen haben, während die Winterrastbestände eindeutig stabil geblieben sind. Für den Zeitraum 1990-2000 konnte hingegen festgestellt werden, dass die Brutbestände des Prachttauchers in diesen 25 Ländern mäßig zugenommen haben, während die des Stern-Tauchers im gleichen Zeitraum stabil geblieben sind. Die Winterrastbestände beider Arten sind auch im Zeitraum 1990-2000 stabil geblieben (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004b).

Die Brutpopulation des Stern-Tauchers in europäischen Ländern wurde auf 61.000 bis 140.000 Paare und die des Prachttauchers auf 120.000 bis 230.000 geschätzt (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2000). Die biogeographische Population des Stern-Tauchers, bezeichnet als „NW Europe non-breeding“, wird nach WETLANDS INTERNATIONAL (2006) auf 150.000 bis 450.000 (im Mittel 300.000) Individuen geschätzt. Die biogeographische Population des Prachttauchers

wird nach der gleichen Quelle, auf 250.000 bis 500.000 (im Mittel 375.000) Individuen geschätzt.

#### *Ohrentaucher (Podiceps auritus)*

Nordeuropa stellt mit 2.000.000 km<sup>2</sup> ein Viertel des globalen Brutareals des Ohrentauchers dar. Die Europäische Brutpopulation ist allerdings mit schätzungsweise 6.300-11.000 Brutpaaren sehr klein. Die Brutpopulation blieb im Zeitraum 1970-1990 stabil. In den folgenden Jahren (1990-2000) blieb sie ebenfalls überwiegend stabil. Rückgänge wurden in diesem Zeitraum aus Finnland und Schweden berichtet. Aufgrund dieser moderaten Abnahme der Brutpopulation und trotz leichter Zunahme der Winterrastpopulation wird diese Art aus Vorsorgegründen in der SPEC-Kategorie 3 (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

#### *Brandseeschwalbe (Sterna sandvicensis)*

Brandseeschwalben, die auch an deutschen Ostseegewässern vorkommen, gehören der westeuropäischen Brutpopulation an. Das gesamte Brutareal umfasst ca. 250.000 km<sup>2</sup> und erstreckt sich entlang der französischen Atlantikküste, den Küsten Irlands und Großbritanniens, der Küste der südlichen Nordsee sowie zu einem kleinen Anteil in der Ostsee (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

Die bezugsrelevante biogeographische Population wird mit 82.000 – 130.000 Brutpaaren angegeben. Davon brüten 9.700-10.500 Paare an der deutschen Nordseeküste, wobei die Trendentwicklung mit einer jährlichen Zuwachsrate von 0-19 % stabil ist (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Nach WETLANDS INTERNATIONAL (2006) beträgt der Bestand 166.000 – 171.000 Individuen und gilt inzwischen als stabil. Die Art wird nicht in der IUCN Roten Listen geführt. Aufgrund der Fluktuationen von bedeutenden Beständen in den Niederlanden, in Russland und in der Ukraine bleibt die Brandseeschwalbe in der SPEC-2 Kategorie (ungünstigem Erhaltungstatus in Europa) eingestuft und gilt weiterhin als „verarmt“ (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

Die Bestände von Flusseeeschwalbe (*S. hirundo*) und Küstenseeschwalbe (*S. paradisea*) variierten in den letzten Jahren gelegentlich. Meistens wurden jedoch positive Trends, von stabil bis zunehmend, verzeichnet (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Der Erhaltungstatus beider Arten gilt daher als sicher.

#### *Zwergmöwe (Larus minutus)*

Die Hälfte der europäischen Population brütet in Russland. Das Überwinterungsareal erstreckt sich von der Ost- und Nordsee bis hin zum Mittelmeer, zum Schwarzen und zum Kaspischen Meer sowie im NW-Afrikas. Nach SKOV et al. (1995) bevorzugen Zwergmöwen Ästuarbereiche. In den Zugzeiten nutzen Zwergmöwen die Küstengewässer Belgiens und der Niederlande. Die Autoren schätzen den wichtigsten Winterrastbestand im IJsselmeer an der niederländischen Küste auf 4.500 Individuen. Die europäische Brutpopulation der Zwergmöwe hat eine moderate Abnahme in der Vergangenheit gezeigt. Im Zeitraum 1990 bis 2000 haben sich die Bestände der Zwergmöwe jedoch im gesamten europäischen Raum sehr positiv entwickelt. Die Entwicklung zeigt einen stabilen bis zunehmenden Trend. Die Art wird auch nicht in der IUCN Roten Listen aufgeführt. Allerdings gilt die Zwergmöwe, aufgrund der Abnahme in der Vergangenheit, immer noch als „verarmt“ und wird in der SPEC 3 Gruppe geführt (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

Arten, die häufig in der deutschen AWZ der Ostsee bzw. im SPA „Pommersche Bucht“ vorkommen, werden im Folgenden ebenfalls einzeln betrachtet.

#### *Eisente (Clangula hyemalis)*

Die europäische Brutpopulation der Eisente wird auf 690.000 bis 750.000 Paare geschätzt. Das Brutareal umfasst 1.000.000 km<sup>2</sup>. Die Winterrastpopulation wird auf mehr als 2.100.000

Individuen geschätzt und weist einen guten Erhaltungsstatus auf (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

*Samtente (Melanitta fusca)*

Die europäische Brutpopulation der Samtente wird derzeit auf 85.000 bis 100.000 Paare geschätzt. Das Brutareal umfasst ca. 1.000.000 km<sup>2</sup>. Aufgrund von Rückgängen in den letzten Jahren in Russland und Schweden wird der Status der Population als abnehmend eingestuft. Auch die Winterrastpopulation mit mehr als 140.000 Individuen hat in den letzten Jahren abgenommen (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

*Trauerente (Melanitta nigra)*

Die Trauerente beansprucht in Nordeuropa ein Brutareal von fast 1.000.000 km<sup>2</sup>. Die Größe der Brutpopulation wird auf 100.000 bis 130.000 Paare geschätzt. Die Winterrastpopulation wird auf mehr als 610.000 Individuen geschätzt. Insgesamt weist die Trauerente einen sicheren Erhaltungsstatus auf (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a).

*Eiderente (Somateria mollissima)*

Die Eiderente kommt mit 840.000 bis 1.200.000 Brutpaare sehr häufig in den Küstenregionen von Nordwest- bzw. Nordeuropa vor. In den letzten Jahren gab es bei der Brutpopulation sogar eine leichte Zunahme. Der Erhaltungsstatus der Eiderente ist in Europa gut und gilt als sicher (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a), allerdings werden Bestandsschwankungen und Bestandsabnahme beobachtet (MENDEL ET AL. 2008).

*Sturmmöwe (Larus canus)*

Die biogeographische Population der Sturmmöwe, definiert als Brutpopulation, wird neuerdings mit 590.000 bis 1.500.000 Paaren angegeben, das Brutareal wird auf ca. 3.000.000 km<sup>2</sup> geschätzt (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). In Deutschland wurden 19.000 bis 25.000 Brutpaare mit Zuwachsraten von 0-19% festgestellt – anhand von qualitätsgesicherten Daten. Allerdings wird der Trend der Bestandsentwicklung in Europa wegen vieler unsicherer Datenerhebungen in anderen Ländern verallgemeinernd als "unbekannt" angegeben. Aufgrund einer vorangegangenen Abnahme der Population, einer derzeitigen Abnahme in einigen nordwesteuropäischen Ländern und der unsicheren Datenlagen aus Russland wird der Status der Population vorläufig als „verarmt“ (depleted) eingestuft und bleibt in der Schutzkategorie SPEC 2.

*Trottellumme (Uria aalge)*

Trottellummen gehören zu den am weitesten verbreiteten Hochseevogelarten, die auch Konzentrationsschwerpunkte aufweisen können. In Nordeuropa hält sich etwas weniger als die Hälfte der gesamten weltweiten Population auf. Die Brutpopulation in Europa wird auf 2.000.000 bis 2.700.000 Brutpaare geschätzt. Das Brutareal umfasst mehr als 250.000 km<sup>2</sup>. In Nordeuropa konzentrieren sich individuenreichen Brutkolonien auf die Felsenküsten der britischen Inseln. Die europäische Brutpopulation ist zudem seit 1970 stetig gewachsen (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). So betrug allein die Brutpopulation der britischen Inseln im Jahr 2000 fast 952.000 Paare und nimmt seitdem weiter stark zu. Die europäische Winterrastpopulation wird derzeit auf mehr als 4.300.000 Individuen geschätzt. Ein große Anzahl davon (4.000.000 bis 5.000.000 Individuen) überwintert auf Island. Es sind derzeit keine Gefährdungen für die Population bekannt.

*Gryllteiste (Cepphus grylle)*

Die relevante Brutpopulation der nordeuropäischen Küstenregionen umfasst 130.000 bis 300.000 Paare auf einem Brutareal von mehr als 1.000.000 km<sup>2</sup>. Im Zeitraum 1970 bis 1990 gab es bei der Brutpopulation eine moderate Abnahme. Im Zeitraum 1990 bis 2000 war die Populationsentwicklung stabil. Aufgrund der Tatsache, dass die aktuelle Bestandsgröße kleiner ist als vor den 70er Jahren, gilt diese Art als verarmt (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a). Die Gryllteiste wird in der SPEC-Kategorie 2 eingestuft (ungünstiger Erhaltungsstatus in Europa einer Art mit auf Europa konzentriertem Vorkommen).

### 2.8.2.2 Bedeutung von Teilbereichen der AWZ für Seevögel

Der hohe Kartieraufwand in den letzten Jahren bzw. der aktuelle Kenntnisstand erlauben eine vorläufige Einschätzung der Bedeutung und des Zustandes einiger Teilbereiche der deutschen AWZ als Habitate für Seevögel.

#### **SPA "Pommersche Bucht"**

Das SPA „Pommersche Bucht“ hat in der Ostsee eine herausragende Funktion als Nahrungs-, Überwinterungs-, Mauser-, Durchzugs- und Rastgebiet für dort vorkommende Arten nach Anhang I der VRL (insbesondere Sterntaucher, Prachttaucher, Ohrentaucher, Zwergmöwe, Fluss- und Küstenseeschwalbe) und regelmäßig auftretende Zugvogelarten (insbesondere Rothalstaucher, Eisente, Trauerente, Samtente, Sturm- und Heringsmöwe, Trottellumme, Tordalk und Gryllteiste).

#### **Teilgebiet Adlergrund**

Alle bisherigen Erkenntnisse weisen auf eine hohe Bedeutung des Adlergrundes für rastende und nahrungssuchende Vögel hin - insbesondere auf eine saisonabhängige und artspezifische. In diesem Teilgebiet (Abbildung 57a) treten im Winter Gryllteisten, Samtenten und Eisenten in hoher Dichte auf. Für die in Anhang I der VRL aufgeführten besonders schützenswerten Seetaucherarten gehört auch dieser Teilbereich zu den wertvollen Rasthabitaten in der Ostsee. Andere zu schützende Arten wie Trauerenten, Trottellummen und Tordalken kommen hier nur durchschnittlich vor. Für Brutvögel, insbesondere Trottellummen aus der nächstgelegenen Brutkolonie, ist dieses Teilgebiet – wie dies Sichtungen von Jungvögeln im Sommer erkennen lassen - ebenfalls von Bedeutung. Zusammenfassend kann für dieses Teilgebiet festgehalten werden:

Insgesamt weist das Teilgebiet ein hohes Seevogelvorkommen auf

- Arten nach Anhang I der VRL nutzen dieses Teilgebiet als Nahrungsgrund
- Häufige Arten des Schutzgebietes „Pommersche Bucht“ nutzen dieses Teilgebiet als Nahrungsgrund
- Für Seetaucher gehört dieses Gebiet teilweise zum größeren, grenzenübergreifenden Rasthabitat in der Ostsee.
- Abundanz und Verteilung der Seevögel weisen innerhalb dieses Teilgebietes, artspezifisch und witterungsbedingt, hohe intra- und interannuale Variabilität auf
- Die Teilfläche ist als Nahrungsgrund für einige Arten wie Gryllteiste und Samtente von hoher Bedeutung
- In strengen Eiswintern hat dieses Teilgebiet als Ausweich-Habitat für Rastbestände der Pommerschen Bucht herausragende Bedeutung
- Das Teilgebiet hat für Trottellummen-Jungvögel aus der nächstgelegenen Brutkolonie eine mindestens mittlere Bedeutung
- Die Vorbelastungen durch Schifffahrt und Fischerei im Teilgebiet sind für Seevögel von mindestens mittlerer Intensität.

#### **Teilgebiet Westlich Adlergrund**

Alle bisherigen Erkenntnisse weisen auf eine mittlere Bedeutung des Teilgebietes für Seevögel hin. Das Teilgebiet (Abbildung 57a) berührt lediglich südlich bzw. südöstlich Randbereiche der ausgedehnten Rasthabitats der Pommerschen Bucht und des Adlergrundes. Zusammenfassend kann für dieses Teilgebiet festgehalten werden:

- Insgesamt weist das Teilgebiet ein mittleres Seevogelvorkommen auf
- Das Teilgebiet gehört nicht zu den Hauptrast-, Nahrungs- und Überwinterungshabitats von Arten des Anhangs I der VRL

- Das Teilgebiet gehört nicht zu den Hauptrast-, Nahrungs- und Überwinterungshabitaten von schützenswerten Arten des SPA „Pommersche Bucht
- Das Teilgebiet hat aufgrund der Wassertiefe (über 20 m) und der Bodenbeschaffenheit nur geringe Bedeutung als Nahrungsgrund für tauchende Meeresenten
- Das Teilgebiet hat für Brutvögel keine Bedeutung
- Die Vorbelastungen durch Schifffahrt und Fischerei sind für Seevögel von mindestens mittlerer Intensität.

### ***Teilgebiet Kriegers Flak***

Alle bisherigen Erkenntnisse weisen auf eine geringe Bedeutung des Teilgebietes (Abbildung 57a), für Seevögel hin. Zusammenfassend kann für dieses Teilgebiet festgehalten werden:

Insgesamt weist das Teilgebiet ein geringes Seevogelvorkommen auf

- Das Teilgebiet gehört nicht zu den Hauptrast-, Nahrungs- und Überwinterungshabitaten von Arten des Anhangs I der VRL
- Das Teilgebiet gehört nicht zu den Hauptrast-, Nahrungs- und Überwinterungshabitaten von schützenswerten Arten des SPA „Pommersche Bucht“
- Das Teilgebiet hat aufgrund der Wassertiefe (über 20 m) und der Bodenbeschaffenheit keine Bedeutung als Nahrungsgrund für tauchende Meeresenten
- Das Teilgebiet hat für Brutvögel keine Bedeutung
- Die Vorbelastungen durch Schifffahrt und Fischerei sind für Seevögel von mindestens mittlerer Intensität.

### **2.8.2.3 Schutzstatus**

Aus den präsentierten Daten ergibt sich, dass die deutsche AWZ der Ostsee bedeutende Populationsanteile folgender Arten beherbergt: Eisente, Trauerente, Samtente und Gryllteiste. Stern- und Prachtaucher, Ohrentaucher, Zwergmöwe, sowie Fluss- und Küstenseeschwalben und Brandseeschwalben stehen im Anhang I der VRL und unterliegen damit einem besonderen Schutz. Bei den übrigen Arten handelt es sich um ziehende Vogelarten, deren Schutz gemäß Artikel 4 § 2 der VRL ebenfalls sicherzustellen ist.

Innerhalb der deutschen AWZ in der Ostsee wurde ein besonderes Schutzgebiet, SPA „Pommersche Bucht“ gemäß VRL ausgewiesen, welches im Jahre 2005 unter Naturschutz gestellt wurde. Dieses Schutzgebiet beherbergt wesentliche Bestandsanteile der wichtigen Rastvogelarten, vor allem der Meeresenten (Eisente, Trauerente, Samtente, Ohrentaucher). Die Verordnung des Naturschutzgebietes schränkt die Errichtung baulicher Anlagen und die Fahrten von Angelschiffen ein.

Schutzstatus, Gefährdungseinstufung und der Trend in der relevanten Population sind in der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt. Zugrunde gelegt werden übergreifende Trendberechnungen. Dies ist erforderlich, da alle hier aufgeführten Arten sehr breite intra- und teilweise interkontinentale Areale sowohl zum Brüten als auch zum Überwintern nutzen. Rast- und Nahrungsgründe erstrecken sich grenzübergreifend und verlagern sich in Folge der dynamischen hydrographischen Bedingungen und des Nahrungsangebots.

Tabelle 26: Schutzstatus und Trend der relevanten Population der wichtigsten Rastvogelarten der deutschen AWZ in der Ostsee (Quelle: BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004a)

	Anh. I VRL	In- tern. IUCN Rote Li- ste <sup>a)</sup>	Europ. IUCN Rote Liste <sup>b)</sup>	SPEC <sup>c)</sup>	Status <sup>d)</sup>	Trend Brut- population <sup>e)</sup>	Trend der Winterrast- population <sup>f)</sup>
Sterntaucher	X			3	(Verarmt) <sup>1</sup>	Stabil	Stabil
Prachtaucher	X		VU (A2b) <sup>2</sup>	3	(Gefährdet)	Abnehmend	Unbekannt
Ohrentaucher	X			3	Abnehmend	Leicht abneh- mend	Leicht zuneh- mend
Rothalstaucher					Sicher	Leicht abneh- mend	Stabil
Haubentaucher					Sicher	Leicht abneh- mend	Leicht zuneh- mend
Zwergmöwe	X				(Verarmt) <sup>5</sup>	Moderat zu- nehmend	Variierend
Silbermöwe					Sicher	Moderat zu- nehmend	Leicht abneh- mend
Mantelmöwe					Sicher	Stark zuneh- mend	Leicht zuneh- mend
Sturmmöwe				2	(Verarmt) <sup>4</sup>	Unbekannt	Leicht abneh- mend
Eisente					Sicher	Stabil	Stabil
Samtente				3	Abnehmend	Moderat ab- nehmend	Moderat Ab- nehmend
Trauerente					Sicher	Stabil	Leicht abneh- mend
Eiderente					Sicher	Leicht zuneh- mend	Leicht abneh- mend
Brandseeschwalbe	X			2	Verarmt	Leicht abneh- mend	Unbekannt
Flussseeschwalbe	X				Sicher	Stabil	-
Küstenseeschwalbe	X				Sicher	Unbekannt	-
Zwergseeschwalbe	X			3	Abnehmend	Moderat ab- nehmend	-
Trauerseeschwalbe	X			3	Verarmt	Unbekannt	-
Gryllteiste				2	Verarmt	Stabil	Unbekannt
Trottellumme					Sicher	Stark zuneh- mend	Unbekannt
Tordalk					Sicher	Unbekannt	Unbekannt

<sup>a</sup> Internationale Rote Liste

<sup>b</sup> Europäische Rote Liste

<sup>c</sup> Gefährdungsstatus (SPEC) nach BirdLife International (1994)

<sup>d</sup> Gefährdungsstatus nach BirdLife International (2004a)

<sup>e</sup> Trend der relevanten Brutpopulation bezogen auf das grenzenübergreifende Brutareal der Popu-  
lation

<sup>f</sup> Trend der relevanten Winterrastpopulation bezogen auf das grenzenübergreifende Winterrastareal  
der Population

<sup>1</sup> (Verarmt): aufgrund der Populationsabnahme in der Vergangenheit und trotz der aktuellen stabilen  
Entwicklung

<sup>2</sup> (A2b): Reduzierung der Populationsgröße mit / oder mehr als 30% in 10 Jahren oder über drei Ge-  
nerationen, jedoch in der Vergangenheit

<sup>3</sup> Populationsstatus aus BirdLife International (2004b).

<sup>4</sup> und <sup>5</sup> (Verarmt): aufgrund einer moderaten Abnahme der Population in der Vergangenheit

#### **2.8.2.4 Gefährdungen**

Seevögel sind als Komponente des marinen Ökosystems auch Gefährdungen ausgesetzt. Mit den Veränderungen des Ökosystems sind ggf. Gefährdungen der Seevogelbestände verbunden. Im Folgenden werden verschiedene Einflussgrößen aufgeführt, die Veränderungen im marinen Ökosystem und damit auch bei Seevögeln verursachen können.

##### ***Klimaveränderungen***

Temperaturveränderungen in der Nordsee und deren Auswirkungen seit den 1920er Jahren wurden bereits beschrieben und haben zu Veränderungen des Ökosystems geführt (BEAUGRAND et al., 2003; DRINKWATER, 2005). Mit den Veränderungen der Wassertemperatur gehen u.a. Veränderungen in der Zirkulation, Phyto- und Zooplanktonverteilung und Zusammensetzung der Fischfauna einher. Das Ökosystem der Nord- und Ostsee weist insbesondere seit Ende der 80er Jahre gravierende Veränderungen auf (ALHEIT et al., 2005). Aufgrund der möglichen unterschiedlichen Ausprägungen des Klimawandels auf die verschiedenen Komponenten des Ökosystems ist die Prognose von Auswirkungen auf Seevögel jedoch kaum möglich. Unstrittig bleibt, dass massive Veränderungen im Ökosystem Ostsee zu erwarten sind.

So reagieren Nahrungsfische von Seevögeln und Meeressäugetieren wie z. B. Dorsch oder Sprotte empfindlich auf Klimaveränderungen. Südliche Kabeljaubestände würden bei einer vorausgesagten Erwärmung verschwinden, während einige nördliche profitieren würden (DRINKWATER, 2005). Weiterhin gibt es Hinweise, dass durch eine Erhöhung der Oberflächentemperatur die Artenzusammensetzung und Größenklassenverteilung des Planktons und damit die Nahrungsqualität und -quantität planktivorer (planktonfressender) Fische sinkt. Weiter kann durch den Temperatureffekt die Synchronisation der Laichzeit mit dem Auftreten von Plankton (Nahrung für Fischlarven) gestört werden (BEAUGRAND et al., 2003).

Seit den 1990er Jahren beeinflusst die globale Klimaerwärmung das winterliche Rastgeschehen der Seevögel in der westlichen Ostsee:

- Die Hauptvorkommen verlagern sich ostwärts,
- Regelmäßig auftretender saisonaler Sauerstoffmangel bedingt lokal die dauerhafte Abnahme von Muschelvorkommen (z. B. das alte Oderbett in der westlichen Pommerschen Bucht).

##### ***Erkrankungen***

Epidemien viralen oder bakteriellen Ursprungs stellen auch für die Bestände von Rast- und Seevögel eine Gefährdung dar. Es ist nicht auszuschließen, dass Virenepidemien die Populationsentwicklung negativ beeinflussen können. Bei vielen Seevogelarten, u. a. bei Möwen und Seeschwalben sind hoch pathogene Virenstämme festgestellt worden (OLSEN et al., 2006).

##### ***Fischerei***

Durch fischereiliche Aktivitäten sind alle Rastvogelarten betroffen. Durch die Fischerei kann es zu einer Verringerung des Nahrungsangebots bis hin zur Nahrungslimitierung kommen. Insbesondere hat die Dezimierung der Bestände von kleinen Fischarten negative Folgen für Seevögel, die sich von kleinen und mittelgroßen Fischarten ernähren. Selektiver Fang von Fischarten oder Größen kann zu Veränderungen des Nahrungsangebots für Seevögel führen.

Durch fischereiliche Discards werden für einige Seevogelarten zusätzliche Nahrungsquellen angeboten (CAMPBUYSSEN and GARTHE, 2000). Insbesondere viele Hochseevogelarten wie der Eissturmvogel, der Skua, die Heringsmöwe, die Silbermöwe und die Mantelmöwe profitieren von den Discards.

In der Ostsee hat eine Studie zudem bewiesen, dass großräumige, lang anhaltende Veränderungen des marinen Ökosystems, in Folge der Überfischung der Dorschbestände, auf die Bestandsentwicklung der Trottellumme Einfluss nimmt. Durch den Rückgang der Dorschbestände nahmen die Sprottbestände – die wichtigste Beuteart für den Dorsch in der Ostsee – zu.



Allerdings führte die Bestandszunahme bei den Sprotten zu Verminderung des Nährwerts. Die Verminderung des Nährwerts machte sich bei der Trottellumme durch schwaches Wachstum bzw. verminderte Körpermasse der Jungvögel bemerkbar (ÖSTERBLOM et al., 2006)

Die Etablierung der motorisierten Schleppnetz-Fischerei zum Fang von Dorsch und Plattfisch seit den 1950er Jahren hat in der Ostsee zur Einwanderung von Silber- und Mantelmöwen beigetragen, die früher in diesem Meeresgebiet selten waren. Discard ist seither die wesentliche Nahrungsgrundlage dieser beiden Vogelarten. Auch Sturmmöwen ernähren sich im Winterhalbjahr vom Discard.

Die Stellnetzfisherei verursacht alljährlich hohe Verluste an Seevögeln durch Verfangen und Ertrinken in den Netzen (ERDMANN et al., 2005). Insbesondere Seetaucher, Lappentaucher und tauchende Enten gehören zu den Opfern von Stellnetzen (SCHIRMEISTER, 2002; ZYDELIS und DAGYS, 2002). Die Bedeutung dieser Verluste für die Bestandsdynamik ist weitgehend unbekannt.

### **Sand- und Kiesabbau**

Potentiell können alle Arten durch Aktivitäten während des Sand- und Kiesabbaus betroffen sein. Der Kies- und Sandabbau verändert die Benthoslebensgemeinschaften in den betroffenen Gebieten. Die Zerstörung bzw. Veränderung des Benthos kann für viele Arten Einschränkungen des Nahrungsangebots bedeuten. Der Abbau von Sand und Kies verursacht außerdem großräumige Trübung des Meereswassers. Dadurch kann es zu Einschränkungen der Nahrungserreichbarkeit für fischende Vögel kommen. Hinzu kommt die Störwirkung durch die Baggerschiffe und die Transport- und Versorgungsfahrten.

### **Schifffahrt**

Der Schiffsverkehr hat erhebliche Scheuchwirkung auf störempfindliche Arten. Seetaucher sind besonders betroffen. Sie haben eine Fluchtdistanz gegenüber Schiffen von einigen hundert Metern bis zu mehreren Kilometern. Auch das derzeitige Verbreitungsmuster von Seetauchern in der AWZ dürfte durch Schifffahrtsrouten beeinflusst sein. Der Schiffsverkehr schließt zudem ein Risiko von Ölverschmutzung ein.

Die rasante Entwicklung der Berufsschifffahrt verursachte eine zunehmende Meidung der Hauptverkehrsrouen der westlichen Ostsee durch Wasservögel (BELLEBAUM et al., 2004). Bezogen auf die deutsche AWZ in der Ostsee bedeutet dies, dass diese westlich des Tiefwasserweges DW 17 von Seevögeln nur wenig genutzt wird. Im Bereich des Fehmarnbelts wurde ebenfalls ein Meideverhalten von Seevögeln aufgrund des Schiffsverkehrs festgestellt (SKOV et al., 1998).

### **Technische Bauwerke**

Technische Bauwerke wie Windkraftanlagen können auf störempfindliche Arten ähnliche Auswirkungen haben wie der Schiffsverkehr. Hinzu kommt eine Erhöhung des Schiffsverkehrsaufkommens durch z.B. Wartungsfahrten. Zudem besteht eine Kollisionsgefahr mit solchen Einrichtungen. Als besonders sensitiv gegenüber Offshore- Windenergieanlagen gelten neben Stern- und Prachtauchern auch Brandseeschwalben (GARTHE und HÜPPOP, 2004).

### **Marikultur**

Marikultur kann indirekt durch Förderung von Eutrophierungsprozessen zu einer potenziellen Gefahr für Seevögel werden.

### **Meeresumweltverschmutzung**

Viele anorganische und organische Schadstoffe reichern sich innerhalb der marinen Nahrungsketten an. Als Konsumenten im oberen Bereich der marinen Nahrungsketten besteht bei

allen Arten der Seevögel die Gefahr einer Schadstoffanreicherung im Körpergewebe. Eine durch Schadstoffe hervorgerufene Beeinträchtigung der Reproduktionsfähigkeit und der Kondition von Seevögeln wurde nachgewiesen (HARTWIG et al., 1990; MUNOZ CIFUENTES, 2004).

### **Eutrophierung**

Alle Seevogelarten können durch die Eutrophierung des Meereswassers potentiell betroffen sein. Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen innerhalb der marinen Nahrungsketten sind die Auswirkungen der Eutrophierung auf Seevögel jedoch nicht prognostizierbar. So kann z. B. eine Erhöhung der Produktivität in Folge der Eutrophierung durchaus eine Zunahme der Abundanz und Biomasse der Fischfauna hervorrufen und damit das Nahrungsangebot für Seevögel erhöhen. Die Eutrophierung kann aber auch zu erhöhter Trübung des Meerwassers führen. Durch Trübung verschlechtern sich die Sichtbedingungen, was bei vielen Seevogelarten zur Beeinträchtigung des visuell gesteuerten Jagdverhaltens führen kann. Bei Küstenvögeln sind auch Reaktionen auf toxische Algenblüten, wie die Vermeidung von toxisch belasteten Muscheln, bekannt (KVITTEK et al., 2005). Bei Seevögeln ist hingegen ein analoges Meideverhalten von Nahrung kaum zu erwarten. Bei Seevögeln besteht vielmehr potenziell die Gefahr, dass sie mit Algentoxinen angereicherte Nahrung aufnehmen

Der anthropogene Eintrag von Stickstoff und Phosphat trug seit 1960 zu einer sehr starken Zunahme der Biomasse filtrierenden benthischen Wirbellosen in den Flachwassergebieten der Ostsee bei. Insbesondere die Biomasse von Muscheln (der Hauptnahrung von Meerestenten) stieg um das sechs- bis achtfache (KUBE, 1996). Der Bestand der Eiderenten hat seither ebenfalls stark zugenommen (DESHOLM et al., 2002)

### **Verölung**

Potentiell können alle Seevogelarten durch Verölungen betroffen sein. Besonders hohe Verölungsraten sind von Vögeln mit ausgeprägtem Tauchverhalten bekannt. Tauchjäger wie Trottellummen werden häufig Opfer von Verölung.

### **Müll**

Im Wasser treibender Müll, z. B. Teile von Fischereinetzen und Plastikteile, kann für Seevögel dadurch gefährlich werden, dass sie sich darin verfangen oder ihn aufnehmen. Nach der Aufnahme kann es zu Schädigungen des Verdauungstraktes kommen. Betroffen unter den hier dargestellten Arten sind vor allem Basstölpel.

### **Jagd**

Von der Jagd sind insbesondere nahezu alle ziehenden Entenvögel im Ostseeraum betroffen. Von 1996 bis 2001 wurden in Skandinavien jährlich 122.500 Eiderenten erlegt, davon allein in Dänemark 92.820 (ASFERG, 2002). Das entspricht bereits 16 % des Winterbestandes von 760.000 Individuen. (DESHOLM et al., 2002), denen noch Abschüsse in den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion hinzuzurechnen sind, über die keine Angaben vorliegen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Seevogelgemeinschaft der deutschen AWZ in der Ostsee einer deutlichen anthropogenen Beeinflussung vor allem durch die Fischerei und den Schiffsverkehr unterliegt. Zudem ist das Risiko von Verölungen hoch. Die Seevogelgemeinschaft in der AWZ ist aus den hier genannten Gründen nicht als natürlich anzusehen.

## **2.8.2.5 Schlussfolgerungen**

Die bisherigen Erkenntnisse in Bezug auf das Vorkommen und den Zustand der Bestände von Rast- und Seevögeln in Europa, die auch in der westlichen Ostsee bzw. in der deutschen AWZ vorkommen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Brutbestände von Mantelmöwe, Silbermöwe, und Trottellumme haben im Zeitraum 1990-2000 stark zugenommen

- Die Brutbestände von Sterntaucher, Eisente, Trauerente, Gryllteiste und Flusseeeschwalbe sind im Zeitraum 1990-2000 stabil geblieben
- Die Brutbestände von Prachtttaucher, Brandseeschwalbe, Zwergseeschwalbe, Samtente, Ohrentaucher, Rothalstaucher und Haubentaucher haben im Zeitraum 1990-2000 leicht oder moderat abgenommen
- Sicheren Erhaltungsstatus weisen folgende Arten auf: Rothalstaucher, Haubentaucher, Silbermöwe, Mantelmöwe, Eisente, Trauerente, Eiderente, Trottellumme, Tordalk, Fluss- und Küstenseeschwalbe
- Als verarmt gelten die Bestände der Brandseeschwalbe, Trauerseeschwalbe und Gryllteiste
- Als „verarmt“ aufgrund von Bestandsabnahmen in der Vergangenheit und aktuell unbekannter Trends gilt die Sturmmöwe
- Als „verarmt“ aufgrund von Bestandsabnahmen in der Vergangenheit und trotz aktuell stabiler Trends gelten Sterntaucher und Zwergmöwe
- Als „gefährdet“ aufgrund von Bestandsabnahmen in der Vergangenheit und teilweise anhaltender abnehmender Trends gilt der Prachtttaucher
- Veränderungen des marinen Ökosystems wirken auf die Bestände von Seevögel aus
- Die Bestände weisen artspezifische, saisonale Verteilungsmuster auf
- Abundanzschwankungen treten intra- wie interannuel auf
- Verteilungsmuster der Bestände sind räumlich wie zeitlich nicht immer vorhersagbar
- Gefährdete oder besonders schützenswerte Arten kommen gebietsweise unterschiedlich vor.

Veränderungen der Bestände von Seevögeln hängen mit Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen. Anthropogene Aktivitäten und Klimawandel beeinflussen, neben natürlicher Variabilität die Veränderungen des marinen Ökosystems.

*Gefährdungen* gehen für die Bestände von Seevögel aus einer Reihe von anthropogenen Aktivitäten hervor:

- Fischerei - direkt durch Fang in den Netzen oder indirekt durch Dezimierung von Fischbeständen
- Eutrophierung - indirekt über die marinen Nahrungsketten
- Meeresumweltverschmutzung - indirekt über Anreicherungen von organischen und anorganischen Schadstoffen in den marinen Nahrungsketten
- Ölverschmutzung stellt für Rast- und Seevögel eine gravierende Gefährdung dar
- Schifffahrt
- Müll durch Verfangen oder Verschlucken
- Bauaktivitäten - direkt durch Schiffsverkehr und indirekt über Störungen der marinen Nahrungsketten
- Bauwerke wie Windenergieanlagen - direkt durch Störwirkung mit Habitatverlust oder Kollisionsgefahr.

Gefährdungen gehen außerdem für die Bestände aus durch:

- Erkrankungen bakteriellen oder viralen Ursprungs
- Klimaveränderungen - indirekt über Einwirkung auf die marinen Nahrungsketten.

Die bisherigen Erkenntnisse in Bezug auf die Nutzung und Bedeutung von Teilbereichen der deutschen AWZ in der Ostsee (Abbildung 57a) für Seevögel lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### **SPA „Pommersche Bucht“:**

- Hohe Bedeutung als Nahrungs-, Überwinterungs-, Mauser-, Durchzugs- und Rasthabitat für die dort vorkommenden Arten nach Anhang I der VRL, insbesondere Sterntaucher, Prachtttaucher, Ohrentaucher, Zwergmöwe, Flusseeeschwalbe und Küstenseeschwalbe

- hohe Bedeutung für die regelmäßig auftretenden Zugvogelarten, insbesondere für Rothalstaucher, Eisente, Trauerente, Samtente, Sturmmöwe, Heringsmöwe, Trottellumme, Tordalk und Gryllteiste.

**Teilgebiet Adlergrund:**

- Mittlere bis hohe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für benthosfressende Meeresenten, wie Eis- und Samtente
- Hohe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Gryllteiste
- Hohe Bedeutung als Ausweich-Rasthabitat von Meeresenten in strengen Eiswintern
- Hohes Vorkommen gefährdeter und besonders schützenswerter Arten
- Mittlere bis intensive Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt
- Seevogelgemeinschaft unterliegt der natürlich oder anthropogen verursachte Veränderungen der Ostsee.

**Teilgebiet Westlich Adlergrund:**

- Geringe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für küstenah-lebende Arten
- Mittlere Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Hochseevögel und Schiffsfolger
- Mittlere Bedeutung für tauchende Meeresenten
- Keine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Brutvögel
- Mittleres Vorkommen von gefährdeten und besonders schützenswerten Arten
- Mittlere Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt
- Seevogelgemeinschaft unterliegt der natürlich oder anthropogen verursachte Veränderungen der Ostsee.

**Teilgebiet Kriegers Flak:**

- Geringe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Hochseevogelarten und typische Schiffsfolger
- Keine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für küstenah-lebende Arten
- Keine Bedeutung als Rastgebiet für tauchende Meeresenten
- Geringes Vorkommen von gefährdeten und besonders schützenswerten Arten
- Mittlere Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt
- Seevogelgemeinschaft unterliegt der natürlich oder anthropogen verursachte Veränderungen der Ostsee.

## 2.9 Zugvögel

Die Umweltbedingungen der meisten Lebewesen unserer Erde unterliegen dem ständigen Einfluss zweier geophysikalischer Zyklen: der Tages- und der Jahresperiodik. Der Tagesgang vieler Faktoren und die in vielfältiger Weise ausgeprägten Jahreszeiten bringen einen ständigen Wechsel der Lebensbedingungen mit sich, auf die sich Lebewesen einstellen müssen, wenn sie überleben und sich erfolgreich fortpflanzen wollen (BERTHOLD, 2000). Eine der zahlreichen Reaktionen auf diese Periodizitäten sind Wanderungen, die bei nahezu allen Gruppen von Lebewesen vorkommen. Unter Wanderungen kann man alle Bewegungen von einer Raumeinheit zu einer anderen zusammenfassen. Das Flugvermögen befähigt Vögel nicht nur zu rascher Ortsveränderung, sondern ist auch Voraussetzung für die Überwindung größerer Entfernungen innerhalb relativ kurzer Zeitabstände. Vögel haben nahezu alle Gebiete unserer Erde erobert, und ihre Wanderzüge umspannen praktisch die Gesamtoberfläche unseres Planeten wie ein Netz (BERTHOLD, 2000). Zugvögel legen im Extremfall Strecken zurück, die dem Umfang der Erde entsprechen, queren sämtliche Ozeane, Wüsten, Gebirge und Eisfelder, vielleicht mit Ausnahme der Pole (GUDMUNDSSON, 1992), und es gibt keinen Monat im Jahr, in dem nicht irgendwo in der Welt Zugvögel auf großer Reise wären.

Dabei ist das Zuggeschehen von Jahr zu Jahr starken Schwankungen unterworfen. Die Summe der über Mitteleuropa ziehenden Vogelarten hängt dabei im Herbst vor allem vom Bruterfolg in den Brutgebieten ab. Das Zugaufkommen im darauf folgenden Frühjahr wird zusätzlich durch Überlebensraten in den Überwinterungsgebieten und während des Zuges beeinflusst. Innerhalb einer Zugsaison schwankt auch die großräumige Zugintensität von Tag zu Tag sehr stark, ein hohes Zugvorkommen wird dabei vor allem durch den Wechsel von ungünstiger Witterung (z. B. im Frühjahr niedrige Temperaturen und Gegenwind) zu günstigeren Bedingungen (im Frühjahr: höhere Temperaturen, Rückenwind) ausgelöst. Hierfür sind die Bedingungen in den Aufbruchsgebieten relevant, die von Art zu Art in unterschiedlicher Entfernung und unterschiedlicher Richtung liegen können.

Trotz langjähriger Beobachtungen ist auch heute noch festzustellen, dass die vorhandenen Erkenntnisse für spezielle Fragestellungen und bestimmte Naturräume wie z. B. der deutschen AWZ in Nord- und Ostsee noch nicht ausreichend sind. Hier ist besonders der nächtliche Zug über das Meer zu nennen, zumal Erfahrungen aus dem Landbereich für das Zugverhalten über dem Meer nur in begrenztem Umfang als übertragbar angesehen werden. Bisher erfolgten Radaruntersuchungen zum Vogelzug im Nord- und Ostseeraum an verschiedenen Orten über Land oder küstennah. Im Offshore-Bereich wurde fast ausschließlich mit Großraumradargeräten gemessen, die eine Erfassung niedrig fliegender Vögel mit zunehmender Entfernung von der Küste nicht erlauben (HÜPPOP et al., 2005). Neuerdings fanden und finden auch gezielte Radaruntersuchungen zum Vogelzug im Offshore-Bereich im Zuge von Untersuchungen im Auftrag des Bundes (KNUST et al., 2003) und Genehmigungsverfahren von Offshore-Windenergieparks statt, die jedoch nur in wenigen Tagen pro Zugperiode erfolgen können. Seit dem Oktober 2003 ermöglichten es die Untersuchungen auf der Forschungsplattform FINO 1 erstmals, über einen längeren Zeitraum hinweg weitgehend kontinuierlich Radarmessungen des Vogelzugs im Offshore-Bereich mit konstanten Bedingungen vorzunehmen. Mit der Veröffentlichung des Abschlussberichtes (OREJAS et al., 2005) liegen nunmehr erste Ergebnisse vor.

Im Folgenden werden allgemeine Erkenntnisse des Vogelzugs beschrieben. Anschließend erfolgt die Beschreibung und Einschätzung des Zustands des Vogelzugs über der westlichen Ostsee, die zum großen Teil auf dem Fachbeitrag des BfN zum Umweltbericht zur Raumordnung für die deutsche AWZ der Ostsee basiert. Grundlage der Zustandsbeschreibung und -einschätzung ist einerseits die Auswertung der vorhandenen Literatur und andererseits die Auswertung der aktuellen Untersuchungsergebnisse, die im Rahmen der Forschungsvorhaben des Bundes sowie verschiedener Umweltverträglichkeitsuntersuchungen der Offshore-Windenergieparkvorhaben in der AWZ der Ostsee erhoben wurden. Die vorgenannten Untersuchungen basieren u. a. auf Sichtbeobachtungen, akustischen Erfassungen und Erfassungen mit dem Radar.

### 2.9.1 Der Vogelzug

Als Vogelzug bezeichnet man üblicherweise periodische Wanderungen zwischen dem Brutgebiet und einem davon getrennten außerbrutzeitlichen Aufenthaltsbereich, der bei Vögeln höherer Breiten normalerweise das Winterquartier enthält. Da der Vogelzug jährlich stattfindet, wird er auch Jahreszug genannt – und ist weltweit verbreitet. In diesem Zusammenhang spricht man auch von Zweiwegewanderern, die einen Hin- und Rückweg ziehen, oder von Jahresziehern, die alljährlich wandern. Häufig werden außer einem Ruheziel noch ein oder mehrere Zwischenziele angesteuert, sei es für die Mauser, zum Aufsuchen günstiger Nahrungsgebiete oder aus anderen Gründen.

Nach der Größe der zurückgelegten Entfernung und nach physiologischen Kriterien unterscheidet man Langstrecken- und Kurzstreckenzieher. Als Teilzieher werden Populationen bezeichnet, in denen einige Individuen aus dem Brutgebiet mit bevorzugter Richtung abwandern und andere nicht. Die Standvögel führen dagegen ihr Leben lang keine gerichteten größeren Ortsveränderungen durch.

Für die spezifische Entwicklung des heutigen Vogelzugs im eurasisch-afrikanischen Raum haben sicher die Eiszeiten eine große Rolle gespielt. Während der Eiszeiten war die Vogelwelt Europas stark reduziert (MOREAU, 1954), viele Arten und Populationen waren gezwungen, sich in mediterrane, nordafrikanische oder asiatische Refugien zurückzuziehen, von wo aus sie nach der letzten Eiszeit wieder einwandern konnten (MAYR und MEISE, 1930). Diese vor rund 15.000 Jahren mit dem Ende der letzten Eiszeit einsetzende Entwicklung zum heutigen Vogelzugsystem in Europa dauert bis in unsere Gegenwart an, und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen. Beispiele für bis in die Gegenwart andauernde Entwicklungen im Zug- und Ansiedlungsverhalten finden sich z. B. beim Kiebitz (*Vanellus vanellus*). Der Kiebitz hat Finnland im Wesentlichen erst im letzten Jahrhundert besiedelt, die nördlichen Landesteile sogar erst Ende der 60er Jahre.

### 2.9.1.1 Zugmuster

Nach bisherigen Kenntnissen kann das Zugvogelgeschehen grob in zwei verschiedene Phänomene differenziert werden: den Breitfrontzug und den Zug entlang Zugrouten. Bekannt ist, dass die meisten Zugvogelarten zumindest große Teile ihrer Durchzugsgebiete in breiter Front überfliegen. Bei einem solchen Breitfrontzug erstreckt sich das Durchzugsgebiet mehr oder minder über die selben Längengrade wie Brut- und/oder Überwinterungsgebiet. Zumindest innerhalb großer Populationen verlaufen die Zugrichtungen ungefähr parallel. Die Individuen wandern also in parallelen benachbarten Sektoren, sodass flächendeckende Zugmuster entstehen (BERTHOLD, 2000). Nach KNUST et al. (2003) gilt dies nach bisherigem Kenntnisstand auch für die Nord- und Ostsee. Insbesondere nachts ziehende Arten, die sich aufgrund der Dunkelheit nicht von geographischen Strukturen leiten lassen können, ziehen im Breitfrontzug über das Meer. Allerdings ist von vielen Arten bekannt, dass sie in schmalen Korridoren oder auf Zugschneisen wandern, ohne dass eine direkte Leitlinienwirkung dafür verantwortlich ist. Das gilt z. B. für Kraniche. Der Kranich zieht aus seinem riesigen Verbreitungsgebiet, das sich fast durch das ganze nördliche Eurasien erstreckt, über nur relativ wenige traditionelle schmale Zugrouten in knapp zehn feste Winterquartiere, die sich von Spanien über Nord- und Ostafrika bis nach China verteilen. In diesem Fall liegt der sog. Schmalfrontzug vor. Haben sich Schmalfronten gebildet wie z. B. beim Weißstorch, kommt es oft gebietsweise zu einer trichterartigen Verengung der konvergierenden Zugrouten. In diesen Fällen spricht man vom Trichterzug (BERTHOLD, 2000). Zwei solche Zugtrichter entstehen beim Weißstorch bei Gibraltar und am Schwarzen Meer. Beim Weißstorch tritt noch zusätzlich das Phänomen auf, dass die Zugrichtungen benachbarter Populationen divergieren. In diesem Fall spricht man von einer Zugscheide. Die mitteleuropäische Zugscheide trennt den Zugweg der Weißstörche weitgehend in Ost- und Westzieher. Dann ist noch gelegentlich ein Umkehrzug zu beobachten. Hierunter fasst man Wanderbewegungen in Gegenrichtung zur jeweils saisonalen Hauptzugrichtung zusammen (BEZZEL and PRINZINGER, 1990). Im Frühjahr der Nordhalbkugel kann ein Umkehrzug durch Kaltlufteinbrüche, im Herbst gelegentlich durch außergewöhnlich beständige Warmluftmassen ausgelöst werden.

Vor allem von Tagziehern ist bekannt, dass geographische Barrieren oder Leitlinien, wie z.B. Ästuar und große Wasserflächen, die Zugrouten beeinflussen. In der westlichen Ostsee lassen sich nach PFEIFER (1974) drei Hauptzugrouten unterscheiden:

- Südschweden – dänische Inseln (Seeland, Mon, Falster, Lolland) – Fehmarn (sog. „Vogelfluglinie“). Diese Route wird vor allem von tagziehenden Singvögeln sowie von Thermikseglern wie Greifvögeln bevorzugt. Es müssen dabei nur kurze Strecken über Wasserflächen zurückgelegt werden,
- Südschweden – Rügen. Diese Route wird neben Kranichen und Greifvögeln vermutlich im Frühjahr vor allem auch von Singvögeln benutzt, die vom Darß und von Rügen aus in Richtung Norden die Ostsee überqueren,

- vom Baltikum/Finnland/Sibirien kommend, dem enger werdenden Trichter der westlichen Ostsee in Richtung Südwest/West folgend. Unterschieden wird hierbei zwischen zwei küstennahen Hauptrouten 1) entlang der mecklenburgischen Küste und 2) entlang der Südküste Schwedens und den dänischen Inseln bis nach Fehmarn.

### 2.9.1.2 Zugrichtungen, Zuggeschwindigkeiten und Zugstrecken

Alljährlich ziehen viele Millionen Vögel von ihren nordischen Brutgebieten in ihre weiter südlich gelegenen Überwinterungsgebiete (BERTHOLD, 2000), wobei sie ihre Zugrichtungen den geographischen Gegebenheiten anpassen müssen. So wandern die Zugvögel höherer geographischer Breiten nicht einfach äquatorwärts, also auf der nördlichen Halbkugel in den Süden. Vielmehr gibt es aufgrund der geographischen und ökologischen Situationen recht komplizierte Wanderwege. In Europa und Afrika liegen Gebirge, Meere und Wüsten wie die Alpen, das Mittelmeer und die Sahara quer zur Nord-Süd-Richtung und schaffen für die Zugvögel schwierige Situationen, die komplizierte Zugverhältnisse hervorgerufen haben. Betrachtet man die Wanderwege mitteleuropäischer Singvögel, so ergibt sich für die Anfangsrichtungen ihres Wegzugs Folgendes: 45 Arten wandern in südwestlicher Richtung ab, 10 Arten ziehen nach Südosten, bei 13 Arten fallen die Zugrichtungen populationsweise zwischen Südwest und Südost, bei 3 Arten kommt es zu einem Trichterzug ins mittlere Mittelmeergebiet, und 16 Arten besitzen eine Zugscheide, die Südost- und Südwestzieher mehr oder weniger stark trennt (BERTHOLD, 2000). KNUST et al. (2003) konnten im deutschen Nord- und Ostraum an den Standorten Helgoland, Fehmarn und Rügen für den Wegzug die Hauptzugrichtung SW bis SSW feststellen. Auch OREJAS et al. (2005) stellten bei ihren Untersuchungen auf der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee im Herbst (Wegzug) die Hauptzugrichtung SW fest.

Auf dem Zug fliegen die Vögel nicht mit besonders hoher oder gar Höchstgeschwindigkeit, sondern eher mit optimaler Reisegeschwindigkeit, die je nach Situation zumindest theoretisch auf maximale Reichweite, optimale Flugmöglichkeiten oder minimale Reisedauer ausgerichtet sein kann (ALERSTAM and LINDSTRÖM, 1990, BERTHOLD, 1996). Von Singvögeln wurden Reisegeschwindigkeiten von 30-60 km/h, bei Vögeln von Taubengröße etwa 70-80 und bei Enten und Gänsen 90-100 km/h gemessen (BERTHOLD, 2000).

Die meisten der Kurzstreckenzieher ziehen immerhin bis in maritim beeinflusste Gebiete, z. B. bis Westfrankreich, die meisten Mittelstreckenzieher bis in den Mittelmeerraum, also etwa 1.000 km weit und die meisten Langstreckenzieher nach Afrika bis über die Sahara und damit mindestens 3.500 km. Die Zugstrecken-Rekordhalter unter allen rezenten Zugvögeln sind die Küstenseeschwalben (*Sterna paradisea*). Sie wandern regelmäßig von ihren arktischen Brutgebieten zumeist bis in antarktische Gewässer. Wegzustrecken sind durch Beringung bis etwa 22.000 km belegt. Daraus resultieren Jahresflugstrecken von mehr als 40.000 km. Auch Limikolen wie die Pfuhschnepfe (*Limosa lapponica*) und Singvögel wie der Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*) kommen auf Jahresflugstrecken von 30.000 km und mehr (BERTHOLD, 2000).

Bei vielen Langstreckenziehern kommt es zu beeindruckenden Nonstopflugeleistungen, vor allem beim Zug von nicht wassernden Arten über Meere sowie möglicherweise auch bei Zug über Wüsten hinweg. Sie betragen bei Limikolen der pazifischen Region (z.B. Knutt) etwa 5.000 – 7.000 km, z. B. zwischen nördlichen Brutgebieten und Ruhezielen auf Hawaii (BARTER, 1992, MARKS und REDMOND, 1994). Nonstopflugeleistungen betragen bei vielen anderen, auch bei vielen Kleinvögeln, über 1.000 km, wobei viele dieser Flugleistungen auf die Unterstützung durch Rückenwind angewiesen sind (TULP et al., 1994).

### 2.9.1.3 Zugintensitäten

Die saisonale Zugintensität ist eng mit den art- oder populationsspezifischen Lebenszyklen verknüpft (z.B. BERTHOLD, 2000). Neben diesen weitgehend endogen gesteuerten Jah-

resrhythmen in der Zugaktivität wird der konkrete Verlauf des Zuggeschehens von exogenen Faktoren bestimmt, wobei die Wetterverhältnisse eine bedeutende Rolle spielen. Obwohl noch immer Unsicherheiten über die konkreten Ursache-Wirkungs-Beziehungen bestehen (KNUST et al., 2003), gibt es einige grundsätzliche Regeln (ELKINS, 1988; RICHARDSON, 1990) - nach KNUST et al. (2003):

- Bei Schlechtwetterperioden herrscht geringe Zugaktivität (Niederschlag, starke Bewölkung, schlechte Sichtverhältnisse)
- Spezielle Großwetterlagen können die Zugaktivität steigern
- Lokale Wetterfaktoren bestimmen die konkrete lokale Zugaktivität.

Von allen Wetterfaktoren begünstigen insbesondere die Parameter Rückenwind und Vermeidung von Niederschlagsgebieten die Zugintensität (ALERSTAM and ULFSTRAND, 1972; ALERSTAM, 1990).

Auch während der Hauptzugzeiten gibt es beträchtliche Schwankungen in den Intensitäten von Tag zu Tag oder von Nacht zu Nacht. Aus Literaturquellen ist bekannt, dass sich z. B. der Breitfrontzug über der offenen See witterungsabhängig und artenspezifisch unterschiedlich gestaltet. Im Allgemeinen warten Vögel auf günstige Wetterbedingungen (z.B. Rückenwind, kein Niederschlag) für ihren Zug, um ihn so im energetischen Sinne zu optimieren. Nur wenn sich ausnahmsweise über längere Zeiträume keine optimalen Flugbedingungen einstellen, entsteht ein „Zugstau“ und die Vögel starten dann auch bei suboptimalen Bedingungen. Hierdurch konzentriert sich der Vogelzug auf einzelne Tage bzw. Nächte jeweils im Herbst bzw. Frühjahr. Nach den Untersuchungsergebnissen des F & E-Vorhabens (KNUST et al., 2003, S. 180) zieht die Hälfte aller Vögel in nur 5 bis 10 % aller Tage durch.

Weiterhin unterliegt die Zugintensität auch tageszeitlichen Schwankungen. KNUST et al. (2003) stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass sich unabhängig vom Standort und von der Jahreszeit ein generelles Muster ergibt. Die geringsten Aktivitäten waren in den Nachmittagsstunden zu verzeichnen, während die Zugaktivität ab einer Stunde nach Sonnenuntergang deutlich anstieg, um im Laufe der Nacht bis zum Sonnenaufgang wieder abzufallen. Auf FINO 1 wurde das Gros der Zugvögel in der Nacht erfasst, wobei nur an wenigen Tagen die relative Zugintensität in den Morgen- bzw. Abendstunden höher als in der Nacht war (OREJAS et al., 2005).

#### **2.9.1.4 Zughöhen**

Im Allgemeinen sinkt die Luftdichte mit zunehmender Höhe und der Vogel kann bei geringem Widerstand mit größerer Geschwindigkeit fliegen. Außerdem sind die mit der Höhe abnehmenden Temperaturen günstig für den Wasserhaushalt, da bei hohen Außentemperaturen der Wasserverlust auf langen Flugstrecken problematisch ist. Allerdings setzen abnehmender Sauerstoffdruck und steigender Energieverbrauch durch Wärmeausgleich der Zughöhe Grenzen.

Mit Hilfe von Radar wurden Flughöhen festgestellt, die im Extremfall bei fast 7.000 m über Grund liegen. Die Masse des Vogelzugs spielt sich jedoch in viel geringerer Höhe ab. Singvögel ziehen z. B. nachts meist unter 2000 m, viele sogar unter 1.000 m über Grund. Nennenswerte Anteile fliegen wahrscheinlich nur bis 200 m über Grund, sofern es die Topographie erlaubt. Über offenem Wasser scheint die Zughöhe ganz allgemein anzusteigen (BEZZEL and PRINZINGER, 1990).

Letztlich hängen die Flughöhen während des Zuges von verschiedenen Faktoren (z. B. Jahres- und Tageszeit, Wind- und Wetterverhältnisse) ab. Im Bereich der Nordsee stellten EASTWOOD and RIDER (1965) und JELLMANN (1989) im Frühjahr größere Flughöhen fest als im Herbst. Nachtzieher ziehen im Allgemeinen höher als Tagzieher. Im Rahmen des F & E-Vorhabens (KNUST et al., 2003) wurde festgestellt, dass die Flughöhe während der Nachmittagsstunden am niedrigsten war. In der ersten Nachthälfte stieg sie stark an, um in der zweiten Nachthälfte wieder auf geringere Höhen abzusinken.



Auch die Windverhältnisse haben großen Einfluss auf die Zughöhe. So konnten KRÜGER und GARTHE (2001) feststellen, dass Seetaucher und Meeresenten (Eiderente, Trauerente) bei Gegenwind häufig sehr flach über dem Wasser fliegen (weniger als 1,5 m hoch), bei Rückenwind steigen dagegen die Flughöhen. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass mit zunehmender Höhe in der Regel die Windstärke steigt. Durch die Anpassung der Flughöhe an die Windverhältnisse kann die Fluggeschwindigkeit stark erhöht und der Energieverbrauch deutlich vermindert werden (LIECHTI et al., 2000; LIECHTI und BRUDERER, 1998).

## **2.9.2 Vogelzug in der westlichen Ostsee – Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustands**

### **2.9.2.1 Daten zum Vogelzug**

Systematische Untersuchungen des Vogelzuges haben im Ostseeraum eine lange Tradition, schon 1901 wurde damit an der damaligen Vogelwarte Rossitten auf der Kurischen Nehrung begonnen. In Falsterbo an der Südspitze Schwedens wird der Vogelzug seit 1972 beobachtet und die Beringung von durchziehenden Vögeln betrieben (Lage der Fangstationen in Abbildung 58). Zudem wurden hier zahlreiche Experimente durchgeführt, die detaillierte Erkenntnisse über verschiedene Aspekte des Zugverhaltens lieferten (z. B. Zugrichtungswahl). Auf der schwedischen Seite befindet sich außerdem an der Südspitze der Insel Öland die seit 1948 betriebene Beringungsstation Ottenby. Eine weitere Beringungsstation befindet sich auf der dänischen Insel Christiansø in der Nähe von Bornholm (LAUSTEN and LYNGS, 2004). Seit 1995 wird auf der Insel Greifswalder Oie östlich von Rügen vom Verein Jordsand ein Registrierfang von durchziehenden Singvögeln durchgeführt (VON RÖNN, 2001).

Im Ergebnis der langjährigen Forschungsaktivitäten sind mehr als 1.000 Publikationen über den Vogelzug in der westlichen Ostsee entstanden. Von den Beringungsstationen liegen z. T. detaillierte Langzeitdaten vor, die eine Beurteilung von Bestandstrends erlauben. Der größte Teil dieser Daten bezieht sich auf den Singvogel- und Greifvogelzug, zum Teil sind aber auch Sichtbeobachtungen von Wasser- und Watvögeln vorhanden. Diese Zahlen beschreiben den Zug im küstennahen Bereich.

Langzeitdaten zu Zugaktivitäten über der offenen See gibt es kaum. Eine Ausnahme stellte lange Zeit das Feuerschiff im Fehmarnbelt dar (auf einem Schiff befindlicher Leuchtturm), von dem aus systematisch der Zug von Seevögeln über dem Meer beobachtet wurde (vom 1.9.1956 bis 31.5.1957). Das Zugverhalten über See wurde seit den 1970er Jahren für eine Reihe von Arten auch mittels Militärradar untersucht (Universität Lund, Schweden). Seit 2002 untersucht das Institut für Angewandte Ökologie (IfAÖ) im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Offshore-Windparks und Forschungsvorhaben des BMU (FKZ 0329948) den sichtbaren Vogelzug im deutschen Teil der Ostsee. Parallel wurde der Vogelzug bis 1.000 m Höhe mittels Vertikalradar quantifiziert (inzwischen > 600 Beobachtungstage).

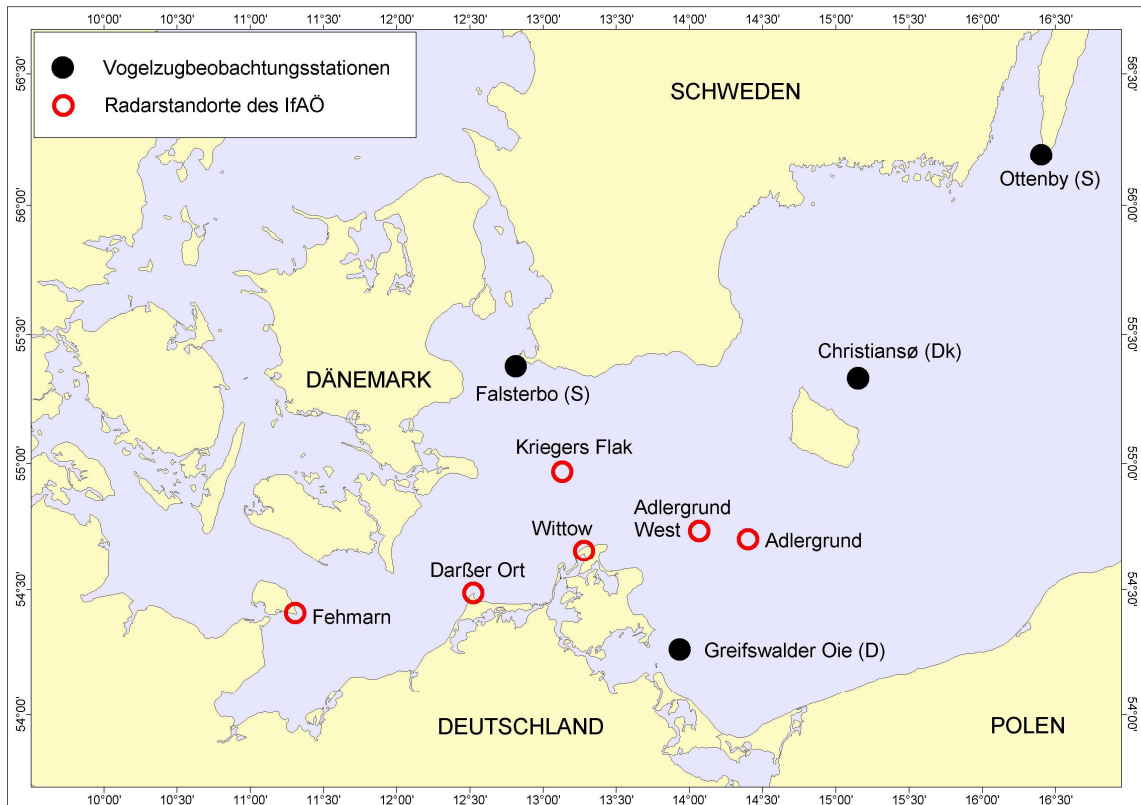


Abbildung 59: Vogelzugbeobachtungsstationen und Punkte der Radarerfassung des Vogelzuges des IfaÖ im Zeitraum 2002-2005 in der westlichen Ostsee (IfaÖ, 2005)

Für Bestandsschätzungen der Zugvogelpopulationen sind neben den Daten der Beringungsstationen auch verschiedene andere Quellen heranzuziehen (nationale Brutvogel-Monitoringprogramme in Skandinavien BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004). Für ziehende Sing- und Greifvögel sind die Brutbestände in Schweden und Finnland relevant (norwegische Vögel ziehen überwiegend über die Nordsee und die dänischen Inseln). Bei Seetauchern und Meerestenten sind dagegen die Populationsgrößen von Interesse, die auf dem Zug von ihren westsibirischen Brutgebieten zu ihren westeuropäischen Überwinterungsgebieten die Ostsee überqueren. Bestandsschätzungen von Watvögeln an den Rastplätzen entlang des „East Atlantic Flyway“ können dazu dienen, das Ausmaß des Zuges dieser Vogelgruppe im Ostseeraum abzuschätzen.

### 2.9.2.2 Beschreibung des aktuellen Zustands (räumliche Verteilung und zeitliche Variabilität)

Alljährlich ziehen im Herbst ca. eine Milliarde Vögel durch die westliche Ostsee (Tabelle 27). Im Frühjahr sind es auf Grund der hohen Mortalität der Jungvögel in ihrem ersten Winter erheblich weniger (200-300 Millionen). Mehr als 95 % dieser Vögel sind landlebende Kleinvögel (Passeriformes).

Tabelle 27: Bestandsschätzungen für Zugvögel verschiedenen Flugtyps im südlichen Ostseeraum (Angaben gelten nur für die Herbstsaison; errechnet nach HEATH et al. (2000) und Skov et al. (1998).

Zugtyp	Artengruppen	Herbstbestand
Wasservogel	Seetaucher, Lappentaucher, Ruderfußkrebse, Enten, Gänse, Säger, Watvögel, Möwen, Seeschwalben, Alken	10-20 Mio.
Landvögel: Thermiksegler	Greifvögel	< 0,5 Mio.
	Kraniche	60.000
Landvögel: Ruderflieger	Nachtzieher	500-600 Mio.
	Tag/Nachtzieher, reine Tagzieher	400-500 Mio.

Etwa 200 Vogelarten sind alljährlich am Vogelzuggeschehen in der westlichen Ostsee beteiligt. Hinzu kommen weitere 100 seltene Arten und Irrgäste. Im Folgenden wird das Zugverhalten getrennt nach Zugtypen/Artengruppen beschrieben.

### 2.9.2.3 Spezieller Teil

#### **Wasservogel (Ruderflieger, Tag-/Nachtzieher)**

Nur von einem Drittel der etwa 70 regelmäßig durch die westliche Ostsee ziehenden Wasservogelarten sind die genauen Zugrouten bekannt (nur Tagzieher mit Flughöhen < 200 m, Seetaucher, Gänse, Meerestenten, Seeschwalben. Viele Arten ziehen nachts, und/oder in großer Höhe (Tauchenten, Watvögel, z. B. GREEN, 2005. Die Flugwege der meisten Arten/Populationen durchqueren das Gebiet in Ost-West-Richtung, um von ihren arktischen Brutgebieten in Westsibirien in ihre westeuropäischen Winterquartiere zu gelangen (z. B. Gänse, Meerestenten, Strandläufer, Seetaucher. Diese Vögel orientieren sich oftmals entlang der Küstenlinien. Andere Arten/Populationen, die in skandinavischen Feuchtgebieten brüten und Süßwasserbiotope als Lebensraum nutzen, ziehen in Nord-Süd-Richtung (Feldgänse, Gründelenten, Säger, Wasserläufer. Diese Arten folgen vielfach tradierten, populationspezifischen Zugrouten. Nachts ziehende Arten fliegen vermutlich auch auf breiter Front (z.B. Schnepfen).

Bezogen auf Tagzieher gibt es drei bekannte Hauptrouten für Wasservogel durch die westliche Ostsee:

- Entlang der schwedischen Küste (Hauptroute der meisten Eiderenten, Weißwangengänse- und Ringelgänse),
- entlang der deutschen Küste (Hauptroute der meisten Trauerenten, sowie vieler Seetaucher und Seeschwalben),
- in Nord-Süd-Richtung (Schwäne, Feldgänse, Gründelenten, Säger.

Möwen und Alken ziehen über die offene See ohne Bindung an konkrete Routen (IFAÖ eigene Beobachtungen).

#### **Gänse**

Während des Herbstzuges überqueren die russische und die baltische Population der Weißwangengans (*Branta leucopsis*) und die Nominatform der Ringelgans (*Branta bernicla bernicla*) die Ostsee, um zu ihren Überwinterungsgebieten an der deutschen und niederländischen Küste (Weißwangengans) bzw. auch an die französische und britische Küste zu gelangen (Zugwege im Herbst, Abbildung 59). In der westlichen Ostsee fliegen die meisten dieser Gänse die südschwedische Küste entlang (siehe auch Frühjahrszug. Nur wenige tausend Vögel queren die Arkonasee und folgen der deutschen Küste.

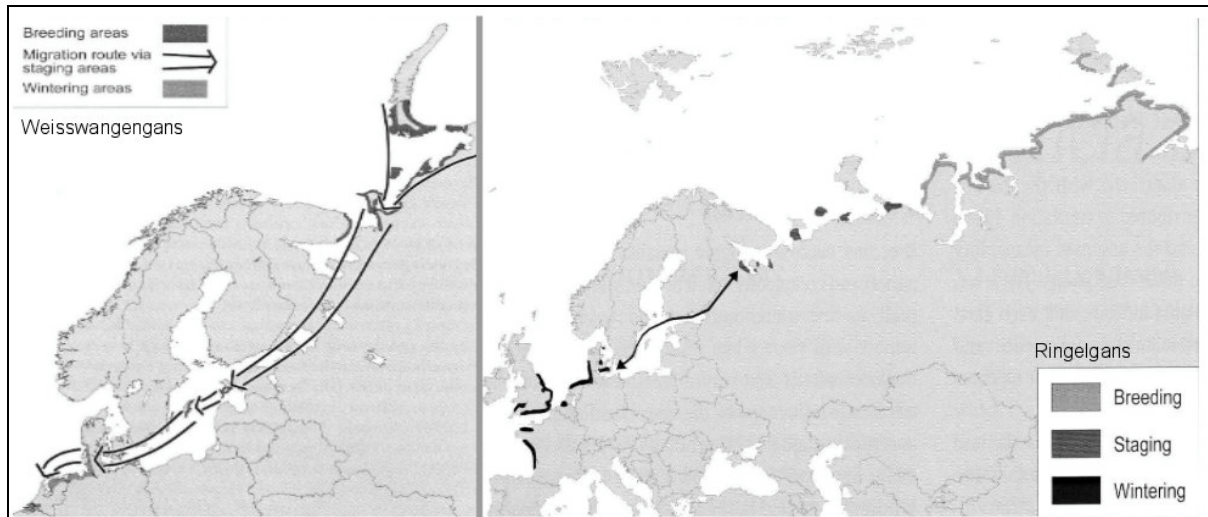


Abbildung 58: Zugweg der Weißwangengans und Ringelgans (aus MADSEN et al., 1999. Angegeben sind Brutgebiet (breeding area, breeding), Rastgebiete (staging), und Überwinterungsgebiete (wintering areas, wintering) sowie die Zugroute über Rastgebiete (migration routes via ...)).

Beim Verlauf des Frühjahrszuges in der westlichen Ostsee gibt es graduelle Unterschiede zwischen beiden Arten. Weißwangengänse fliegen in höherem Maße über der offenen See bzw. über die südlichste Spitze Südschwedens (87,2% in Zone 1, GREEN and ALERSTAM 2000), während Ringelgänse eher auch weiter über das Binnenland fliegen (70,5 % in Zone 1, Abbildung 60). Die mittlere Zugrichtung der Weißwangengans ist nordöstlich gerichtet (64°) während Ringelgänse eher östlich fliegen (85° in Lund, Schweden in den Jahren 1995-1997). Weißwangengänse ziehen im Frühjahr meist im April (Südschweden; Median 19. April), während Ringelgänse größtenteils innerhalb von zwei Wochen Ende Mai durchziehen (Abb. 60); Median 25. Mai. Die Hauptzugtage fallen dabei in Perioden mit Rückenwind, die selektiv bevorzugt werden. Beide Arten überfliegen die deutsche AWZ überwiegend im Bereich Kieler Bucht/Fehmarnbelt.

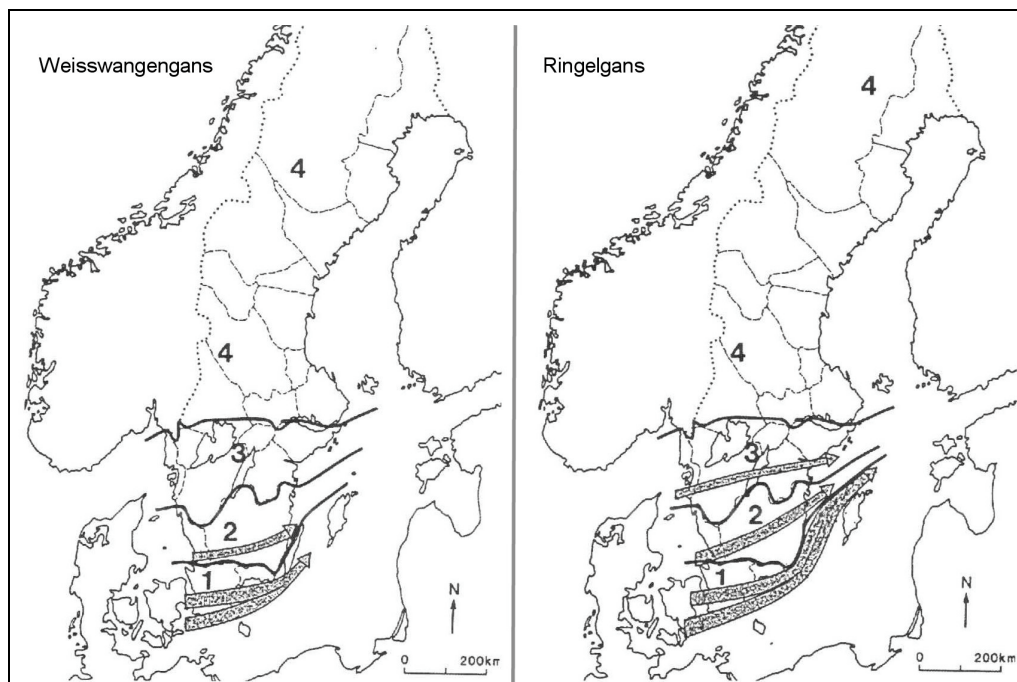


Abbildung 59: Hauptzug-Korridore von Weißwangengans und Ringelgans während des Frühjahrszuges nach beobachteter Zugintensität in den Jahren 1981-1995. Die Zahlen geben geographische Zonen an (aus GREEN, 1998)

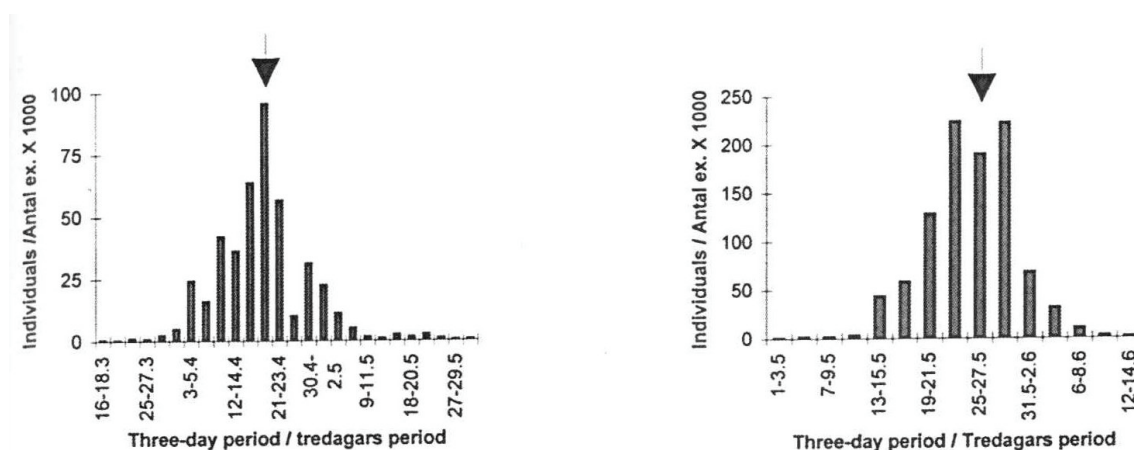


Abbildung 60: Saisonales Muster, in 3-Tages-Perioden (x-Achse: Three-day period), des Frühjahrszuges von Weißwangengans (links) und Ringelgans (rechts) in Schweden in den Jahren 1981-1995 (aus Green, 1998). Angegeben ist die Anzahl der Individuen x1000

Ringelgänse zeigen im Frühjahr höhere Fluggeschwindigkeiten als im Herbst, und sie ziehen dann in größeren Verbänden und in größeren Höhen (Mittel im Frühjahr: 341 m, Herbst 215 m; siehe Abbildung 62). Es gibt jedoch keine gesicherten Hinweise auf eine aktive Zeitersparnis im Frühjahr, sondern die Unterschiede werden mit flugenergetischen Anpassungen an höhere Körpermassen im Frühjahr erklärt.

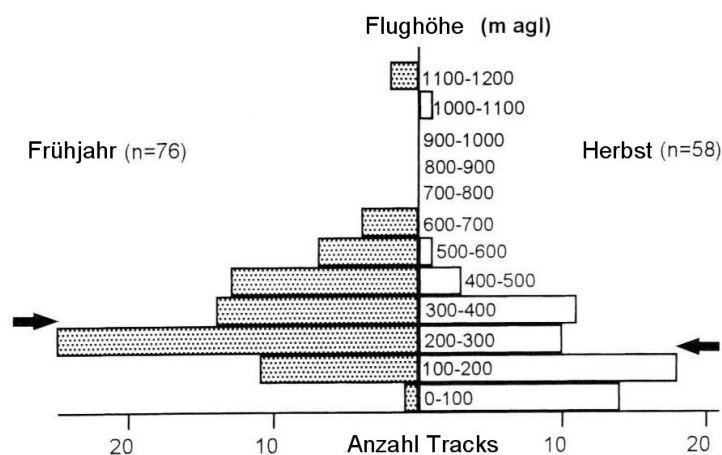


Abbildung 61: Verteilung der Flughöhen der Ringelgans in Südschweden im Frühjahr und Herbst. Pfeil: mittlere Flughöhe (m agl=Meter über Grund; nach GREEN and ALERSTAM, 2000)

Satellitenüberwachungen des Frühjahrszuges von Ringelgänsen von der holländischen Küste bis nach Taimyr (Sibirien) zeigten, dass im Laufe der gesamten Zugzeit bei durchschnittlich 16 Einzelflügen nur ca. 7 % der Zeit in aktivem Flug verbracht werden (GREEN et al., 2002). Etwa 80 % der Zeit wird während Langzeit-Rastaufenthalten verbracht, vornehmlich um Nahrung aufzunehmen. Da die gewählte Route ca. 16 % länger ist als die kürzeste Verbindung, wird geschlussfolgert, dass während des Frühjahrszuges nicht eine Zeitminimierung im Vordergrund steht, sondern die Möglichkeit, genügend Rastphasen einzulegen.

Andere Gänsearten ziehen vermutlich überwiegend in größeren Höhen über die Ostsee oder folgen vorzugsweise den Küsten. In 25 Jahren wurden auf der dänischen Insel Christiansø lediglich Blässgänse *Anser albifrons* in größerer Zahl beobachtet (LAUSTEN and LYNGS 2004). Auch bei den bisherigen Zugplanbeobachtungen des IfAÖ (insgesamt ca. 700 Beobachtungstage seit 2002) wurden überwiegend Blässgänse bei der Ostseeüberquerung gesehen. Bei der Graugans *Anser anser* (und auch beim Höckerschwan *Cygnus olor*) konnte im Mai

2003 ein auffälliger Mauserzug vom Darßer Ort zu den Dänischen Inseln in geringer Höhe (< 100 m) registriert werden (IfAÖ unveröff.).

### **Meeresenten**

Für Meeresenten stellt die südliche und westliche Ostsee ein wichtiges Durchzugsgebiet zu den Überwinterungsplätzen in der Nordsee und dem nördlichen Kattegat dar (Trauer- und Eiderente; auch Mauserzug). Obwohl der größte Teil des Zuges eher in Küstennähe verläuft (z. B. viele Meeresenten fliegen mit Sichtkontakt zu Landstrukturen), findet Meeresentenzug auch auf der offenen See statt (IfAÖ unveröff.).

Während des Frühjahrs findet der Heimzug der Eiderente entlang der südschwedischen Küste in einem relativ engen Korridor sehr küstennah statt (vgl. Abbildung 63). Dabei zeigen sie starken Bezug zu topographischen Strukturen (Küstenlinie): zunächst ziehen sie, aus dem Kattegat bzw. der Beltsee kommend, in Richtung Ost (z. T. über Land) und halten sich dann sehr konzentriert entlang der Küstenlinie in nordöstliche Richtung (ALERSTAM, 1990. Im Herbst verläuft der Zug in etwa auf derselben Route.

Obwohl Eiderenten sowohl tagsüber als auch nachts ziehen, liegt der Schwerpunkt der Zugbewegungen jedoch eindeutig am Tage. Radaruntersuchungen des Eiderentenzuges vor der Küste Südschwedens zeigten, dass weniger als 10 % des Gesamtzuges in die Dunkelheit fielen (ALERSTAM et al., 1974a). Vornehmlich durch günstige Witterung bedingt, kann ein Großteil des Eiderentenzuges an nur wenigen Tagen stattfinden. So wurden z.B. im Jahr 2001 in Südschweden (Skåne) insgesamt 408.717 Ind. gezählt, von denen 69.050 (ca. 17 %) am Kap von Sandhammaren an nur einem Tag passierten (größte Tagessumme dort am 12.10.1988 mit 174.600 Vögeln; ELLESTRÖM, 2002).

Der Frühjahrszug der Trauerente verläuft überwiegend entlang der deutschen Küste (Abbildung 63). Offensichtlich fliegen die meisten in der Nordsee überwinternden Trauerenten während des Heimzuges so weit südlich, dass sie auf den Weststrand des Darßes treffen und dann den Darßer Ort und anschließend das Kap Arkona relativ nah umfliegen. Im Frühjahr 2003 wurden allein am Darßer Ort ca. 9 % der biogeographischen Population (1,6 Mio. Ind., DELANY and SCOTT, 2002) festgestellt (WENDELN und KUBE, 2005). Bezogen auf den Winterbestand an der deutschen Ostseeküste westlich des Darßer Ortes und entlang der deutschen und niederländischen Nordseeküste (ca. 300.000 Ind., SKOV et al., 1995), der durch die südliche Ostsee zieht, entsprach die Anzahl der registrierten Frühjahrsdurchzügler ca. 47 %. Mit 35 % Anteil synchroner Beobachtungen (zu den Beobachtungen am Darßer Ort selbst) am Schiff auf See 20 km nördlich des Darßer Ortes im Frühjahr (24 % im Herbst) ist jedoch auch mit größeren Anzahlen von Trauerenten im Offshore-Bereich zu rechnen. Ein unbekannter Anteil der Vögel zieht nachts durch.

Während der Mauser- und der Herbstzug der Trauerenten nördlich von Kap Arkona auf Rügen sehr konzentriert verläuft (allein 50.000 bis 100.000 im Juli/August, NEHLS und ZÖLLICK, 1990), sind die Gesamtzahlen am Darßer Ort zu dieser Jahreszeit gering (WENDELN und KUBE, 2005). Offenbar verläuft der Herbstzug im Bereich zwischen Darßer Ort und Falsterbo nicht küstennah (Abbildung 63). Vermutlich steuern die Vögel vom Kap Arkona aus die dänische Insel Møn an.

Im Fehmarnbelt wurden im Frühjahr und Herbst 2005 entlang der deutschen Küste kaum Trauerenten beobachtet (IfAÖ unveröff.). Entweder verläuft der Zug konzentriert entlang der dänischen Küste, oder die Vögel ziehen in diesem Bereich bereits in großer Höhe, um Schleswig-Holstein anschließend bzw. vorher zu überfliegen (vgl. BERNDT und BUSCHE, 1991). Samtentenzug ist in der deutschen Ostsee kaum zu beobachten (GARTHE et al., 2003, WENDELN und KUBE, 2005). Offenbar gibt es zwischen den Hauptüberwinterungsgebieten im nördlichen Kattegat und in der Pommerschen Bucht kaum Austauschbewegungen. Ähnliches gilt für die Eisente. Von dieser Art überwintern nur wenige tausend Individuen westlich der

Darßer Schwelle. Zwischen den wichtigen Überwinterungsgebieten westlich bzw. östlich Rügens gibt es jedoch sehr intensive Austauschbeziehungen.

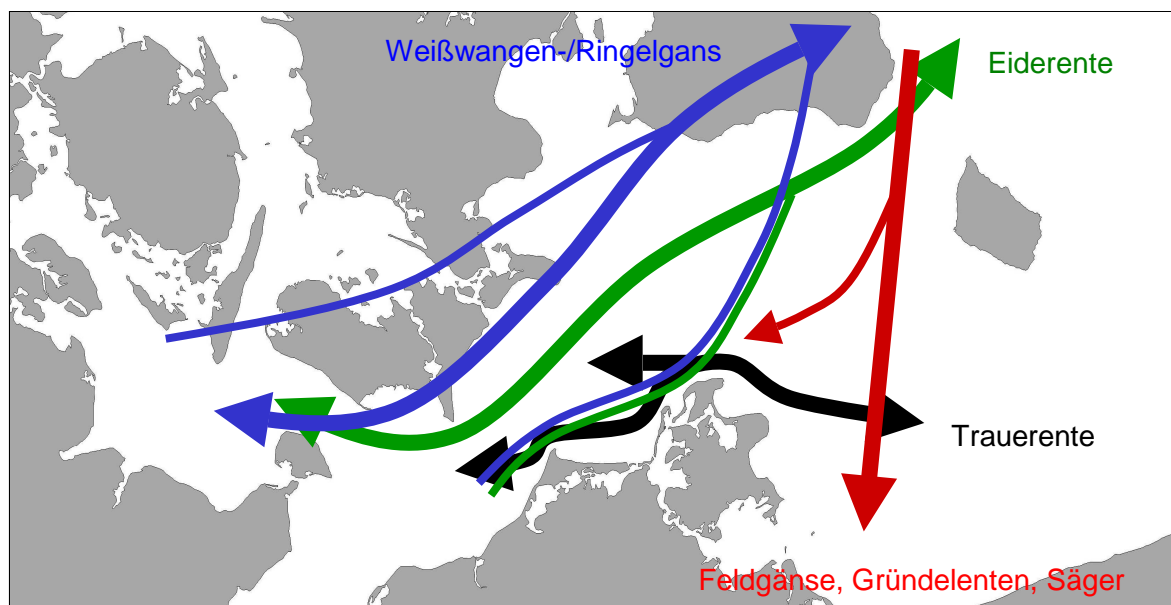


Abbildung 62: Schema ausgewählter Zugwege von Wasservögeln in der westlichen Ostsee (Zusammenstellung IfAÖ nach Literaturquellen und eigenen Beobachtungen in der Arkonasee)

Limnische Wasservogelarten mit skandinavischer Brutheimat (Schwäne, Gründel- und Tauchenten, Säger) ziehen nach den Beobachtungen des IfAÖ in Nord-Süd Richtung über die Arkonasee und steuern vermutlich überwiegend das Oderästuar (inkl. Greifswalder Bodden) an. Vögel, die auf die Nordküste Rügens treffen, schwenken dann nach West ab und folgen der Küstenlinie. Beobachtungen aus Südschweden lassen vermuten, dass die Vögel zunächst entlang der schwedischen Ostseeküste gezogen sind (FLYCKT et al., 2003, 2004). Auffällig ist bei vielen dieser Arten, dass generell nur wenige Individuen pro Saison gesehen werden (Ausnahmen Pfeifente und Mittelsäger, vgl. auch LAUSTEN and LYNGS, 2004). Dies spricht dafür, dass viele Entenarten wohl überwiegend nachts in großer Höhe ziehen.

#### **Feldgänse, Schwäne, Gründelenten und Säger**

Für Feldgänse, Schwäne, Gründelenten und Säger liegen derzeit keine ausreichenden Informationen vor, um den bestehenden Nord-Süd-Zug im Detail zu beschreiben.

#### **Watvögel aus der sibirischen Arktis**

Adulte Watvögel aus arktischen Brutgebieten (Strandläufer, Regenpfeifer, u. a.) ziehen über die Ostsee zumeist in großer Höhe hinweg ins Wattenmeer und überqueren dabei vielfach auch Südschweden. Die Jungvögel ziehen dagegen in kleinen Schritten entlang der Küsten und rasten dabei mehrfach in Windwatten (KUBE und STRUWE, 1994).

Im Frühjahr ziehen fast alle Limikolen in großer Höhe vom Wattenmeer aus nach Westsibirien. Ihre mittlere Flughöhe beträgt ca. 2.000 m (GREEN, 2005).

Grundsätzlich bevorzugen Limikolen Rückenwind zum Ziehen (GREEN, 2005). Bei starkem Gegenwind oder Niederschlag kommt es in der westlichen Ostsee gelegentlich zur Notrast oder zum Zug flach über der See entlang der schwedischen (im Herbst bei SW-Wind) bzw. deutschen Küste (im Herbst bei NW-Wind). Auf der offenen See werden Limikolen dagegen nur sehr selten registriert. Es überwiegen dabei Rufnachweise während der Nachtstunden (IfAÖ unveröff., ca. 200 Beobachtungstage 2002-2004).

## **Kraniche/ Greifvögel (Thermiksegler/Ruderflieger/Tagzieher)**

### *Kraniche*

Die Kraniche (*Grus grus*) Nordeuropas nutzen unterschiedliche Zugwege. Während östliche Populationen (Finnland, Baltikum) in Richtung S/SE ziehen (nach Israel, NW- und Ostafrika), fliegen Vögel der Teilpopulation, die dem westeuropäischen Zugweg von Norwegen, Schweden, Polen und Deutschland in ihre Winterquartieren nach Frankreich, Spanien und Nord-West-Afrika folgen, in Richtung Südwesten ab. Diese Population wird derzeit auf ca. 150.000 Individuen geschätzt (G. NOWALD pers. Mitt.).

Für die westliche Ostsee sind insbesondere die skandinavischen Vögel von Interesse, die auf dem Zug die Ostsee überqueren. Für diese Kraniche stellt die Rügen-Bock-Region den wichtigsten Rastplatz an der südlichen Ostseeküste dar (zeitgleich bis zu 40.000 rastende Kraniche).

Skandinavische Kraniche erreichen ihre Rastgebiete im Bereich der vorpommerschen Bodengewässer auf zwei Zugwegen: von Finnland aus partiell entlang der südlichen Ostseeküste und von Schweden aus durch einen non-stop Flug von 1-2 Stunden Dauer über das Arkona-Becken. Auf letzterem Zugweg sind schätzungsweise 50.000-60.000 Ind. unterwegs. Der Heimzug von den Rastplätzen in Vorpommern nach Schweden verläuft entgegengesetzt in nördlicher Richtung (ALERSTAM, 1990, Abbildung 64). Entsprechend sind die Flugrichtungen nach Radarmessungen in Südschweden Nord-Süd ausgerichtet (KARLSSON and ALERSTAM, 1974; ALERSTAM, 1975b). Eine zum Teil leicht östliche Ausrichtung während des Heimzuges lässt sich mit einer nur teilweisen Kompensation von Winddrift über See erklären. Über Land erfolgt dagegen vollständige Kompensation (ALERSTAM, 1975b). Für den Herbstzug ist über der Ostsee ebenfalls Winddriftkompensation möglich, da die Vögel bei Flughöhen von 200-1.000 m (KARLSSON and ALERSTAM, 1974, Abbildung 65) bereits beim Erreichen der deutschen AWZ-Grenze die Insel Rügen sehen können. Nördlich der Halbinsel Wittow kommt es somit wahrscheinlich zu einer enormen Bündelung des Zugeschens der Kraniche.

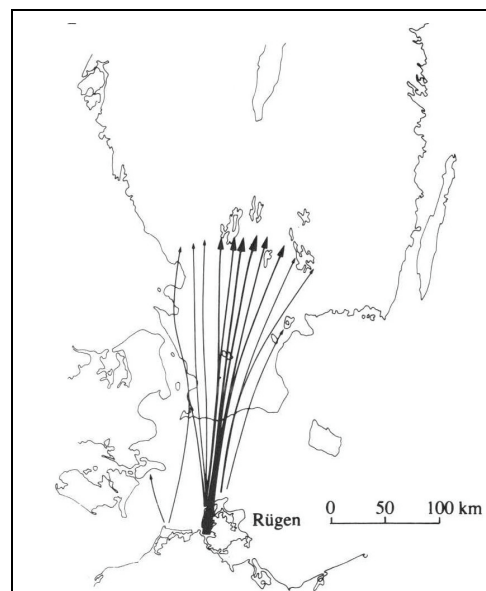


Abbildung 63: Verlauf des Frühjahrszuges von den Rastplätzen der Rügen-Bock-Region in Richtung Schweden (nach Radaruntersuchungen; aus ALERSTAM, 1990)



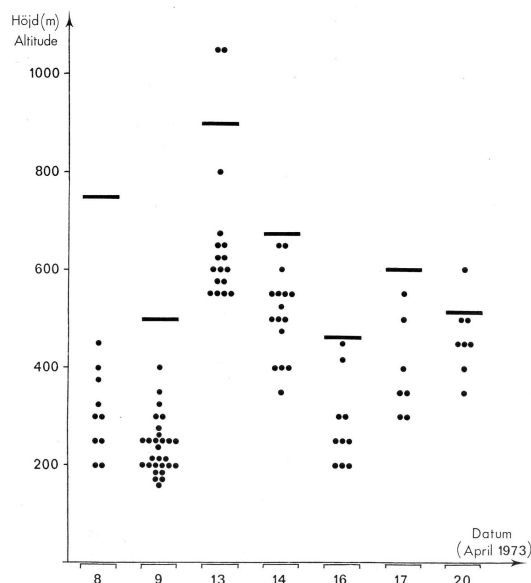


Abbildung 64: Zughöhen von Kranichen über Südschweden (Höhe über Radarstation=60 m über NN). Waagerechte Linie: Wolkenhöhe (aus KARLSSON and ALERSTAM, 1974).

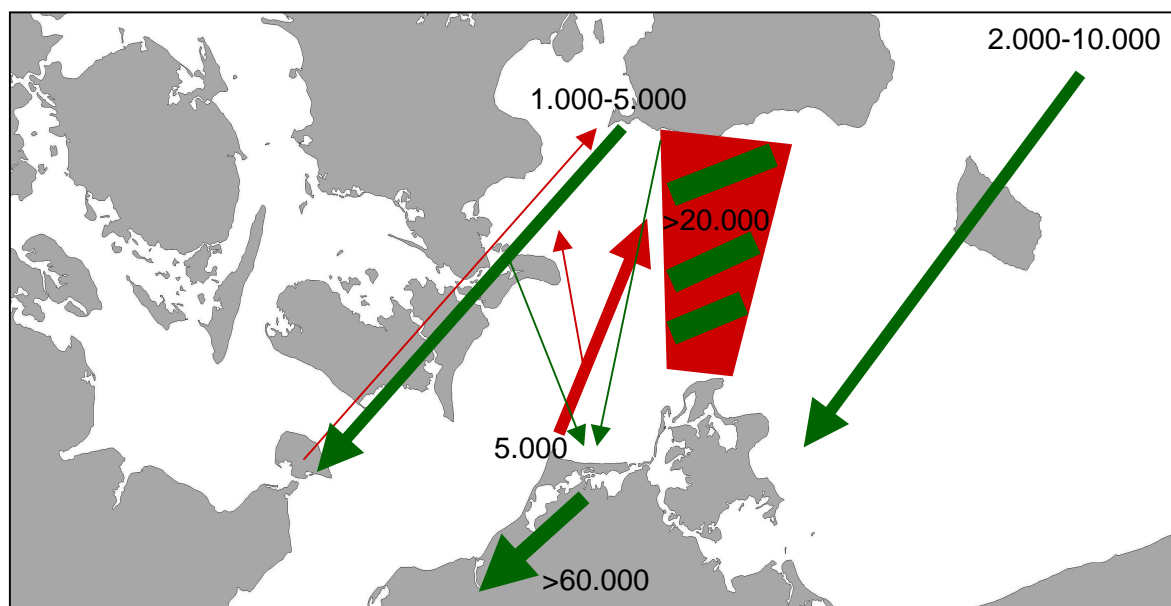


Abbildung 65: Schema der Kranichzugwege in der westlichen Ostsee

(rot=Heimzug, grün=Wegzug; Zusammenstellung IfaÖ nach Beobachtungsdaten von Falsterbo, Bornholm und eigenen Beobachtungen in der Arkonasee)

Kraniche gehören zu der Vogelgruppe, die aufgrund ihrer im Verhältnis zum Gewicht großen Flügelfläche zu den Thermikseglern zählen. Dabei wechseln Phasen mit ansteigenden Flughöhen in Thermikssäulen mit Gleitphasen ab. Dieses Verhalten ermöglicht eine sehr energiesparende Flugweise. Eine Ostseeüberquerung im Gleitflug ist jedoch aufgrund der zu überwindenden Strecke von ca. 80 km nicht möglich. Bei einer Starthöhe von 1.000 m können Kraniche über eine Strecke von maximal 16 km gleiten (ALERSTAM, 1990). Da über Meeresflächen keine Aufwinde vorkommen, müssen sie den größten Teil der Strecke in aktivem Ruderflug überwinden (anfangs vermutlich abwechselnd mit Gleitphasen). Dabei warten sie i. d. R. Wetterlagen mit Rückenwind ab (ALERSTAM and BAUER, 1973). Die Zuggeschwindigkeit hängt ebenfalls stark vom Wind ab, sie liegt im Mittel bei etwa 70 km\*h<sup>-1</sup> (ALERSTAM, 1975b). Flughöhen von 200-700 m wurden nach dem Überqueren der Ostsee im Frühjahr über der Süd-

spitze Schwedens gemessen (KARLSSON and ALERSTAM, 1974; vgl. Abb. 65). Die mittlere Flughöhe ist zumindest mit der Wolkenhöhe korreliert, was als Zeichen eines Einflusses der Wolkenhöhe auf die Wahl der Flughöhe gewertet werden kann. Konkrete Daten von Zughöhen über der offenen See gibt es bisher nicht. Unbekannt ist weiterhin, ob es saisonale Unterschiede in der Höhenverteilung der ziehenden Kraniche gibt.

### Greifvögel

Greifvögel zählen vielfach zu den Thermikseglern. Es gibt aber auch Arten, die im Ruderflug ziehen (z. B. Sperber, Fischadler, Falken). Während die Mehrzahl der tagziehenden Greife schwedischer Populationen im Herbst über Falsterbo der „Vogelfluglinie“ folgt, kreuzt ein Teil die Ostsee in Nord-Süd-Richtung (z. T. artspezifisch, z.B. Raufußbussard). So zeigen z. B. die Zugmuster von Sperbern, die in Falsterbo und in Ottenby beringt wurden, parallel versetzte Brut- und Überwinterungsgebiete (Abbildung 67): die weiter östlich brütenden Vögel ziehen vermutlich auch entlang einer weiter östlich liegenden Route und müssen demnach beim Überqueren der Ostsee auch größere Wasserflächen überfliegen. Greifvögel, die im Herbst vornehmlich der „Vogelfluglinie“ folgen, haben eine Zugrichtung, die um 200-220° liegt (z.B. Mäusebussard Abbildung 68 links). Greifvögel, die vornehmlich die offene See zwischen der südschwedischen Küste und mecklenburgischen Küste queren, ziehen stärker in südliche Richtung (Abbildung 68 rechts).

Alljährlich ziehen im Herbst bis zu 50.000 skandinavische Greifvögel über Falsterbo nach Süden (Sperber bis 25.000, Mäusebussard bis 15.000, Wespenbussard bis 8.000, Roter Milan bis 1.500, andere Arten < 1.000; [http://www.skof.se/fbo/index\\_s.html](http://www.skof.se/fbo/index_s.html)). Diese Vögel queren anschließend den Fehmarnbelt. Je nach vorherrschender Windrichtung erfolgt die Querung dieses Seegebietes auf etwas breiterer Front (KOOP, 2005). Die Zughöhe der Greife liegt überwiegend über 50 m (IfAÖ eigene Beob., 2005).

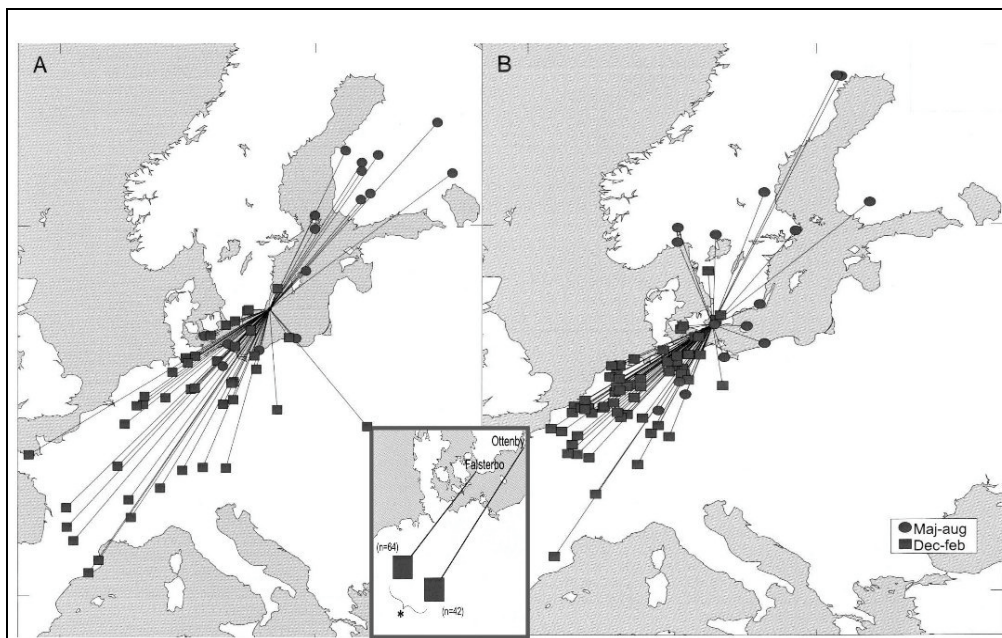


Abbildung 66: Ringwiederfunde des Sperbers, beringt während des Herbstzuges beringt in Ottenby (A; n=58) und Falsterbo (B; n=80), während der Brutzeit (Mai-August) und im Winter (Dezember-Februar). Kleines Bild: mittlere Positionen (FRANSSON and PETTERSSON, 2001)

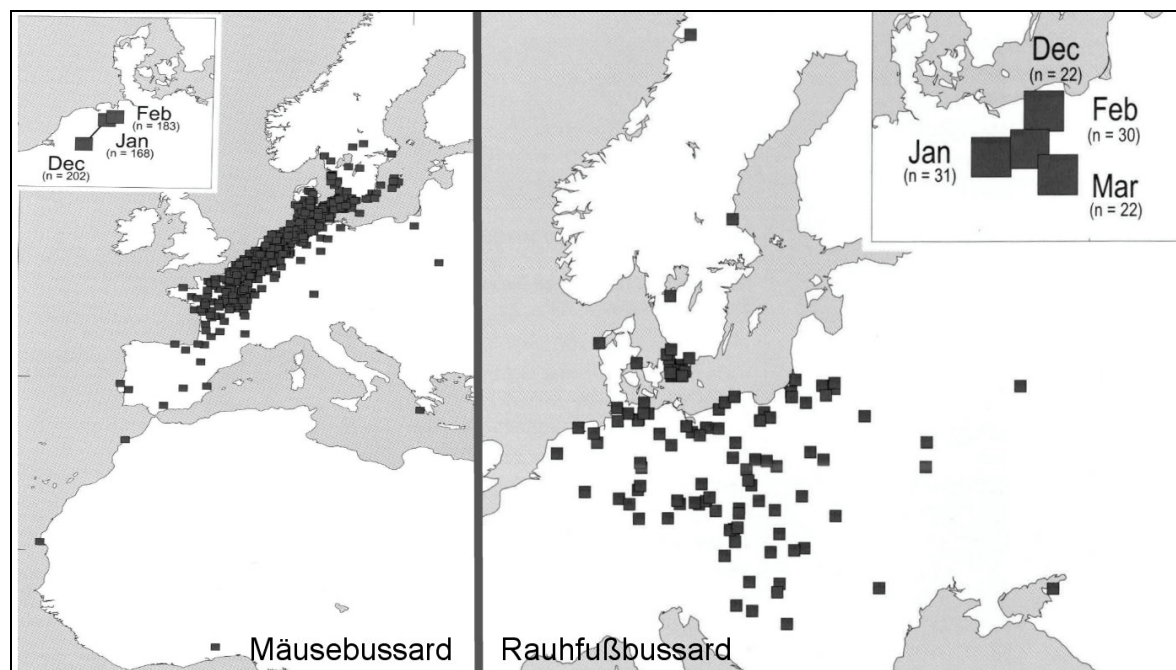


Abbildung 67: Ringwiederfunde in den Wintermonaten vom Mäusebussard (links, „Vogelfluglinie“) und Raufußbussard (rechts, S-Zieher) beringt in Falsterbo. Kleine Bilder: mittlere Positionen in den einzelnen Monaten (FRANSSON and PETTERSSON, 2001).

Während des Frühjahrszuges ist der Fehmarnbelt für ziehende Greifvögel wenig bedeutsam. Vermutlich ziehen viele Vögel zu dieser Jahreszeit über Schleswig-Holstein und die dänischen Inseln nördlich am Fehmarnbelt vorbei. Ein nicht unerheblicher Teil folgt jedoch auch der südlichen Ostseeküste und quert die westliche Ostsee vom Darßer Ort und von Arkona (Insel Rügen) aus. Die Populationsanteile einiger Arten sind am Darßer Ort beachtlich (Tabelle 28). Für Rügen fehlen Daten.

Tabelle 28: Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2002 und 2003 mit dem Frühjahrszug 2003 am Darßer Ort (M-V). Anzahlen beobachteter Individuen (IfAÖ unveröff. Daten)

	Falsterbo Herbst 2002	Falsterbo Herbst 2003	Darßer Ort Frühjahr 2003	Falsterbo 2002/ Darß 2003	Falsterbo 2003/ Frühjahr 2003
Wespenbussard	3.232	3.076	574	5,63	5,36
Rotmilan	1.148	1.441	390	2,94	3,69
Rohrweihe	801	969	142	5,64	6,82
Sperber	13.478	24.648	1.446	9,32	17,05
Mäusebussard	8.607	14.203	1.820	4,73	7,80
Raufußbussard	374	153	442	0,85	0,35
Fischadler	234	303	57	4,11	5,32
Turmfalke	385	943	41	9,39	23,00
Merlin	182	405	17	10,71	23,82
Baumfalke	47	61	24	1,96	2,54

Thermiksegelnde Greifvögel schrauben sich über der Halbinsel Darß in mehrere 100 m Höhe und beginnen dann ihren Zug. Über der Arkonasee lassen sich mittels Sichtbeobachtungen nur wenige ziehende Greifvögel nachweisen (IfAÖ eigene Beob.). Möglicherweise ziehen die Greife im Frühjahr überwiegend in >200 m Höhe (oberhalb des Sichtbereiches). Thermiksegelnde Greife fliegen über anderen – wenn auch schmalere – Meeresgebieten überwiegend in größerer Höhe (z.B. bei der Überquerung Gibraltars selten unter 400 m, Meyer et al., 2000). Im Herbst, wenn die Vögel mitunter gegen den Wind fliegen müssen, sind die Zughöhen im Bereich der „Vogelfluglinie“ dagegen oft geringer (Falsterbo/Fehmarnbelt).

## Landvögel (Ruderflieger)

### Landvögel (Tagzieher)

Viele Landvogelarten ziehen am Tag (Tabelle 17). Neben den bereits beschriebenen Greifvögeln sind dies Tauben und Singvögel. Unter den Singvögeln zählen vor allem Kurzstreckenzieher zu den Tagziehern (vor allem Körnerfresser, wie Finken und Ammern; aber auch Pieper, Stelzen, Meisen und Krähen). Von den Langstreckenziehern bilden Schwalben als reine Tagzieher eine Ausnahme. Z. T. gehören tagziehende Landvögel zu den häufigsten Brutvogelarten in Skandinavien. In Bezug auf die westliche Ostsee sind dabei insbesondere die schwedischen und partiell auch finnische Brutvögel von Relevanz (siehe Ringfunde in LAUSTEN and LYNGS, 2004).

Tabelle 29: Populationsgrößen (Anzahl der Brutpaare in der Mitte der 1990er Jahre) für eine Auswahl an Singvogelarten in Schweden (nach: HAGEMEIJER and BLAIR, 1997; HEATH et al., 2000, SKOV et al., 1998). Zuordnung nach Tag- und Nachtzieher nach Gatter, 2000

Art	Anzahl Brutpaare
<b>Tag- und Nachtzieher</b>	
Mauersegler <i>Apus apus</i>	200.000-400.000
Feldlerche <i>Alauda arvensis</i>	700.000-1.000.000
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	750.000-1.000.000
Amsel <i>Turdus merula</i>	1.000.000-2.000.000
<b>Tagzieher (N=teilweise Nachtzug)</b>	
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i> (N)	500.000-1.000.000
Uferschwalbe <i>Riparia riparia</i>	100.000-200.000
Rauchschwalbe <i>Hirundo rustica</i>	150.000-300.000
Mehlschwalbe <i>Delichon urbica</i>	100.000-200.000
Wiesenpieper <i>Anthus pratensis</i>	500.000-1.000.000
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i> (N)	3.500.000-7.000.000
Bachstelze <i>Motacilla alba</i>	500.000-1.000.000
Schafstelze <i>Motacilla flava</i>	100.000-200.000
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i> (N)	1.000.000-2.500.000
Misteldrossel <i>Turdus viscivorus</i>	75.000-200.000
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i> (N)	750.000-1.500.000
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	400.000-1.000.000
Kohlmeise <i>Parus major</i>	1.000.000-3.000.000
Feldsperling <i>Passer montanus</i>	400.000-900.000
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>	7.500.000-15.000.000
Bergfink <i>Fringilla montifringilla</i> (N)	500.000-2.000.000
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>	250.000-650.000
Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i>	400.000-1.000.000
Bluthänfling <i>Carduelis cannabina</i>	100.000-250.000
Birkenzeisig <i>Carduelis flamma</i>	250.000-1.000.000
Fichtenkreuzschnabel <i>Loxia curvirostra</i>	100.000-500.000
Rohrhammer <i>Emberiza schoeniclus</i> (N)	500.000-1.000.000

Der Zug tagziehender Landvögel folgt in der westlichen Ostsee zwei Grundregeln:

- Viele Tagzieher bevorzugen die Querung der Ostsee im Bereich der dänischen Inseln. Dabei fliegen sie partiell im sichtbaren Bereich (Flughöhe < 50-100 m). Ringeltauben ziehen z. B. über dem schwedischen Binnenland im Breitfrontenzug, im Bereich der Südspitze Schwedens bei Falsterbo kommt es jedoch zu einer deutlichen Zugbündelung (Abbildung 69). Ringeltauben werden in großer Zahl bei Falsterbo und auf Fehmarn beobachtet ([http://www.skof.se/fbo/index\\_s.html](http://www.skof.se/fbo/index_s.html); KOOP 2005).
- Tagzieher meiden die Querung der Arkonasee bei Tag in geringer Höhe (< 100 m, Abbildung 70). Sie ziehen entweder in sehr großen Höhen (z.B. Buchfink > 1.000 m, IfAÖ eigene Beobachtungen) oder z. T. auch nachts (z.B. Feldlerche, Star, Bergfink).

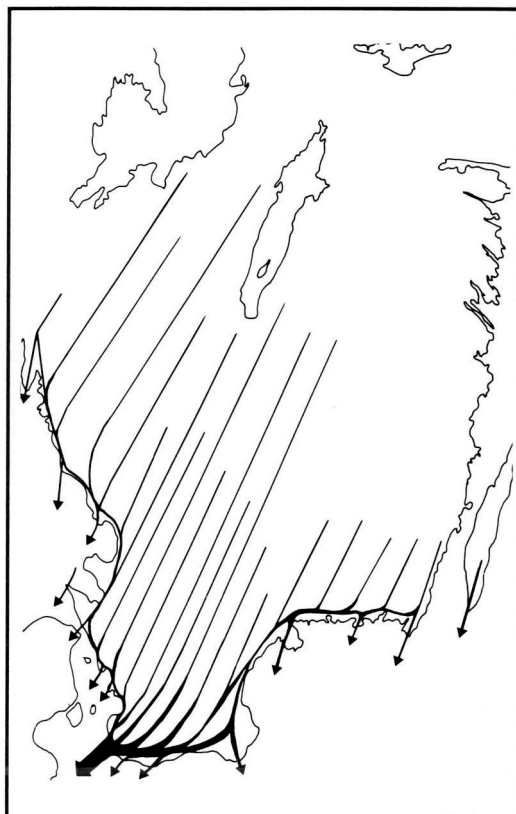


Abbildung 68: Schematische Darstellung der Zugbündelung in Falsterbo (Südschweden) am Beispiel der Ringeltaube (aus: KARLSSON,1992)

Angesichts der methodischen Schwierigkeiten bei der Erfassung von tagziehenden Landvögeln über See (nur mit Zielfolgeradar möglich), ist über das Zugverhalten dieser Arten kaum etwas bekannt. Nur von einigen Arten weiß man, dass sie in breiter Front die Ostsee überqueren (z.B. Schwalben, Stelzen und Pieper, siehe Beispiele in Tabelle 29)

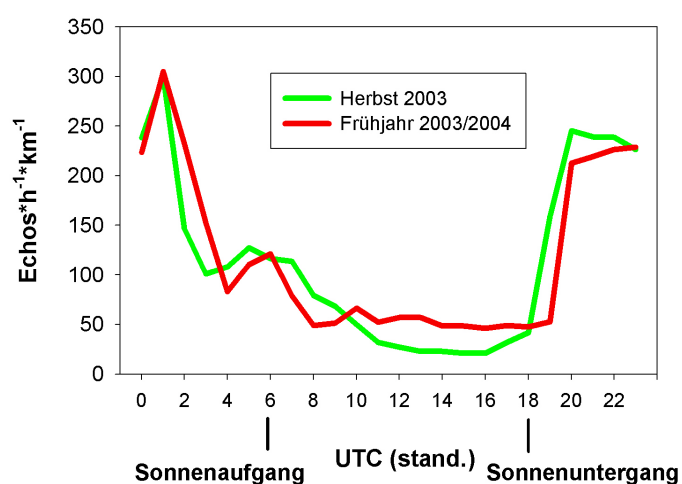


Abbildung 69: Mittlere Zugintensität (Zugrate ausgedrückt als Echos h<sup>-1</sup>km<sup>-1</sup>) im Tagesverlauf am Kriegers Flak 2002-2004 bis 1.000 m Höhe (Vertikalradarmessungen, IfAO unveröff.)

Tabelle 30: Sichtbarer Anteil des herbstlichen Zugvolumens häufiger skandinavischer Tagzieher

	<b>Buchfink</b> <i>Fringilla co- elebs/</i>	<b>Feldlerche</b>	<b>Wiesenpieper</b>
	<b>Bergfink</b> <i>F.montifringilla</i>	<i>Alauda arvensis</i>	<i>Anthus pratensis</i>
<b>mittlere Zugrate [ind.*h<sup>-1</sup>]</b>			
Falsterbo	1.002,0	4,7	16,5
Kriegers Flak	1,1	0,2	0,5
Adlergrund	3,8	0,5	1,9
Darßer Ort	22,3	4	4,1
<b>sichtbarer Zug</b>			
mittlere Summe pro Saison in Falsterbo (1973-2001) <sup>1</sup>	746.241	1.302	8.260
mittlere Summe pro Saison offshore <sup>2</sup>	435.600	79.200	165.000
<b>Brutbestand Schweden/Zugvolumen</b>			
Brutpaare <sup>3</sup>	13.000.000	700.000	750.000
Summe Individuen im Herbst <sup>4</sup>	52.000.000	2.800.000	3.000.000
<b>% sichtbar</b>			
Falsterbo	1,44	0,05	0,28
offshore zwischen Møn und Bornholm	0,84	2,83	5,50
<b>Summe % sichtbar</b>	2,27	2,88	5,78
<b>Summe % unklar</b> Zug über die dänischen Inseln/ hoher Zug/ Nachtzug/ Überwinterung in Skandinavien	<b>97,73</b>	<b>97,12</b>	<b>94,22</b>

1 [http://www.skov.se/fbo/index\\_e.html](http://www.skov.se/fbo/index_e.html)

2 Annahme: Breitfrontenzug schwedischer Brutvögel, Zugraten am Kriegers Flak als Basis für Seegebiet Zw. Møn und Bornholm (150 km), max. Erfassungsdistanz am Schuff (Daten IfAÖ unveröff.)

3 Anzahl Brutpaare nach HEATH et al., (2001) unter Berücksichtigung des Trends (<http://www.bio.lu.se/zooekologi/birdmonitoring/index.html>)

4 konservative Schätzung der Reproduktionsrate (= 2 flügge juv. pro Paar): Zugvolumen Herbst = (2ad. + 2 juv.)\*Anzahl Brutpaare

### Landvögel (Nachtzieher)

Nachtzieher stellen mehr als die Hälfte aller Zugvögel in der westlichen Ostsee (Lang- und Kurzstreckenzieher, Tabelle 30). Zu den ausgesprochenen Nachtziehern zählen vor allem insektenfressende Kleinvoegel wie Grasmücken, Laubsänger, Fliegenschnäpper, Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), aber auch Drosseln (Tabelle 19). Nachts können ebenfalls eine Reihe von Vogelarten ziehend beobachtet werden, die auch tagsüber ziehen (Enten, Gänse, Schwäne, Watvögel und Möwen). Oft liegt der Schwerpunkt des Zuges dieser Arten jedoch am Tag. Radaruntersuchungen des Eiderentenzuges vor der Küste Südschwedens zeigten z.B., dass etwa 10-20 % des Gesamtzuges in die Dunkelheit fielen (ALERSTAM et al., 1974a).

Tabelle 31: Populationsgrößen (Anzahl der Brutpaare in der Mitte der 1990er Jahre) für eine Auswahl an nachziehenden Vogelarten in Schweden (nach: HAGEMEIJER and BLAIR, 1997; HEATH et al., 2000; SKOV et al., 1998). Zuordnung nach Tag- und Nachtzieher nach GATTER (2000).

Art (T=teilweise Tagzug)	Anzahl Brutpaare
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>	40.000-75.000
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	100.000-500.000
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	3.000.000-6.000.000
Sprosser <i>Luscinia luscinia</i>	20.000-50.000
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	100.000-300.000
Steinschmätzer <i>Oenanthe oenanthe</i> (T)	100.000-300.000
Braunkehlchen <i>Saxicola rubetra</i>	200.000-500.000
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i> (T)	1.500.000-3.000.000
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i> (T)	1.000.000-2.000.000
Schilfrohrsänger <i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	50.000-200.000
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>	10.000-30.000
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>	50.000-100.000
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>	150.000-400.000
Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>	500.000-1.000.000
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i> (T)	1.000.000-3.000.000
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i> (T)	400.000-1.000.000
Waldlaubsänger <i>Phylloscopus sibilatrix</i>	150.000-300.000
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i> (T)	100.000-400.000
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i> (T)	10.000.000-16.000.000
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i> (T)	2.000.000-5.000.000
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i> (T)	500.000-1.200.000
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	1.000.000-2.000.000
Neuntöter <i>Lanius collurio</i>	26.000-34.000

Der größte Teil des nächtlichen Vogelzuges vollzieht sich in Form von Breitfronten-Bewegungen. Die Vögel einzelner Teilpopulationen fliegen, entsprechend ihrer (vornehmlich endogen) festgelegten Zugrichtung, in parallelen benachbarten Sektoren, sodass flächendeckende Zugmuster entstehen (z. B. BERTHOLD, 2000).

Einen Hinweis auf Breitfrontenzug ergeben z. B. Vergleiche von Fangzahlen der Beringungsstationen Falsterbo und Ottenby, die ca. 240 km voneinander entfernt liegen. Wintergoldhähnchen wurden dort über eine Zeitspanne von über 20 Jahren jährlich in nahezu identischen Anzahlen gefangen (Abbildung 71). Auch Besonderheiten, wie z. B. der fast komplette Ausfall des Wintergoldhähnchenzuges im Jahr 2002 spiegeln sich in beiden Fangstationen wider. Dies kann nur damit erklärt werden, dass die nachts ziehenden Vögel in breiter Front südwärts ziehen.

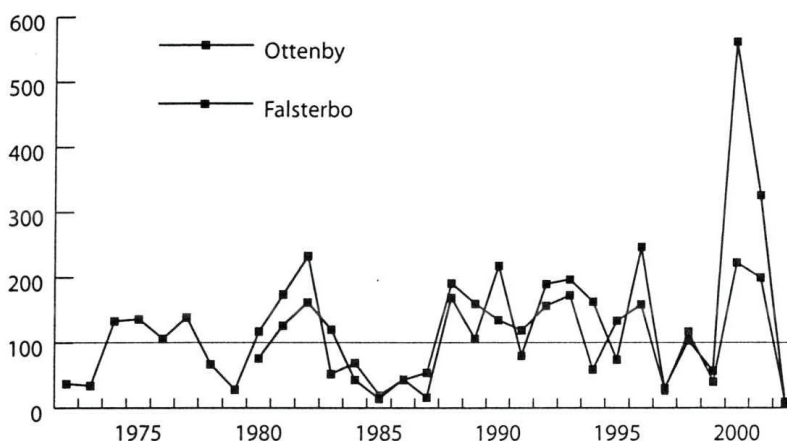


Abbildung 70: Fangzahlen des Wintergoldhähnchens an den Stationen Ottenby und Falsterbo für die Jahre 1980-2002 (Falsterbo) bzw. 1972-2002 (Ottenby). Angegeben ist ein Index, der auf die mittlere Fangzahl der Jahre 1983-1992 bezogen ist (=100; aus: GRENNMYR, 2003).

Die Hauptzugrichtung von Nachtziehern ist für viele Arten gleich. Im Herbst beträgt sie etwa 210° und im Frühjahr 30° (Tabelle 32). Daneben gibt es Arten, deren Winterquartiere in südöstlicher Richtung liegen (z. B. Sperbergrasmücke, Sumpfrohrsänger, Klappergrasmücke, Neuntöter u.a.). Es kommt aber auch bei Nachtziehern mit Hauptzugrichtung Südwest regelmäßig zu starken Zugbewegungen in Richtung Südost, insbesondere in Verbindung mit nordwestlichen Winden (Abbildung 72). Das aktive Wählen einer Zugrichtung in Abhängigkeit von der Windrichtung wird auch als „Pseudodrift“ bezeichnet. Die mittlere Zugrichtung von Drosseln an 12 Messtagen in den Jahren 1972 und 1973 betrug z.B. entgegen der Erwartung 146° bei einer durchschnittlichen Windrichtung von 302° (ALERSTAM, 1975a). Diese Vögel kamen offensichtlich aus Norwegen und Westschweden. Entweder überwintert ein Teil der Herbstpopulation auch in östlicheren Regionen, oder sie ändern nach Überquerung der Ostsee ihre Zugrichtung und fliegen dann weiter in Richtung Westeuropa. Eine Selektion der Zugroute entsprechend der vorherrschenden Windrichtung ist ebenfalls denkbar.

Tabelle 32: Zugrichtungen verschiedener Vogelarten/-gruppen in Südschweden im Herbst. Codierungen: METHODE A: Beringung/Wiederfund (Ort=Beringungsort), B: Infrarot-Kamera; C: Radiotelemetrie; QUELLE: 1) SANDBERG and ÅKESSON, 1999; 2) ZEHNDER et al., 2001; 3) ÅKESSON et al., 2001; 4) ÅKESSON, 1999

Art	Zugrichtung (°)	n	Methode	Quelle
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	222	31	A	1
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>	219/216	32/123	A	1 / 4
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	220	130	A	1
Rohrammer <i>Emberiza schoeniclus</i>	216/214	83/58	A	1 / 4
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>	195	27	C	3
Singvögel allgemein, Nacht	219	17411	B	2
Kurzstreckenzieher, Tag	208	15	A	4
Mittelstreckenzieher, Nacht	213	74	A	4
Schilfrohrsänger <i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	197	47	A	4
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	214	8	A	4
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	209	6	A	4
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	197	11	A	4

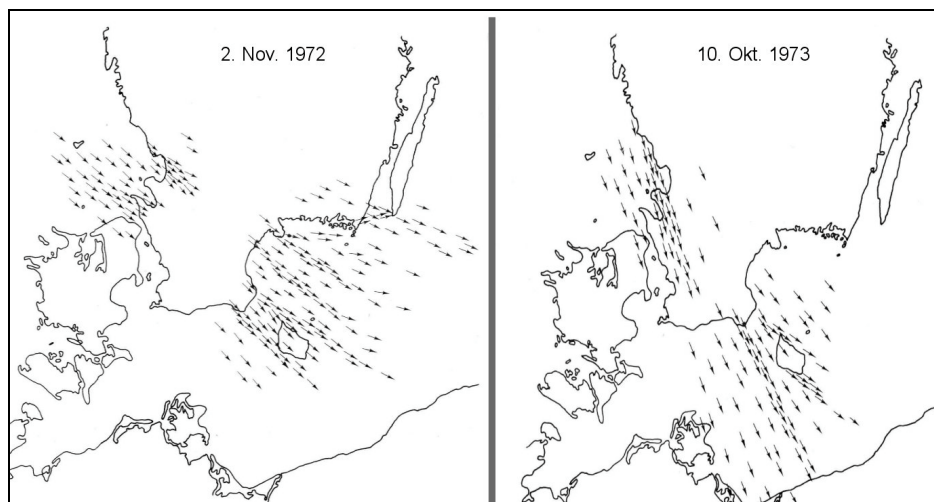


Abbildung 71: Zugbewegungen von Rotdrosseln (und z.T. Wacholderdrosseln) an zwei Tagen in Südschweden nach Radaraufzeichnungen (aus ALERSTAM, 1975a)

Landvögel queren die Ostsee im gesamten Jahresverlauf. Allerdings gibt es dabei saisonale Unterschiede. Bisher existiert nur eine ganzjährige Studie zum saisonalen Verlauf der Zugintensität (Messungen des IfAÖ am Darßer Ort 2002-2003 mittels Vertikalradar). Diese ergab hohe Zugintensitäten von März bis Mai (Heimzug) und im September/Oktober (Wegzug). Innerhalb der Hauptzugzeiten variiert die Zugintensität sehr stark von Tag zu Tag (Abb. 73). Ursache dieser Variationen sind Unterschiede in den Witterungsbedingungen, wobei die



Windverhältnisse oftmals die entscheidende Rolle spielen (vgl. LIECHTI and BRUDERER, 1998; ERNI et al., 2002).

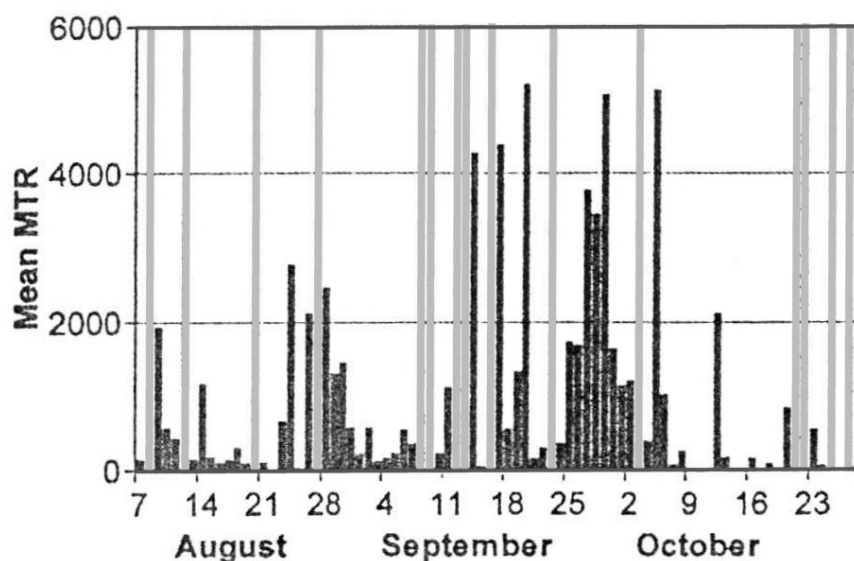


Abbildung 72: Saisonales Muster von nächtlichen Durchzugsraten (MTR=mean traffic rate=Vögel pro Kilometer und Stunde) bei Falsterbo im Jahre 1998. Graue Säulen: keine Messungen wegen Regen. Aus: ZEHNDER et al., 2001

Grundsätzliche Unterschiede in den saisonalen Zugphänologien bei nachts ziehenden Singvögeln bestehen zwischen Lang- und Kurz-/Mittelstreckenziehern. Kurz- und Mittelstreckenzieher (z.B. Wintergoldhähnchen, Zaunkönig, Drosseln, Rotkehlchen) ziehen früher ins Brutgebiet (oft schon im März/April) und verlassen dieses auch später (September bis November), während die Brutzeit von Langstreckenziehern (z.B. Grasmücken, Rohrsänger, Fliegenschnäpper, Gelbspötter *Hippolais icterina*) wesentlich kürzer ist, d.h. sie kommen oft erst im Mai/Juni und verlassen das Brutgebiet schon wieder ab Ende Juli/Anfang August (Tabelle 33).

Tabelle 33: Zugphänologie nachts ziehender Singvögel in Frühjahrs und Herbst in Südschweden (Falsterbo). Angegeben sind das Datum der Erstbeobachtung im Frühjahr (Zeitraum 21.03. bis 10.06.) bzw. das Datum der Letztbeobachtung im Herbst (Zeitraum 21.07. bis 10.11.) sowie der Median des Beobachtungsdatums. (Sortierung nach aufsteigendem Mediandatum; Daten von 1980 bis 1990; aus: KARLSSON, 1992)

Art	Erst- oder Letztbeobachtung	Median
<b>Frühjahr</b>	Erstbeobachtung	
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	21.03.	05.04.
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	21.03.	17.04.
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	31.03.	19.04.
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	21.03.	19.04.
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	21.03.	30.04.
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	20.04.	10.05.
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	05.04.	13.05.
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>	13.04.	15.05.
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	21.04.	15.05.
Sprosser <i>Luscinia luscinia</i>	01.05.	18.05.
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>	04.05.	20.05.
Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>	27.04.	20.05.
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	10.05.	28.05.
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>	09.05.	31.05.
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>	13.05.	31.05.
<b>Herbst</b>	Letztbeobachtung	
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>	29.09.	14.08.
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>	23.10.	19.08.

Art	Erst- oder Letztbeobachtung	Median
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>	17.09.	19.08.
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>	25.10.	21.08.
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	02.11.	23.08.
Sumpfrohrsänger <i>Ficedula hypoleuca</i>	12.10.	23.08.
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	31.10.	27.08.
Hausrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	01.11.	13.09.
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	08.11.	15.09.
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	10.11.	24.09.
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	10.11.	03.10.
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	10.11.	04.10.
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	06.11.	06.10.
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	10.11.	12.10.
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	09.11.	19.10.

### 2.9.3 Zustandeinschätzung des Schutzgutes Zugvögel

#### 2.9.3.1 Anthropogene Einflüsse auf den Vogelzug

Die beteiligten Vogelpopulationen unterliegen in ihrem Lebensraum einer Vielzahl anthropogener Belastungen. Diese betreffen einerseits Verluste von Brut-, Rast- und Überwinterungsgebieten durch unterschiedlichste menschliche Aktivitäten sowie langfristig auch Klimaveränderungen. Daneben kommt jährlich aber auch eine große Zahl von Vögeln unmittelbar durch menschliche Einflüsse zu Tode. Allein in Skandinavien und im Ostseegebiet sterben alljährlich mehr als 100 Mio. Vögel durch Kollisionen, Jagd, Fischerei oder Umweltverschmutzung (Tabelle 34).

Tabelle 34: Schätzung der jährlichen, anthropogen bedingten Vogelverluste in Skandinavien/im Ostseeraum (verändert nach KUBE, 2002)

anthropogene Todesursache	betroffene Vögel	Todesrate (Ind. a-1)
Anflug an Glasscheiben	Landvögel	10 <sup>5</sup>
Anflug an Leuchttürmen, Sendemasten und Hochspannungsleitungen, etc.	Landvögel	10 <sup>5</sup>
Anflug an Kfz	Landvögel	10 <sup>7</sup>
Anflug an Eisenbahn und Flugzeugen	Landvögel	10 <sup>3</sup>
Anflug an Schiffen	Landvögel	10 <sup>5</sup>
Jagd	Wasservögel	10 <sup>6</sup>
Fischerei (Beifang)	Wasservögel	10 <sup>5</sup>
Ölverschmutzung	Wasservögel	10 <sup>4</sup>

Ringfundanalysen von auf Helgoland beringten Vögeln zeigen, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts anthropogen bedingte Todesursachen deutlich anstiegen, insbesondere durch den Straßenverkehr und durch Anflüge an Gebäuden („passive Todesursache“, 14 % aller Tottfunde in den letzten zwei Jahrzehnten, 49 % bei Greifvögeln und Eulen; HÜPPOP und HÜPPOP, 2002).

Zahlreiche Zugvogelarten Skandinaviens sind in Anhang II/1 bzw. II/2 der EU-Vogelschutz-Richtlinie aufgeführt und unterliegen zumindest in einem Teil ihres Jahreslebensraums der Bejagung. Von der Jagd sind nahezu alle ziehenden Entenvögel (Schwäne, Gänse, Enten) im Ostseeraum betroffen. Von 1996 bis 2001 wurden in Skandinavien jährlich 122.500 Eiderenten erlegt, davon alleine in Dänemark 92.820 (ASFERG, 2002). Das entspricht bereits 16 % des Winterbestandes von 760.000 Ind. (DESHOLM et al., 2002), denen noch Abschüsse in den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion hinzuzurechnen sind, über die keine Angaben vorliegen. Überwinternde Möwen aus dem Ostseeraum haben einen wesentlichen Anteil an Abschüssen in Deutschland und Dänemark. In Deutschland werden Waldschneppen auf dem

Durchzug zu ca. 90 % in Norddeutschland geschossen, hiervon sind ebenfalls hauptsächlich skandinavische Brutvögel betroffen (Tabelle 35).

Tabelle 35: Mittlere jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel des Ostseeraumes

Art	Dänemark	Norwegen	Schweden	Finnland	Litauen	Deutschland
Kormoran	3.520	10.400	6.000	–	k.A.	k.A.
Graureiher	1.833	-	-	–	k.A.	k.A.
Gänse	5.400	12.420	73.200	12.000	212	30.810
Enten	916.000	53.700	117.000	573.500	10.750	555.400
Waldschnepfe	28.440	-	10.000	3.800	2.950	8.100
Möwen	40.300	21.100	33.000	–	k.A.	21.305
Tauben	284.600	37.060	50.000	k.A.	k.A.	769.300
Stare	3.600	-	-	–	-	–

Dänemark: 1995/96-2000/01, nach Asferg, 2002

Norwegen: Nach Angaben von Statistics Norway ([www.ssb.no](http://www.ssb.no))

Schweden: Geschätzt nach Angaben in [www.jagareforbundet.se/forsk/viltrapporteringen/](http://www.jagareforbundet.se/forsk/viltrapporteringen/)

Finnland: Nach [www.rktl.fi](http://www.rktl.fi) und [www.riista.fi](http://www.riista.fi)

Litauen: 1997/98-2000/01, nach Statistics Lithuania in lit.

Deutschland: Nach [www.jagd-online.de](http://www.jagd-online.de) und A. HEYD mündl.

Im westlichen Mittelmeerraum, einem bedeutenden Winterquartier skandinavischer Mittelstreckenzieher, werden nach wie vor jedes Jahr im Herbst >100 Millionen durchziehende Singvögel geschossen bzw. gefangen (BERTHOLD, 2000). Zu den regierungs-amtlichen Angaben in Tabelle 36 ist dabei noch eine nicht unerhebliche Dunkelziffer nicht gemeldeter Abschüsse und Fänge anzunehmen. Die von Frankreich und Spanien gemeldeten, offiziellen Abschusszahlen betreffen nur jene Vogelarten, die laut Anhang II/2 der EU-VRL in der EU oder in ausgewählten Ländern jagdbar sind.

Tabelle 36: Offizielle jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel im Mittelmeerraum (ohne Italien).

Art	Frankreich	Spanien	Malta
Vögel allgemein	25.700.000	14.208.360	76.000
Davon:			
Enten	2.207.900	k.A.	300
Watvögel	2.106.700	k.A.	1.000
Tauben	5.664.000	k.A.	25.800
Lerchen	637.600	k.A.	7.833
Drosseln	5.522.800	k.A.	13.600
Stare	k.A.	k.A.	4.580
Finken	k.A.	k.A.	10.200

Frankreich: 1998/99, nach Office National de la Chasse ([www.oncfs.gouv.fr/events/point-faune/](http://www.oncfs.gouv.fr/events/point-faune/))

Spanien: 1996-98, nach Instituto Nacional de Estadística ([www.ine.es/inebase/cgi/axi](http://www.ine.es/inebase/cgi/axi))

Malta: 1996, nach Angaben befragter Jäger ([www.environment.gov.mt/publications/soer98/](http://www.environment.gov.mt/publications/soer98/))

In der westlichen Ostsee selbst bestehen derzeit neben der Jagd nur wenige Vorbelastungen für skandinavische Zugvögel. Diese betreffen in der Regel Kollisionsrisiken für Nachtzieher mit Schiffen, an Brücken, Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) und Leuchttürmen.

Das Kollisionsrisiko an Leuchttürmen in der westlichen Ostsee ist mehrfach untersucht worden (z. B. HANSEN, 1954; BANZHAF, 1936). HANSEN (1954) analysierte die von Leuchtturmwärtern an 50 Leuchttürmen in Dänemark über einen Zeitraum von 54 Jahren (1887-1939) gemeldeten Anflugopfer, insgesamt 96.500 Vögel. Etwa 50 % aller gemeldeten Anflugopfer stammten von den 12 dänischen Feuerschiffen, wobei anzumerken ist, dass auf diesen mit Sicherheit nur ein Teil der toten Vögel an Bord gefunden wurde und ein weit größerer Teil ins Meer fiel. Offensichtlich war also das Kollisionsrisiko für Vögel über See generell größer als an Land. Jährlich verunglückten an den untersuchten Leuchttürmen 500-8.000 Vögel (im Mittel 1.700),

was (bezogen auf die Feuerschiffe) einer jährlichen Kollisionsrate von mindestens 100-200 Vögeln entsprach.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Zugvogel mit einer beleuchteten anthropogenen Struktur auf See kollidiert, ist artspezifisch verschieden. HANSEN (1954) wies unter den dänischen Leuchtturmpopfern insgesamt 190 Arten nach, wobei ganze 5 Arten ca. 75 % aller Opfer ausmachten: Feldlerche, Singdrossel, Rotdrossel, Star und Rotkehlchen. Etwa 90 % aller Anflugopfer betrafen insgesamt 14 Arten, bei denen es sich fast ausnahmslos um Nachtzieher handelte. Tagzieher verunglückten nur ausnahmsweise (wobei fast ausschließlich tief fliegende Arten mit individuenreichen Brutpopulationen in Skandinavien betroffen waren) und Thermiksegler so gut wie gar nicht (drei Individuen).

Durch zusätzliche, indirekte Beleuchtung der Leuchttürme konnte die Zahl der Anflüge an Küstenstandorten in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert werden. Dies gilt jedoch nicht für das Kollisionsrisiko in küstenfernen Meeresbereichen. Studien an modernen, beleuchteten Offshore-Plattformen in der Nordsee belegen hohe Kollisionsraten (z.B. MÜLLER, 1981; OREJAS et al., 2005).

Beleuchtete Brücken über ausgedehnte Wasserflächen können ebenfalls eine Gefahr für Nachtzieher darstellen. Nach der Fertigstellung der Øresundbrücke, die südlich von Malmö Schweden und Dänemark verbindet, kam es im Herbst 2000 aufgrund der starken Beleuchtung der Brücke bei eingeschränkter Sicht zu Massenkollisionen, die an wenigen Tagen 1.000-5.000 Opfer forderte (über 1.000 Opfer allein in einer Nacht). Durch dieses Ereignis initiierte Untersuchungen im Folgejahr ergaben bei nun deutlich reduzierter Beleuchtung 295 tote Vögel, wobei Rotkehlchen, Singdrosseln und Wintergoldhähnchen dominierten (BENGTSSON mdl. mitt.). Diese Untersuchungen machen erneut die hohe Gefährdung nachts ziehender Singvögel über See deutlich.

Quantitative Angaben zum Kollisionsrisiko von Vögeln an OWEA liegen bislang nicht vor (DESHOLM et al., 2005). In den Offshore-Windparks (OWP) „Tunø Knob“ (Dänemark, GUILLEMETTE et al., 1999), „Utgrunden“ (Schweden, PETTERSSON, 2005) und „Nysted“ (Dänemark; DESHOLM and KAHLERT, 2005) wurde bisher nur das Kollisionsrisiko für Eiderenten und Gänse untersucht. Aus dem OWP „Horns Rev“ in der Nordsee liegen nur wenige Daten zum Meideverhalten vor (CHRISTENSEN and HOUNISEN, 2005). Die Untersuchungen mittels Infrarot-Kamera im OWP „Nysted“ (DESHOLM, 2005) erlauben aus methodischen Gründen noch keine Rückschlüsse auf das Kollisionsrisiko von Kleinvögeln.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an Feuerschiffen und Plattformen lassen vermuten, dass das Kollisionsrisiko von nachtziehenden Landvögeln mit OWEA als hoch einzuschätzen ist. Folgende Überlegungen sprechen dafür, dass das Kollisionsrisiko in OWP größer ist als es die bisherigen Daten von Windparks an Land zunächst vermuten lassen:

- Es sind größere/höhere Einzelanlagen geplant
- Die Anlagen werden beleuchtet sein (Attraktion bei schlechtem Wetter in der Nacht)
- Es treten öfter Starkwind- und Sturmereignisse auf als an Land, die mit geringen Flughöhen (und entsprechend hohem Kollisionsrisiko) verbunden sind
- Fehlende Landemöglichkeiten für ziehende Landvögel erlauben keine Zwischenrast bei einsetzendem schlechtem Wetter, wenn generell ein erhöhtes Kollisionsrisiko besteht.

### **2.9.3.2 Kriterien der Zustandseinschätzung**

Für die Zugvögel werden folgende Bewertungskriterien verwandt, die sich bereits bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen zu Vorhaben von Offshore-Windenergieparks in der AWZ der Nord- und Ostsee bewährt haben:

- Leitlinien und Konzentrationsbereiche,

- Die Definition von Konzentrationsbereichen und Leitlinien für den Vogelzug ist in Offshore-Arealen aufgrund fehlender Strukturen nicht kleinräumig zu sehen, sondern eine Bewertung dieses Kriteriums muss den großräumigen Verlauf des Vogelzugs in der westlichen Ostsee berücksichtigen:
- Zugeschehen und dessen Intensität
- Artenzahl; Hierbei ist der Gefährdungsstatus der beteiligten Arten mit einzubeziehen.

### 2.9.3.3 Schlussfolgerungen

Hierbei ist zunächst festzustellen, dass insbesondere der nächtliche Zug von Landvögeln zwischen Mitteleuropa und Skandinavien auf breiter Front stattfindet, was bedeutet, dass es keinen Gradienten in der Zugintensität in West-Ost-Richtung über der AWZ gibt. Aufgrund des Breitfrontenzuges dieser Vögel existiert auch kein Gradient Land-See. Land-See-Gradienten beschränken sich in der westlichen Ostsee auf den unmittelbaren Küstenbereich, wo es aufgrund der Leitlinienwirkung der Strandlinie auch bei Dunkelheit zur lokalen Bündelung des Zuges kommt (im Herbst in Südschweden, im Frühjahr in Mecklenburg-Vorpommern).

Konzentrationsbereiche und Leitlinien des Vogelzuges sind in der westlichen Ostsee bei Tagziehern gegeben. Thermiksegler (und andere tagziehende Landvögel wie z. B. Ringeltauben) ziehen vorzugsweise entlang der „Vogelfluglinie“ (Inseln Fehmarn, Falster, Møn und Seeland, Falsterbo). Östlich dieser Hauptroute ziehen diese Vögel in wesentlich geringerer Dichte (z. B. FRANSSON and PETTERSSON, 2001).

Im Folgenden erfolgt die Zustandseinschätzung getrennt nach den Hauptgruppen Wasservögel, Kraniche und Greifvögel sowie Landvögel. Für die besonders schützenswerten Arten nach Anhang I der VRL und der Vogelarten, die dem besonderen Schutz des Art. 4 Abs. 2 VRL unterliegen, erfolgt zusätzlich eine Einzelbetrachtung.

#### *Wasservögel*

Von den Meeresenten und Gänsen, die in Nordeuropa und Russland (bis Westsibirien) brüten, ist aus der Literatur bekannt, dass die westliche Ostsee für sie ein wichtiges Durchzugsgebiet zu den Überwinterungsplätzen in der Nordsee und dem nördlichen Kattegat darstellt. Da es sich bei den Meeresenten vorwiegend um Tagzieher handelt, die sich bevorzugt an Landmarken orientieren, findet ein großer Teil des Zuges in Küstennähe statt. Trauerenten fliegen z. B. meist in Sichtkontakt zu Landstrukturen. Durch Radarmessungen wurde im Bereich Cap Arkona und Hiddensee im Rahmen des F&E-Vorhabens (KNUST et al., 2003) ein größtenteils küstenparalleler Zug festgestellt. Darüber hinaus findet im Bereich westliche Ostsee auch ein Breitfrontzug über das offene Meer statt (RAUTENBERG, 1956; KNUST et al., 2003).

Nach eigenen Beobachtungen des IfAÖs ziehen Möwen und Alke über die offene See ohne Bindung an konkrete Routen.

#### *Weißwangengans (Branta leucopsis)*

Die Weißwangengans ist im Anhang I der VRL aufgeführt und genießt deshalb einen besonderen Schutzstatus. Von den drei überwiegend getrennten Brutpopulationen der Weißwangengans (Ost-Grönland, Spitzbergen und Nord-Russland/östliches Baltikum; nach DELANY und SCOTT, 2002) ist die russisch-baltische Brutpopulation für die westliche Ostsee maßgebend. Denn diese Brutpopulation überquert auf dem Weg zu ihren Hauptüberwinterungsgebieten (u.a. deutsche und niederländische Küste) die Ostsee. Die Brutpopulation der Weißwangengans umfasst nach der aktuellsten vorliegenden Bestandsschätzung von DELANY und SCOTT (2002) 360.000 Individuen. Die Population verzeichnete in den letzten Jahrzehnten eine sehr starke Zunahme der Individuenzahlen. Nach Literaturangaben liegt in der westlichen Ostsee der Zugschwerpunkt entlang der schwedischen Küste. Während des Frühjahrszuges findet aber auch vermehrt Zug über der offenen See statt (GREEN and ALERSTAM, 2000). Die AWZ wird überwiegend im Bereich Kieler Bucht/Fehmarnbelt überflogen.

Allerdings wurden im Bereich des festgelegten Eignungsgebietes „Kriegers Flak“ für Windenergieanlagen (BSH, 2005a) 4.765 ziehende Weißwangengänse – das sind ca. 1,3 % der biogeografischen Population - festgestellt. Da sich das Zuggeschehen der Weißwangengänse auf wenige Zugereignisse im April und September 2002 konzentrierte, kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Massenzugereignisse außerhalb der Untersuchungszeiträume aufgetreten sind. Demnach ist das Gebiet um Kriegers Flak für den Zug der Weißwangengänse von hoher Bedeutung. Der Bereich des festgelegten Eignungsgebietes „Westlich Adlergrund“ für Windenergieanlagen (BSH, 2005b) hat dagegen nur eine geringe Bedeutung, da nur bis zu 55 ziehende Weißwangengänse – das sind ca. 0,02 % der biogeografischen Population – festgestellt wurden.

Insgesamt hat die AWZ nach dem derzeitigen Kenntnisstand für den Zug der Weißwangengänse eine durchschnittliche bis hohe Bedeutung. Die durchschnittliche Bedeutung ist damit zu begründen, dass der Zugschwerpunkt im Allgemeinen außerhalb der AWZ liegt. Eine hohe Bedeutung liegt abschnittsweise vor, wie z. B. im Bereich Kriegers Flak wo die Weißwangengänse in bedeutsamer Intensität (über 1 % der biogeografischen Population) durchziehen.

#### *Singschwan (Cygnus cygnus)*

Der Singschwan ist im Anhang I der VRL aufgeführt und genießt deshalb einen besonderen Schutzstatus. Er ist ein Brutvogel der nördlichen Breiten Eurasiens von Island bis Ostsibirien. Nach BAUER und BERTHOLD (1997) nehmen in allen europäischen Ländern mit Brutpopulationen (z. B. Island, Norwegen, Schweden, Finnland und Russland) die Bestände seit einigen Jahrzehnten kontinuierlich zu. Die biogeografische Population, die auf ihrem Zugweg die Ostsee quert, wird auf 59.000 Individuen geschätzt (DELANY and SCOTT, 2002). Wie im Kap. 2.10.2.2.1 erwähnt liegen derzeit keine ausreichenden Informationen vor, um den bestehenden Nord-Süd-Zug im Detail zu beschreiben. Im Bereich des besonderen Eignungsgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden in einem Jahr ca. 0,3 % und im besonderen Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ ca. 0,03 % der biogeografischen Population registriert. Beide Eignungsgebiete sind daher für den Zug der Singschwäne von geringer Bedeutung.

Insgesamt kann die Bedeutung der AWZ für den Singschwanzug höchstens mit durchschnittlich eingeschätzt werden, da nicht auszuschließen ist, dass die Singschwäne als vornehmliche Tagzieher die bekannten Zugrouten („Vogelfluglinie“) mit höherer Intensität nutzen.

#### *Seetaucher*

Die unter dem Begriff Seetaucher zusammengefassten Arten Sterntaucher (*Gavia stellata*) und Prachtaucher (*Gavia arctica*) sind ebenfalls Arten nach Anhang 1 der VRL. Nach GARTHE et al. (2003) ist die mittlere Bestandsgröße der biogeografischen Population des Sterntauchers 301.500 und des Prachtauchers 525.000.

Gemäß Kap. 2.10.2.2.1 führt eine Haupttroute die meisten Seetaucher entlang der deutschen Küste. Die Ergebnisse aus den beiden besonderen Eignungsgebieten „Westlich Adlergrund“ und „Kriegers Flak“ deuten darauf hin, dass der Seetaucherzug in der AWZ von geringer Bedeutung ist. Im besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ wurden 89 Sterntaucher und 195 Prachtaucher gesichtet (BSH, 2005b). Für das besondere Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ sind die entsprechenden Zahlen 5 und 13.

#### *Eiderente (Somateria mollissima), Eisente (Clangula hyemalis), Trauerente (Melanitta nigra) und Samtente (Melanitta fusca)*

Diese Enten gehören zu den nicht in Anhang I der VRL aufgeführten, regelmäßig auftretenden Zugvogelarten, für die gemäß Art. 4 Abs. 2 VRL besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden müssen. Weiterhin sind sie bei der Ausweisung von möglichen Meeresschutzgebieten unbedingt zu berücksichtigen. Nach BAUER und BERTHOLD (1997) zeigen die Bestände der Eiderente eine überwiegend positive Entwicklung. Sie bezifferten den Brutbestand Europas mit mindestens 750.000 Individuen. Nach neueren Schätzungen geben DELANY and SCOTT (2002) die Bestände der biogeografischen Population mit 850.000 bis 1.200.000 an. Auch die Bestände der biogeografischen Populationen der drei anderen Entenarten sind recht hoch. Für die Eisente werden Werte von 4.600.000, für die Trauerente 1.600.000 und die Samtente 1.000.000 Individuen angegeben (DELANY and SCOTT, 2002).

Als vornehmliche Tagzieher zeigen die vier Entenarten einen starken Bezug zu topographischen Strukturen und ziehen deshalb verstärkt entlang der Küstenlinie. Die Untersuchungen im Rahmen des F & E-Vorhabens (KNUST et al., 2003) haben jedoch ergeben, dass die Enten auch im Breitfrontzug über die Ostsee ziehen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand erfolgt der Eiderentenzug in großem Umfang an der Küste Schwedens. Abzulesen ist dies an den folgenden Untersuchungsergebnissen. Im Jahr 2001 wurden in Südschweden insgesamt 408.717 Individuen gezählt (ELLESTRÖM, 2002). Bei den Tagesbeobachtungen im besonderen Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ wurde die Eiderente mit 6.500 Individuen gesichtet und im besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ belief sich die gesichtete Eiderentenzahl auf 200. Damit wurden maximal 0,5 bis 0,8 % der biogeographischen Population in einem kleinen Bereich der AWZ gesichtet. Allerdings konzentrierte sich der Eiderentenzug im besonderen Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ auf wenige Tage. So wurden an einem Tag (07.04.2002) etwa 5.000 Individuen gezählt, was bedeutet, dass an diesem Tag mehr als 70 % der insgesamt im Untersuchungszeitraum gezählten Individuen erfasst wurden. Daher ist nicht auszuschließen, dass einzelne Massenzugereignisse im Gebiet auch außerhalb der Untersuchungszeiträume aufgetreten sein können. Damit besteht die Möglichkeit, dass die tatsächliche Zugintensität höher ist, als aus den Untersuchungen hervorgeht. Trotz dieser Möglichkeit ist der Eiderentenzug an der schwedischen Küste ca. 40 mal höher als im besonderen Eignungsgebiet. Aufgrund dieser Ergebnisse und der derzeitigen Erkenntnis, dass Eiderenten einen starken Bezug zu topographischen Strukturen (Küstenlinie), vor allem der Küste Südschwedens, haben, hat die AWZ eine geringe bis durchschnittliche Bedeutung für den Eiderentenzug.

Der Zug der Trauerenten erfolgt dagegen verstärkt an der deutschen Küste. Im Frühjahr wurden am Darßer Ort ca. 9 % der biogeographischen Population festgestellt (WENDELN und KUBE, 2005). Wobei jedoch auch ein nicht unerheblicher Anteil auf See 20 km nördlich des Darßer Ortes gesichtet wurde, sodass größere Anzahlen von Trauerenten auch in der AWZ ziehen. Im besonderen Eignungsgebiet „Westlich Adlergrund“ wurden ca. 0,1 % und im besonderen Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ ca. 0,06% der biogeographischen Population gesichtet. Im Bereich Fehmarn Belt wurde entlang der deutschen Küste kaum Trauerentenzug beobachtet (IfAÖ, unveröff.).

Samtentenzug ist in der deutschen Ostsee kaum zu beobachten (GARTHE et al., 2003; WENDELN und KUBE, 2005). Dies wird auch durch die Beobachtungen in den beiden besonderen Eignungsgebieten bestätigt. Am "Kriegers Flak" wurden nur 96 Samtenten und „Westlich Adlergrund“ erfolgten keine nennenswerten Sichtungen. Ähnliches gilt für die Eisente. Somit hat die AWZ für den Zug der beiden Entenarten nur eine geringe Bedeutung.

Insgesamt ist die deutsche AWZ der Ostsee für ziehende Wasservögel von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Dies folgt aus der Tatsache, dass es in der westlichen Ostsee für die tagziehenden Wasservögel zwei Haupttrouten entlang der schwedischen und deutschen Küste gibt und die deutsche AWZ zumindest an der Grenze des küstennahen Zugschwerpunktes entlang der mecklenburgischen Küste liegt (KNUST et al., 2003). Weiterhin liegen in Nord-Süd-Richtung Konzentrationsbereiche über die bekannten Zugrouten der offene Ostsee (z. B. „Vogelfluglinie“, Südschweden - Rügen) vor. Zusätzlich wird die westliche Ostsee von mehreren besonders zu schützenden Arten (z. B. Weißwangengans, Singschwan, Eider-, Trauer- und Samtente) in teilweise hohen Intensitäten überflogen.

## **Kraniche und Greifvögel**

### *Kranich*

Der Kranich (*Grus grus*) unterliegt als Vogelart des Anhang I der VRL einem besonderen Schutzstatus. Nach DELANY and SCOTT (2002) umfasst die biogeographische Population 75.000 Individuen. Die Kraniche aus den verschiedenen Brutgebieten Nordeuropas nutzen unter-

schiedliche Zugwege in ihr Überwinterungsgebiet. Für die westliche Ostsee sind insbesondere die skandinavischen Vögel von Interesse, die auf dem Zug die Ostsee überqueren.

Betrachtet man die westliche Ostsee und damit die deutsche AWZ als Ganzes, so hat sie für den Kranichzug eine überdurchschnittliche Bedeutung, da der Großteil der biographischen Population auf ihrem Weg in den Süden die Ostsee zwangsläufig überqueren muss. Da es sich aber beim Kranich um einen Schmalfrontzieher handelt, verläuft der Zugweg über die AWZ gebündelt in verschiedenen Konzentrationsbereichen. Es wird angenommen, dass von Südschweden kommend ca. 50.000 bis 60.000 Kraniche über das Arkona-Becken ziehen. Damit nutzen etwa 80 % der biogeographischen Population allein diesen Zugweg. Allerdings kann es auch bedingt durch stärkere Winde vorkommen, dass vermehrter Kranichzug in benachbarten Bereichen zu beobachten ist. So wurde im Herbst 2002 eine verhältnismäßig hohe Anzahl von 440 Kranichen im Bereich des festgelegten besonderen Eignungsgebietes „Kriegers Flak“ erfasst (BSH, 2005a). Ursächlich hierfür waren vermutlich die während der Untersuchungen Anfang September 2002 herrschenden östlichen Winde, sodass die Kraniche in den Bereich des besonderen Eignungsgebietes verdriftet wurden. Im Bereich des besonderen Eignungsgebietes „Westlich Adlergrund“ wurden auf dem Herbstzug 2002 insgesamt 233 durchziehende Kraniche registriert (BSH, 2005b), das entspricht etwa 0,5 % des vorpommerschen Rastbestandes (Rastzahlen: über 40.000 Individuen gleichzeitig). Auch hier wurde die Mehrzahl dieser Vögel möglicherweise durch nordwestliche Winde von einer Flugroute Südschweden-Rügen nach Südost verdriftet. Allerdings können Kraniche aus finnischen (und baltischen) Populationen mit größerer Wahrscheinlichkeit im Bereich des Adlergrundes auftauchen. So wurden z. B. auf Christiansö und Bornholm am 12.10.2003 mit 5.490 bzw. 6.300 Kranichen (Flugrichtung W bis SW) starke Zugbewegungen registriert, so dass man davon ausgehen kann, dass zeitweise auch im Gebiet des Adlergrundes größere Anzahlen von Kranichen auftauchen können.

Unter Berücksichtigung dieses Zugverhaltens ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. So sind die bekannten Hauptzugrouten zweifellos von überdurchschnittlicher Bedeutung. Die benachbarten Bereiche dieser Hauptzugrouten sind vermutlich in Abhängigkeit der Windstärke und -richtung von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Abseits dieser Bereiche ist die Bedeutung wahrscheinlich gering. Letztlich ist es erforderlich, bei Einzelvorhaben auf Projektebene Untersuchungen des Kranichzugs durchzuführen, um eine Zustandseinschätzung des betroffenen Zugweges durchzuführen.

#### *Greifvögel*

Tagziehende Greife schwedischer Populationen nutzen in der Mehrzahl von Falsterbo kommend die Vogelfluglinie über Fehmarn. Allerdings kreuzt ein Teil die Ostsee im Herbst auch in Nord-Süd-Richtung. Insgesamt ziehen bis zu 50.000 skandinavische Greifvögel über Falsterbo nach Süden. Darunter sind auch Anhang I-Arten (VRL), die in nennenswertem Umfang über die Ostsee ziehen. Es handelt sich dabei um Wespenbussard (*Pernis apivorus*), Rotmilan (*Milvus milvus*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Fischadler (*Pandion haliaetus*) und Merlin (*Falco columbarius*).

Der Wespenbussard ist ein Langstreckenzieher der sein Winterquartier in Äquatorial- und Südafrika hat. Er zieht bevorzugt über Meerengen im Segelflug und entlang von Küsten. Der Wespenbussard ist jedoch eher bereit im Ruderflug Wasserflächen zu überfliegen als andere Greifvögel (BAUER et al., 2005). Die Europäische Brutpopulation umfasst mehr als 110.000 Brutpaare. Davon brüten in Skandinavien mehr als 11.000 Paare (BIRDLIFE International, 2004). Von diesen ziehen allein ca. 8.000 Individuen von Falsterbo über die Ostsee. Dies entspricht einem Anteil von ca. 4 % der europäischen Brutpopulation. Die Bestände werden von BIRDLIFE INTERNATIONAL (2004) allgemein als stabil bezeichnet. Allerdings deuten Durchzugszahlen Rückgänge in Nord-Europa an (BAUER et al., 2005).

Der Rotmilan ist ein Kurzstreckenzieher der in schmalen Fronten zieht. Das Winterquartier liegt im Mittelmeergebiet. In Mitteleuropa zeigt er zunehmende Überwinterungstendenzen



(BAUER et al., 2005). Die europäische Brutpopulation ist mit < 25.000 Paaren relativ klein, aber war zwischen 1970 und 1990 stabil. Seit 1990 sind in den Schlüssel-Populationen von Deutschland, Frankreich und Spanien Abnahmen zu verzeichnen, sodass sie nach Spec 2 (Species of European Conservation Concern; BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004) den Status D (Declining) aufweist. Nach BIRDLIFE International (2004) umfasst die schwedische Brutpopulation ca. 850 Brutpaare. Nach Daten des IfAÖ (unveröff.) zogen im Jahr 2003 über 1.800 Individuen (ca. 4 % der europäischen Brutpopulation) über die Ostsee. Damit zieht die schwedische Brutpopulation komplett über die Ostsee in ihre Überwinterungsgebiete.

Die Rohrweihen sind Kurz- und Langstreckenzieher mit Winterquartieren in Südwest-Europa und dem Mittelmeergebiet, sowie südlich der Sahara. Ab Anfang der 1970er Jahre zeigen die Bestände der Rohrweihen in Mitteleuropa eine deutliche Zunahme in ganz Mitteleuropa und z. B. in Dänemark und Südschweden als Folge von Jagdverbot, Rückgang der Pestizidbelastung und Gebietsschutz (BAUER et al., 2005). Die europäische Brutpopulation umfasst derzeit nach BIRDLIFE International (2004) ca. 140.000 Brutpaare, von denen in etwa 2.600 Paare in Skandinavien brüten. Somit können theoretisch 5.200 Rohrweihen die Ostsee überfliegen. Dies entspricht einem Anteil von 2 % an der europäischen Brutpopulation. Tatsächlich wurden im Jahr 2003 bei Falsterbo 969 und am Darßer Ort 142 Rohrweihen gesichtet (IfAÖ, unveröff.).

Die Fischadler sind Zugvögel die ausnahmsweise auch in Mitteleuropa überwintern. Die Hauptwinterquartiere liegen in Afrika südlich der Sahara, nur selten südlich des Äquators. Nach Unterschutzstellung zeigen die Bestände des Fischadlers im gesamten Europa eine deutliche Zunahme ab den 1970er Jahren (BAUER et al., 2005). Die europäische Brutpopulation umfasst derzeit nach BIRDLIFE International (2004) ca. 7.600 Brutpaare, von denen ca. 5.600 Paare in Skandinavien brüten. Vom IfAÖ (unveröff.) wurden im Frühjahr 2003 57 Fischadler gesichtet und bei Falsterbo wurden im Herbst 2003 303 Fischadler registriert. Damit wurden 2003 ca. 2,4 % der europäischen Brutpopulation (360 von 15.200 Vögeln) beim Zug über die Ostsee gesichtet.

Der Merlin ist ein Zugvogel mit Winterquartieren in Großbritannien und von Süd-Skandinavien bis Süd-Europa, Nordafrika und Vorderasien (BAUER et al., 2005). Die europäische Brutpopulation wird mit < 49.000 Paaren angegeben (BIRDLIFE International, 2004). Hiervon entfallen bis zu 15.000 Brutpaare auf Skandinavien. In 2003 wurden bei Falsterbo und dem Darßer Ort insgesamt 422 Individuen gesichtet.

Insgesamt gesehen hat die deutsche AWZ der Ostsee für die Greifvögel, insbesondere der Skandinavischen Bestände eine überdurchschnittliche Bedeutung. Allerdings gibt es auch bei ihnen aufgrund ihres Zugverhaltens größere lokale Unterschiede, sodass eine differenzierte Betrachtung erforderlich ist. So sind die bekannten Hauptzugrouten zweifellos von überdurchschnittlicher Bedeutung. Die benachbarten Bereiche dieser Hauptzugrouten sind vermutlich in Abhängigkeit der Windstärke und -richtung von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Abseits dieser Bereiche ist die Bedeutung wahrscheinlich gering. Letztlich ist es erforderlich, bei Einzelvorhaben auf Projektebene Untersuchungen des Greifvogelzugs durchzuführen, um eine Zustandseinschätzung des betroffenen Bereiches durchzuführen.

### **Landvögel**

Bei den Landvögeln ist zwischen den Tag- und Nachtziehern zu differenzieren.

#### *Tagzieher*

Zu ihnen gehören vor allem Tauben und Singvögel. Bei den Tagziehern spielen Leitlinien eine wichtige Rolle. Daher nutzen sie vor allem bei der Querung der Ostsee die dänischen Inseln. Eine weitere Zugbündelung erfolgt über die Vogelfluglinie. Damit haben diese Bereiche eine überdurchschnittliche Bedeutung. Außerhalb dieser Hauptzugwege sind die Zugintensitäten

von Tagziehern in küstenfernen Meeresbereichen vergleichsweise gering und haben daher eine geringe bis durchschnittliche Bedeutung. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass über den Zug über die freie Ostsee kaum etwas bekannt ist. Bekanntermaßen ziehen nur wenige Arten (z. B. Schwalben, Stelzen und Pieper) in breiter Front über die Ostsee.

#### *Nachtzieher*

Die Nachtzieher stellen mehr als die Hälfte aller Zugvögel in der westlichen Ostsee. Der größte Teil des nächtlichen Vogelzugs erfolgt in breiter Front über die Ostsee. Aufgrund der sehr hohen zu erwartenden Individuenzahlen und dem bedeutenden Anteil gefährdeter Arten hat die AWZ für die Nachtzieher eine überdurchschnittliche Bedeutung.

## **2.10 Fledermäuse und Fledermauszug**

### **2.10.1 Vorkommen und Wanderbewegungen**

#### **2.10.1.1 Besondere Eigenschaften**

Fledermäuse gehören zur Ordnung *Chiroptera* (Fledertiere). Die in Europa und auch in Deutschland vorkommenden Arten gehören der Unterordnung *Microchiroptera* an. Von den weltweit 834 bekannten Arten der Unterordnung *Microchiroptera* kommen 23 Arten in Deutschland vor. Unter diesen 23 Arten befinden sich Arten mit völlig unterschiedlichen Verbreitungsbereichen und Rastpräferenzen. Zudem weisen sie unterschiedlich starke Bestände auf. Auch der Kenntnisstand über ihre Populationsentwicklung ist unterschiedlich. Zu unterscheiden sind:

- Arten, deren nördlichste Verbreitzone früher bis in den Süden Niedersachsens reichte, heute jedoch nur noch bis zum Süden Bayerns (Große und Kleine Hufeisennase)
- Wärmeliebende Arten mit südlicher Verbreitung (Bechstein- und Wimperfledermaus, Graues Langohr und Langflügelfledermaus)
- Nordische Arten mit Verbreitungsschwerpunkte ab 60° nordwärts (Nordfledermaus)
- Arten mit Verbreitungsschwerpunkten im Osten Europas (Zweifarb- und Teichfledermaus)
- Arten mit sehr kleinen Beständen in Deutschland (Große Bartfledermaus)
- eine weitere Art ist wiederum erst in den letzten Jahren durch Einzelnachweise dokumentiert (Weißrandfledermaus).

Ferner kommen in Deutschland einige Arten, wie Zwergfledermaus und Mückenfledermaus, weit verbreitet und zahlreich vor. Auch die Breitflügelfledermaus, Wasserfledermaus, Großes Mausohr, Kleine Bartfledermaus, Großer und Kleiner Abendsegler, Rauhhautfledermaus, Mopsfledermaus, Braunes Langohr und Fransenfledermaus gehören zu den in Deutschland weit verbreiteten Arten (BOYE et al., 1999).

Fledermausarten variieren sehr stark in Größe und Aussehen. Sie unterscheiden sich zudem durch ihre Ernährungsart, Nist- bzw. Schlafplatz-Präferenzen und Wanderungsstrategien. Die Fledermäuse nutzen zum Rasten und zur Nahrungssuche sehr verschiedene Habitattypen. Wald- und Feuchtgebiete (Seen, Flüsse, Teiche) gehören dabei zu den bevorzugten Habitaten. Einige Arten haben sich auch an das Leben in Wohn- und Industriegebieten angepasst. Zum Nisten und Schlafen werden Bäume, Erdlöcher und Erdhöhlen aber auch Gebäude und Bauwerke ausgesucht. Alte Bäume mit Hohlräumen sind dabei von besonderer Bedeutung. Alte Gebäude mit Rissen und Öffnungen bieten Fledermäusen ebenfalls wertvolle Rast- und Nistmöglichkeiten. Fast 75% der Arten sind insektivor (Insekten fressend). In gemäßigten Breiten kommen ausschließlich insektivore Arten vor. Zur Nahrungssuche nutzen die nachtaktiven Tiere überwiegend ihr weitentwickeltes Ultraschall-Echoortungssystem. Die Insekten werden dabei überwiegend im Flug, aber auch auf Pflanzen sowie auf dem Wasser oder Boden gesucht. Auf Nahrungssuche sind einige Arten in der Lage, bis zu 60 km pro Tag fliegend zurückzuliegen. Neben der Echoortung verfügen Fledermäuse über spezielle visuelle und

passiv akustische Fähigkeiten zur Wahrnehmung der Umgebung. Die Augen der insektivoren Fledermäuse sind klein und verfügen über Anpassungen, wodurch bereits kleine Helligkeitsunterschiede erkannt werden. Die Sehschärfe ist bei Dämmerungslicht ziemlich gut (EKLÖF, 2003). Bei Tageslicht lässt die Sehempfindlichkeit dagegen nach. Es wird angenommen, dass die visuelle Wahrnehmung eine wichtige Rolle bei der Orientierung und Navigation in Langstrecken-Wanderungen und Zugbewegungen der Fledermäuse spielt. Echoortung dient dagegen, aufgrund des nur auf kleinen Entfernungen (ca. 100 m) eingeschränkten Wirkungsbereiches, fast ausschließlich der Nahrungssuche (EKLÖF, 2003). Die visuelle Wahrnehmung von markanten Landschaftselementen (Flüsse, Waldränder, Küstenlinien) scheint jedoch entscheidend zur Orientierung und Navigation der Fledermäuse entlang von Zugsrouten zu sein (zitiert nach EKLÖF, 2003). Die Tiere halten in der kalten Jahreszeit Winterschlaf oder ziehen in Habitate mit geeigneten Überwinterungsmöglichkeiten.

### 2.10.1.2 Vorkommen

Einige langstrecken-ziehende Arten (Großer Abendsegler, Flughautfledermaus, Zweifarbfledermaus, Zwergfledermaus, Nordfledermaus) kommen in Deutschland und Anrainerstaaten der Ostsee vor und wurden gelegentlich auf Schiffen und in Küstenregionen der Ostsee getroffen. Im Folgenden werden wesentliche Aspekte des Vorkommens dieser Arten beschrieben.

Der Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*) ist in Deutschland im Winter und im Sommer verbreitet. Nistplätze und Aufzuchtgebiete sind in den Sommermonaten aus verschiedenen Regionen bekannt. Die sehr hohe Wanderdynamik der Art lässt eine verlässliche Abschätzung des Bestands nicht zu (BOYE et al., 1999). Es wurde oft beobachtet, dass Teile der Population zum Überwintern aus norddeutschen Regionen nach Süddeutschland und der Schweiz, teilweise sogar bis nach Italien, gezogen sind. In Küstenregionen Südschwedens sind Individuen beobachtet worden, die während der üblichen Vogelzugzeit das Land Richtung Meer verlassen haben. Winterfunde von in Schweden beringten Tiere wurden zudem in Deutschland registriert (AHLEN, 1997, AHLEN et al., 2002).

Die Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) kommt in den Sommermonaten in Deutschland zwar verbreitet, allerdings nur gebietsweise vor. In Norddeutschland wird die Art am häufigsten registriert (BOYE et al., 1999). Dort sind auch Aufzuchtgebiete bekannt. Im Frühjahr und Herbst werden oft ziehende Tiere beobachtet. Es vermehren sich die Hinweise, dass Rauhautfledermäuse auch in Norddeutschland überwintern. Es gibt keine verlässliche Abschätzung der Populationsgröße in Deutschland (BOYE et al., 1999). In Küstenregionen Südschwedens wurden wie beim Großen Abendsegler Individuen beobachtet, die Richtung Meer flogen. Auch bei der Rauhautfledermaus liegen in Deutschland Winterfunde vor von Tieren, die in Schweden beringt wurden (AHLEN, 1997, AHLEN et al., 2002).

Die Zweifarbflödermaus (*Vespertilio murinus*) erreicht in Deutschland die westliche Grenze ihres über den Osten Europas ausgedehnten Areal (BOYE et al., 1999). In Norddeutschland erscheint diese Art sehr selten. Alle bisherige Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Zweifarbfledermaus vor allem zum Überwintern nach Deutschland kommt. Aufgrund des Wanderungsverhaltens ist eine Abschätzung der Populationsgröße in Deutschland nicht möglich (BOYE et al., 1999). Wie beim Großen Abendsegler und der Rauhautfledermaus wurden auch Individuen dieser Art in Küstenregionen Südschwedens beim Verlassen des Landes Richtung Meer beobachtet. Allerdings liegen in Deutschland keine Funde von Zweifarbfledermäusen vor, die in Schweden beringt wurden (AHLEN, 1997; AHLEN et al., 2002).

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) ist nach BOYE et al. (1999), die in Deutschland am häufigsten erfasste Fledermausart. Sie kommt ganzjährig und weit verbreitet vor, zum Teil in „Invasionen“. Neuere Erkenntnisse zeigen, dass sich unter den Begriff Zwergfledermaus zwei unterschiedliche Arten verbergen nämlich die Zwergfledermaus und die Mückenfleder-

maus (*P. pygmaeus*). Es gibt einige Hinweise, dass auch diese Arten Langstrecken-Wanderungen, möglicherweise übers Meer, vornehmen.

Die Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*) ist eine nordische Art mit Verbreitungsschwerpunkt nördlich 60°, die in Deutschland ihre südlichste Verbreitungsgrenze erreicht. Ansammlungen von Nordfledermäusen wurden in Küstenregionen Südschwedens beobachtet (AHLEN et al., 1997). Die bisherigen Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Nordfledermaus eventuell Langstrecken-Wanderungen über das Meer unternimmt.

### 2.10.1.3 Wander- und Zugbewegungen von Fledermäusen

Fledermäuse zeichnen sich durch sehr hohe Mobilität aus. Wanderbewegungen von Fledermäusen auf Suche nach ausgiebigen Nahrungsquellen und geeigneten Rastplätzen werden sehr häufig an Land beobachtet, jedoch überwiegend aperiodisch. Wanderbewegungen finden meistens entlang von fließenden Gewässern bzw. zwischen Seen statt. Entlang der Gewässer verfolgen Fledermäuse ergiebige Nahrungsquellen wie Ansammlungen von Insekten. Zugbewegungen finden im Gegensatz zu unregelmäßigen Wanderbewegungen periodisch, bzw. saisonal bedingt statt. Sowohl das Wander- als auch das Zugverhalten der Fledermäuse gestaltet sich sehr variabel. Es gibt zum einen große art- und geschlechtsspezifische Unterschiede im Wander- und Zugverhalten. Zum anderen können Wander- oder auch Zugbewegungen schon innerhalb der Populationen einer Art sehr stark variieren. Aufgrund des Wanderverhaltens werden Fledermäuse in Kurzstrecken-, Mittelstrecken- und Langstreckenwandernde Arten unterschieden. Während Kurz- und Mittelstrecken-Wanderbewegungen von Fledermäusen auf Suche nach geeigneten Nist-, Nahrungs- und Rastplätzen oft beobachtet werden konnten, bleiben Langstrecken-Wanderbewegungen bis heute weitgehend unbekannt. So konnten Mittelstrecken-Wanderbewegungen und Konzentrationen von Fledermäusen entlang von sogenannten Wanderkorridoren beobachtet werden (BACH und MEYER-CORDS, 2005). Diese Wanderkorridore erstrecken sich mehrheitlich entlang fließender Gewässer, aber auch um Seen und Boddengewässer. Dagegen sind Zugrouten bei Fledermäusen kaum beschrieben und bis heute weitgehend unbekannt. Im Gegensatz zum Vogelzug, der durch umfangreiche Studien belegt ist, bleibt der Zug von Fledermäusen aufgrund des Fehlens von geeigneten Methoden bzw. großangelegten speziellen Überwachungsprogrammen weitgehend unerforscht. Dies gilt insbesondere für Zugbewegungen über das offene Meer.

Aus bisherigen Beobachtungen und Erkenntnissen aus Beringungsfunden geht lediglich hervor, dass insbesondere Langstrecken-ziehende Fledermausarten auch über die Ostsee wandern (AHLEN et al., 2002; PETERSONS, 2004).

Zu den Langstrecken-ziehenden Arten gehören Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Zweifarbflodermäus (*Vespertilio murinus*) und Kleiner Abendsegler (*Nyctalus leisleri*). Langstrecken-Zugbewegungen werden zudem auch bei den Arten Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) vermutet (BACH und MEYER-CORDS, 2005).

Während Fledermäuse auf Nahrungssuche bis zu 60 km pro Tag zurückliegen können, liegen Nist- oder Sommerrastplätze und Überwinterungsgebiete mehrere Hunderte km weit von einander entfernt. Einige konkrete Erkenntnisse, auf der Basis von Beringungsfunden, liefern Studien über das Zugverhalten der Rauhauffledermaus aus Lettland (PETERSONS, 2004). Es wurde dabei festgestellt, dass die in den Sommermonaten in Lettland rastenden Fledermäuse Überwinterungsquartiere im westlichen, zentralen und südlichen Europa aussuchen. Den Beobachtungen zufolge, treten Fledermäuse den Herbstzug überwiegend in der zweiten Augushälfte und Anfang September in Lettland an. Dies trifft insbesondere für Weibchen zu. Bei Männchen scheint das Antreten des Herbstzugs länger und zwar bis Ende Oktober anzudauern. Die beringten Tiere wurden in einer Entfernung von bis zu 1.905 km registriert. Die durchschnittliche Entfernung aller Funde betrug dabei 1.365,5 km bei Männchen und 1.216,5 km bei

Weibchen. Die errechnete mittlere Zuggeschwindigkeit der Rauhhautfledermaus lag dabei um die 47,8 km pro Nacht. Unter anderen wurden beringte Fledermäuse in Rasthabitaten im Norden und Nordosten Deutschlands gefunden. Ringfunde wurden auch aus den Niederlanden und Frankreich gemeldet - mit möglicher Zugroute über Deutschland. Über die Flug- und Zughöhen der Fledermäuse ist wenig bekannt. Auf Nahrungssuche (Insekten) fliegt der Große Abendsegler in 500 m Höhe. Beobachtungen aus Falsterbo zufolge, fliegt der Große Abendsegler sogar in Höhen von 1.200 m (AHLEN, 1977). Der Große Abendsegler ist zudem als tagziehende Art bekannt (EKLÖF, 2003). Es wird angenommen, dass Zugbewegungen bei Tageslicht bevorzugt in Höhen von mehr als 500 m von Fledermäusen stattfinden, um der Jagd durch Raubvögel zu entkommen.

Zu den Bedingungen, die den Zug begünstigen oder sogar ermöglichen, liegen ebenfalls nur Hinweise vor. So scheint ruhiges Wetter und günstiger, leichter Wind das Antreten von Langstrecken-Wanderungen in Küstenregionen zu beeinflussen (PETERSONS, 2004).

#### **2.10.1.4 Wander- und Zugbewegungen von Fledermäusen über der Ostsee**

Zugbewegungen von Fledermäusen über der Ostsee sind bis heute nicht dokumentiert bzw. sind sie weitgehend unerforscht. Dies hängt vor allem mit dem Fehlen von geeigneten Erfassungsmethoden zusammen, die in der Lage wären, zuverlässige Daten über Fledermauswanderungen im Meeresbereich zu liefern.

Sichtbeobachtungen, wie z. B. an der Küste oder auf Schiffen und Öl-Plattformen liefern zwar Hinweise. Sie sind jedoch kaum geeignet das Zugverhalten der nachtaktiven und nachtsziehenden Fledermäuse über das Meer vollständig zu erfassen. Sichtbeobachtungen sind zudem wegen der Höhe der Flugbewegungen (z. B. 1.200 m beim Großen Abendsegler) zur Erfassung des Zugverhaltens wenig bzw. sehr eingeschränkt geeignet.

Die Erfassung durch Ultraschalldetektoren, den sogenannten Bat-Detektoren, liefert gute Ergebnisse über das Vorkommen von Fledermäusen an Land (SKIBA, 2003). Allerdings sind die bisherigen Ergebnisse aus dem Einsatz von Bat-Detektoren im Meeresbereich sehr gering. Die Erprobung dieser Erfassungsmethode auf die Plattform FINO 1 in der deutschen AWZ der Nordsee hat bisher keine positiven Aufnahmen von Fledermäusen geliefert (BeoFINO Endbericht, 2005). Mit dem Bat-Detektor vom Typ D-230 Pettersson konnten auf FINO 1 ab Juli 2004 Geräusche aufgezeichnet werden. Die bisher ausgewerteten Dateien (176.218) enthielten jedoch keine Fledermausrufe (BeoFINO Endbericht, 2005). Im Gegensatz zu positiven Aufnahmen mit einem Bat-Detektor auf Helgoland, lieferten die Aufnahmen auf der FINO I Plattform keine Hinweise auf das Vorkommen von Fledermäusen. Die Autoren betonen die Erfassungsschwierigkeiten mit Detektoren unter widrigen Bedingungen, wie diese auf dem Meer mit meistens starken Winden und lauten Hintergrundgeräuschen vorkommen. In diesem Bereich besteht weiterhin Forschungsbedarf. Standardisierte Erfassungsmethoden von Fledermäusen im Meeresbereich müssen noch entwickelt werden.

Durch Beringungsfunde ist derzeit lediglich bekannt, dass Fledermäuse aus Skandinavien und Lettland nach Deutschland gelangen. Eine Reihe Beobachtungen führt zudem zur Annahme, dass Fledermäuse die Ostsee, während saisonaler Wanderungen, regelmäßig überqueren (FACHGUTACHTEN „Fledermauszug an und über die Ostsee“, 2005). Nach Beobachtungen von Fledermauskonzentrationen an verschiedenen Küstenorten in Südschweden (u. a. Falsterbo, Ottenby) von AHLEN (1997) und AHLEN et al. (2002) wandern mindestens vier von 18 in Schweden vorkommenden Fledermausarten nach Süden. Beobachtungen von Individuen, die das Land Richtung Meer verlassen haben liegen für Rauhhautfledermaus, Große Abendsegler und Zweifarbfledermaus vor. Allerdings liegen nur von der Rauhhautfledermaus und dem Großen Abendsegler Winterfunde in Deutschland vor von Tieren, die in Schweden beringt wurden.

Solide Erkenntnisse zum Zug von Fledermäusen sowohl über Land als auch über das Meer liefern Ringfunde. Erste Erkenntnisse zum Fledermauszug über der Ostsee liefern Funde von Tieren in Deutschland, die in Lettland beringt wurden (PETERSONS, 2004) bzw. in Schweden. AHLEN (1997, 2002). WALTER et al. (2005) haben zudem alle bisherige Sichtungen von Fledermäusen vom Schiff oder auch von Plattformen aus zusammengefasst. Im Bereich der deutschen AWZ der Ostsee wurden im Laufe der zweijährigen Basisaufnahmen für Offshore-Windparkprojekte auch Sichtungen von Fledermäusen registriert. Im Rahmen der nächtlichen Erfassung von Zugvögeln vom ankernden Schiff aus wurden - in insgesamt 66 Nächten (April 2002 bis Oktober 2003) - auch Fledermäuse erfasst. In der Pommerschen Bucht wurden nachts mit Hilfe eines Bat-Detektors Fledermäuse registriert (Zeitraum 11.05.-20.05.02). In der Nacht zum 13.05.02 wurden 37 Fledermauslaute registriert. In der Nacht zum 14.05.02 wurden zwei kleine Fledermäuse gesichtet. In der Nacht des 15.05.02 wurden mit Hilfe des Bat-Detektors 13 Fledermausrufe registriert. Von letzteren wurden sechs als Rauhhauffledermaus und zwei als Großer Abendsegler identifiziert. Allerdings kann die Anzahl aufgrund von technischen Unsicherheiten des Detektors womöglich durch Doppelerfassungen verfälscht sein. Während weiterer Schiffsausfahrten wurden zweimal einzelne Exemplare gesichtet. Bei den Untersuchungen zum Offshore-Windparkprojekt „Arkona Becken Südost“ wurden im Herbst 2003 und 2004 je eine Fledermaus vom Schiff aus gesichtet. Eine weitere Fledermaus wurde im Herbst 2003 bei den Untersuchungen zum Offshore-Windparkprojekt „Ventotec 2“ gesichtet. Zudem wurden im Juli und September 2003 je ein Exemplar einer unbestimmten Art im Windpark-Gebiet „Kriegers Flak“ gesichtet. Einige der Sichtungen fanden sogar tagsüber statt. Dabei wurde eine der Fledermäuse von Silbermöwen gejagt.

Die neueste Literaturstudie über den Fledermauszug in Europa, die auf Beringungsdaten und Literaturquellen basiert, gibt ebenfalls keine Hinweise über den Zug von Fledermäusen über der Ostsee (HUTTERER et al., 2005).

Es fehlen damit zum jetzigen Zeitpunkt konkrete Erkenntnisse, um eine Quantifizierung des Fledermauszugs über der Ostsee vornehmen zu können. Dies gilt entsprechend für ziehende Arten, Zugkorridore, Zughöhe, Zugrichtung und Konzentrationsbereiche. Bisherige Erkenntnisse weisen lediglich darauf hin, dass Fledermäuse, insbesondere Langstrecken-ziehende Arten über die Ostsee ziehen.

Einige Arten wie Rauhhauffledermaus und Großer Abendsegler sind im Anhang II des Übereinkommens zum Schutz wandernder Tierarten (CMS) von 1979 (Bonner Übereinkommen) aufgeführt. Innerhalb des CMS-Übereinkommens ist mit der Verabschiedung des Abkommens zum Schutz der Fledermäuse in Europa (EUROBATS) 1991 und seiner Ratifizierung in 1994 der Rahmen für einen Schutz- und Managementplan zur Erhaltung der Fledermäuse in Europa geschaffen worden.

### **2.10.2 Zustandseinschätzung des Schutzgutes Fledermäuse**

#### **2.10.2.1 Schutzstatus von potenziell ziehenden Fledermausarten in Anrainerstaaten der Ostsee**

Aufgrund der hohen Mobilität der Fledermäuse ist für die Einschätzung des Zustands der Fledermausbestände - insbesondere für die möglicherweise über die Ostsee ziehenden Arten - erforderlich, die Populationsentwicklung und den Populationstrend weiträumig um deutschen Gewässern zu berücksichtigen. Im Rahmen der Berichtsverpflichtungen für EUROBATS wurden inzwischen von allen Vertragsstaaten Berichte zum jeweiligen regionalen Vorkommen, zur Populationsentwicklung und zum Status von Fledermäusen zusammengestellt. Daten aus den Berichten zu EUROBATS einiger Ostsee Anrainerstaaten, u. a. Baltische Länder und Skandinavien vermitteln u. a. erste Eindrücke über das zu erwartende Artenspektrum und Vorkommen bzw. über die möglichen Wander- oder Zugbewegungen über die Ostsee.

In Dänemark wurden 19 Fledermausarten identifiziert (HABITAT DIRECTIVE REPORT, 2003). Die Bestände der drei ziehenden Arten Rauhhaufledermaus, Großer Abendsegler und Zweifarbfledermaus sind zwar nicht quantifiziert. Es liegen jedoch zahlreiche Nachweise von Quartieren vor. Alle drei Arten werden zudem in Dänemark unter einen „günstigen Erhaltungsstatus“ geführt.

In Schweden kommen 18 Fledermausarten vor (Inf.EUROBATS.MoP4.23, 2003). Die Bestände haben in den letzten Jahrzehnten bei fünf Arten zugenommen, darunter Rauhhaufledermaus, Nordfledermaus und Wasserfledermaus. Eine Abnahme der Bestände wird bei fünf anderen Arten angenommen, darunter auch bei der ziehenden Zweifarbfledermaus. Unter den ziehenden Arten steht in Schweden nur die Rauhhaufledermaus als potenziell gefährdet auf der Roten Liste. Der Großer Abendsegler ist aufgrund neuerer Erkenntnisse von der Roten Liste entfernt worden. Insgesamt zeigten schwedische Untersuchungen, dass die Bestände der Rauhhaufledermaus in den letzten zwei Jahrzehnten zugenommen haben und sich dabei die geographische Verbreitzone bis zu 60° N erweitert hat. Der Großer Abendsegler kommt dagegen nur in Südschweden und in Küstengebieten relativ häufig vor. Die Zweifarbfledermaus ist im Gegensatz zu den o.g. Arten sehr ungleichmäßig verteilt. Diese Art wurde gelegentlich zu den Zugzeiten an der Südküste beobachtet.

In Finnland kommen nur neun Fledermausarten vor (Inf. EUROBATS, STATUS OF BATS IN FINNLAND, 2000). Am weitesten verbreitet ist auch hier die Nordfledermaus. Die drei ziehenden Arten Rauhhaufledermaus, Großer Abendsegler und Zweifarbfledermaus kommen nur in den Sommermonaten in Südfinnland vor. Ihre Bestände und Trendentwicklung sind allerdings weitgehend unbekannt.

In Lettland kommen 15 Fledermausarten vor (Inf. EUROBATS.AC8.25, 2003). Ein Vergleich des Vorkommens der Fledermäuse in Lettland mit dem Vorkommen in Estland und dem Nordwesten Russlands hat ergeben, dass mindestens vier Arten in Lettland ihre nördlichste Verbreitungsgrenze erreichen. Rauhhaufledermaus, Großer Abendsegler und Zweifarbfledermaus kommen in den Sommermonaten verbreitet vor. Zwei weitere Arten, die Zwergfledermaus und der Kleiner Abendsegler, wurden in Lettland anhand von Ringfunden als ziehend eingestuft. Damit kommen in Lettland insgesamt fünf ziehende Arten vor. Rauhhaufledermaus und Großer Abendsegler sind in Lettland keinem Gefährdungsstatus zugeordnet. Zweifarbfledermaus, Zwergfledermaus und Kleiner Abendsegler gelten lediglich als selten. In Litauen wurden 14 Fledermausarten registriert, darunter auch die Langstrecken-ziehenden Arten Rauhhaufledermaus, Großer und Kleiner Abendsegler, Zwergfledermaus und Zweifarbfledermaus. Die Bestandsentwicklung ist weitgehend unbekannt und die meisten gelten als nicht gefährdet.

In Polen kommen insgesamt 22 Fledermausarten vor - fast gleich viele wie in Deutschland (Inf. EUROBATS.AC10.23, 2005). Unter den ziehenden Arten ist in Polen die Zwergfledermaus als gefährdet eingestuft. Die Zweifarbfledermaus gilt dagegen als wenig gefährdet (low concern).

Dem deutschen Bericht zufolge (Inf. EUROBATS.MoP4.38, 2004) sind Bestandszahlen und dadurch Bestandsentwicklungen der meisten in Deutschland vorkommenden Fledermausarten in den meisten Bundesländern weitgehend unbekannt. Dies trifft insbesondere für die Langstrecken-ziehenden Arten Rauhhaufledermaus, Großer Abendsegler und Zweifarbfledermaus zu. Aus den insgesamt 23 vorkommenden Fledermausarten werden 18 in der Roten Liste aufgeführt.

### 2.10.2.2 Gefährdungen von Fledermäusen

Zu den natürlichen Feinden der Fledermaus gehören Raubvögel und Schlangen. Anthropogen verursachte Gefährdungen entstehen für Fledermäuse durch Verlust von geeigneten Nist-, Rast- und Überwinterungsplätzen. Fledermäuse sind insbesondere durch Abholzung alter Baumbestände betroffen. Maßnahmen bei der Renovierung und Umbau von Altbauten, (Schließen von Rissen, Holzschutzmittel) stellen eine zusätzliche Bedrohung durch Verlust von Winterquartieren dar. Die Intensivierung der Landwirtschaft kann sich sowohl auf die Quartiere als auch auf die Nahrungsquellen der Fledermäuse negativ auswirken. Eine Verminderung des Nahrungsangebotes, aber auch der Nahrungsqualität durch Anreicherung von Schadstoffen (insbesondere Pestizide) in den Nahrungsketten, wirkt sich negativ auf die Populationsentwicklung aus. Zudem wirkt sich die Klimaveränderung auf die Verbreitung und Abundanz der Fledermäuse - analog wie bei insektenfressenden Vogelarten bereits festgestellt - aus. Dem neuesten Bericht des BTO (British Trust for Ornithology) über Auswirkungen der Klimaveränderungen auf ziehende Arten zufolge, sind derzeit zwar Zugwege bzw. Zugmustern bei Fledermäusen noch weitgehend unbekannt. Aufgrund von bisherigen Erkenntnissen zur Abundanz, Verbreitung und Habitatpräferenzen von Fledermäusen, lassen sich jedoch einige Effekte der Klimawandlung prognostizieren. So ist u. a. mit dem Verlust an Rastplätzen entlang der Zugrouten, Dezimierung von Bruthabitaten und Veränderungen des Nahrungsangebotes zu rechnen. Verlängerung der Zugrouten und zeitversetztes Vorkommen von Fledermäusen und deren Nahrungsorganismen können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden (BTO RES. REP. 414, 2005). Zeitversetztes Vorkommen der Nahrung, kann insbesondere Folgen für den Bruterfolg der Fledermäuse haben. Zudem können hohe Bauwerke, Gebäude oder energieerzeugende Windräder durch Barriere-Wirkung und Kollisionen zur Gefährdung führen (AHLEN, 2002, HÖTTKER ET AL., 2004, RICHARDSON, 2004).

### 2.10.2.3 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann für die Fledermausbestände von Ostsee-relevanten Arten festgehalten werden:

- Bestände und Verbreitung der ziehenden Arten sind vor allem aufgrund der hohen Wanderdynamik nicht abschließend erfasst
- Es fehlen adäquate Überwachungsprogramme, um die Bestandsentwicklung konsequent erfassen zu können
- Es fehlen adäquate Methoden und Überwachungsprogramme, um Wanderungen und Zugbewegungen über das offene Meer erfassen und quantifizieren zu können
- Gefährdungen gehen für wandernde Fledermäuse insbesondere aus durch:
  - Verlust an Sommerquartieren durch Abholzung und Baumfällung,
  - Verlust an Winterquartieren durch Renovierung von alten Gebäuden und Einsatz von Holzschutzmitteln,
  - Intensivierung der Landwirtschaft und Einsatz von Pestiziden,
  - Kollisionen mit Bauwerken,
  - Verlust an Nahrungsquellen,
  - Abnahme der Nahrungsqualität und
  - Auswirkungen der Klimaveränderungen, insbesondere durch zeitlichen Versatz in der Entwicklung der Fledermausbrut und ihrer Nahrung.

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse über den potenziellen Fledermauszug über die Ostsee kann festgehalten werden:

- Beobachtungen und Beringungsfunde weisen daraufhin, dass einige Arten wie Großer Abendsegler, Rauhhautfledermaus, Zweifarbflodermäus, Zwergfledermaus und Nordfledermaus über die Ostsee ziehen



- Es wird angenommen, dass ein Breitfront-Zug entlang von markanten Landschaftselementen wie Küstenlinien stattfindet
- Zugrichtungen, Zughöhen, Zugszeiten und vor allem mögliche Zugkorridore in der Ostsee sind jedoch für Fledermäuse bis heute weitgehend unbekannt.

## 2.11 Biologische Vielfalt

Das Leben auf der Erde ist geprägt durch ein Funktionsgefüge verschiedenster Ökosysteme, die jeweils wiederum ein komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Lebewesen darstellen. Letztendlich basiert die Entwicklung dieser Vielfalt darauf, dass jeder Organismus über eine individuelle genetische Information verfügt. Der Begriff der Biodiversität bzw. der biologischen Vielfalt umfasst die Mannigfaltigkeit der Biosphäre auf den verschiedenen Organisationsstufen. Man unterscheidet zwischen der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Vielfalt der Ökosysteme (GROOMBRIDGE, 1992; SOLBRIG, 1994).

Die „Biologische Vielfalt“ im Sinne des § 2 Abs.1 Nr. 8 BNatSchG beinhaltet die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten. Im Blickpunkt der Öffentlichkeit steht die Artenvielfalt. Die Artenvielfalt ist das Resultat einer seit über 3,5 Milliarden Jahren andauernden Evolution, einem dynamischen Prozess von Aussterbe- und Artentstehungsvorgängen. Von den etwa 1,7 Millionen Arten, die von der Wissenschaft bis heute beschrieben wurden, kommen etwa 250.000 im Meer vor, und obwohl es auf dem Land erheblich mehr Arten gibt als im Meer, so ist doch das Meer bezogen auf seine stammesgeschichtliche Biodiversität umfassender und phylogenetisch höher entwickelt als das Land. Von den bekannten 33 Tierstämmen finden wir 32 im Meer, davon sind sogar 15 ausschließlich marin (WESTERNHAGEN UND DETHLEFSEN, 2003).

Die marine Diversität entzieht sich der direkten Beobachtung und ist deshalb schwer einzuschätzen. Immer müssen für ihre Abschätzung Hilfsmittel wie Netze, Reusen, Greifer, Fallen oder optische Registrierungsverfahren eingesetzt werden. Der Einsatz derartiger Geräte kann aber immer nur einen Ausschnitt des tatsächlichen Artenspektrums liefern, und zwar genau denjenigen, der für das jeweilige Fanggerät spezifisch ist. Daraus lässt sich ableiten, dass es in Gegenden, die mit den verfügbaren Geräten nicht erreichbar sind (z. B. die Tiefsee), noch eine Vielzahl von Arten geben muss, die noch gar nicht bekannt sind. Die Situation in der Ostsee ist anders, da sie als relativ flaches Binnenmeer leichter zugänglich ist, so dass bereits Mitte des 19. Jahrhunderts eine intensive Meeresforschung stattgefunden hat, die zu einer Wissensvermehrung über ihre Tier- und Pflanzenwelt geführt hat. Im Rahmen der HELCOM-Überwachung wurden in der Ostsee über 694 Phytoplankton-Taxa registriert. An Zooplankton-Taxa sind etwa 30 bekannt. Vom Makrozoobenthos sind allein in der Kieler Bucht mehr als 700 Arten (GERLACH, 2000) bekannt. Nach WINKLER et al. (2000) setzt sich die Fischfauna der Ostsee derzeit aus 176 Fisch- und Neunaugenarten zusammen. Von marinen Säugern sind nur vier Arten bekannt.

Hinsichtlich des derzeitigen Zustandes der biologischen Vielfalt in der Ostsee ist festzustellen, dass es zahllose Hinweise auf Veränderungen der Biodiversität und des Artengefüges in allen systematischen und trophischen Niveaus der Ostsee gibt. Rote Listen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten besitzen in diesem Zusammenhang eine wichtige Kontroll- und Warnfunktion, da sie den Zustand der Bestände von Arten und Biotopen in einer Region aufzeigen. Anhand der Roten Listen ist festzustellen, dass über 17 % der Makrozoobenthosarten (GOSSELCK et al., 1996) und rund 30 % der ständig in der Ostsee vorkommenden Rundmäuler und Meeresfische (FRICKE et al., 1996, 1998) gefährdet ist. Die marinen Säuger bilden eine Artengruppe, in der aktuell alle Vertreter gefährdet sind (BENKE et al., 1996).

Die Veränderungen gehen im Wesentlichen auf menschliche Aktivitäten, wie Fischerei und Meeresverschmutzung, bzw. auf Klimaveränderungen zurück.

## 2.12 Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern

Die Komponenten des marinen Ökosystems, von Bakterien und Plankton bis hin zu marinen Säugetieren und Vögeln nehmen über komplexe Mechanismen Einfluss aufeinander. Die im Kapitel 2 einzeln beschriebenen Schutzgüter Plankton, Benthos, Fische, marine Säugetiere und Vögel sind innerhalb der marinen Nahrungsketten von einander abhängig.

Das Phytoplankton dient den Organismen, die sich auf das Filtrieren des Wassers zur Nahrungsaufnahme spezialisiert haben, als Nahrungsgrundlage. Zu den wichtigsten Primärkonsumenten des Phytoplanktons zählen zooplanktonische Organismen wie Ruderfußkrebse und Wasserflöhe. Das Zooplankton hat im marinen Ökosystem eine zentrale Rolle als Primärkonsument von Phytoplankton einerseits und als unterster Sekundärproduzent innerhalb der marinen Nahrungsketten andererseits. Zooplankton dient den Sekundärkonsumenten der marinen Nahrungsketten, von karnivoren Zooplanktonarten, über Benthos, Fische bis hin zu marinen Säugetiere und Seevögel, als Nahrung. Zu den obersten Komponenten der marinen Nahrungsketten gehören die so genannten Prädatoren. Zu den oberen Prädatoren innerhalb der marinen Nahrungsketten zählen Wasser- und Seevögel und marine Säugetiere. In den Nahrungsketten sind Produzenten und Konsumenten von einander abhängig und beeinflussen sich auf vielfältige Art und Weise gegenseitig.

Im Allgemeinen reguliert die Nahrungsverfügbarkeit das Wachstum und die Verbreitung der Arten. Eine Erschöpfung des Produzenten hat den Niedergang des Konsumenten zur Folge. Konsumenten steuern wiederum durch Wegfraß das Wachstum der Produzenten. Nahrungs-limitierung wirkt auf die Individuenebene durch Beeinträchtigung der Kondition der einzelnen Individuen. Auf Populationsebene führt Nahrungslimitierung zu Veränderungen der Abundanz und Verbreitung von Arten. Ähnliche Auswirkungen hat auch Nahrungskonkurrenz innerhalb einer Art oder zwischen verschiedenen Arten.

Die zeitlich angepasste Sukzession oder Abfolge des Wachstums zwischen den verschiedenen Komponenten der marinen Nahrungsketten ist von kritischer Bedeutung. So ist z. B. das Wachstum der Fischlarven von der verfügbaren Biomasse des Planktons direkt abhängig. Bei Seevögeln hängt der Bruterfolg ebenfalls direkt mit der Verfügbarkeit der geeigneten Fische (Art, Länge, Biomasse, energetischer Wert) zusammen. Zeitlich oder räumlich versetztes Auftreten der Sukzession und Abundanz der Arten aus verschiedenen trophischen Ebenen führt zur Unterbrechung der Nahrungsketten. Zeitlicher Versatz, der so genannte trophische „Mismatch“, bewirkt, dass insbesondere frühe Entwicklungsstadien von Organismen unterernährt werden oder sogar verhungern. Unterbrechungen der marinen Nahrungsketten können nicht nur auf Individuen-, sondern auch auf Populationsebene wirken.

Räuber-Beute-Verhältnisse bzw. trophische Beziehungen zwischen Größen- oder Altersgruppen einer Art oder zwischen Arten regulieren ebenfalls das Gleichgewicht des marinen Ökosystems. So wirkte z. B. der Rückgang der Dorschbestände in der Ostsee positiv auf die Entwicklung der Sprottenbestände. Die außergewöhnliche Zunahme der Sprotten wurde allerdings durch die verfügbaren Nahrungsressourcen (Zooplankton) limitiert. So blieben die abundanten Sprotten letztlich unterernährt und wiesen dadurch einen niedrigen Energiegehalt auf. Der schwache Ernährungszustand der Sprotten spiegelte sich im Ernährungszustand deren Konsumenten, der Trottellummen-Jungvögel wieder. Das Wachstum und die Überlebenschance der jungen Trottellummen nahmen zeitweise durch die verminderte Nahrungsqualität ab (ÖSTERBLUM et al. 2006).

Trophische Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen Plankton, Benthos, Fischen, Meeressäugern und Seevögeln werden über vielfältige Kontrollmechanismen gesteuert. Solche Mechanismen wirken vom unteren Bereich der Nahrungsketten, beginnend mit Nährstoff-, Sauerstoff- oder Lichtverfügbarkeit nach oben hin zu den oberen Prädatoren. Ein solcher Steuerungsmechanismus von unten nach oben kann über die Steigerung oder die Verminde-

rung der Primärproduktion wirken. Auch Wirkungen, die von den oberen Prädatoren nach unten, über so genannte „top-down“ Mechanismen ausgehen, können die Nahrungsverfügbarkeit steuern.

Die Wechselwirkungen innerhalb der Komponenten der marinen Nahrungsketten werden durch abiotische und biotische Faktoren beeinflusst. So spielen z. B. dynamische hydrographische Strukturen, Frontenbildung, Wasserschichtung und Strömung eine entscheidende Rolle bei der Nahrungsverfügbarkeit (Steigerung der Primärproduktion) und Nutzung durch obere Prädatoren. Außergewöhnliche Ereignisse, wie Stürme und Eiswinter, beeinflussen ebenfalls die trophischen Beziehungen innerhalb der marinen Nahrungsketten. Auch biotische Faktoren, wie toxische Algenblüten, Parasitenbefall und Epidemien wirken auf die gesamten Nahrungsketten.

Anthropogene Aktivitäten nehmen ebenfalls entscheidend Einfluss auf die Wechselwirkungen innerhalb der Komponenten des marinen Ökosystems. Der Mensch wirkt auf die marine Nahrungsketten sowohl direkt durch den Fang von Meerestieren als auch indirekt durch Aktivitäten, die auf Komponenten der Nahrungsketten Einfluss nehmen können. Durch Überfischung von Fischbeständen werden z. B. obere Prädatoren, Seevögel und marine Säugetiere mit Nahrungslimitierung konfrontiert bzw. sind gezwungen, neue Nahrungsressourcen zu erschließen. Überfischung kann auch im unteren Bereich der Nahrungsketten Veränderungen bewirken. So kann es zur extremen Ausbreitung von Quallen kommen, wenn deren Fischprädatoren weggefischt sind. Zudem stellen Schifffahrt und Marikultur einen zusätzlichen Faktor dar, der über die Einführung von nicht einheimischen Arten zu positiven oder negativen Veränderungen der marinen Nahrungsketten führen kann. Einleitungen von Nähr- und Schadstoffen über Flüsse und Atmosphäre nehmen ebenfalls Einfluss auf die Meeresorganismen und können zu Veränderungen der trophischen Verhältnisse führen.

Natürliche oder anthropogene Einwirkungen auf eine der Komponenten der marinen Nahrungsketten, z. B. das Artenspektrum oder die Biomasse des Planktons, können die gesamte Nahrungsketten beeinflussen und das Gleichgewicht des marinen Ökosystems verschieben ggf. gefährden. Beispiele der sehr komplexen Wechselwirkungen und Kontrollmechanismen innerhalb der marinen Nahrungsketten wurden ausführlich in der Beschreibung der einzelnen Schutzgüter dargestellt.

Über die komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Komponenten untereinander ergeben sich schließlich Veränderungen im gesamten marinen Ökosystem der Ostsee, wie am Beispiel der trophischen Wechselbeziehungen zwischen Trottellumme, Dorsch, Sprott und Zooplankton bereits dargestellt. Aus den bereits im Kapitel 2 schutzgutbezogenen dargestellten Veränderungen lässt sich für das marine Ökosystem der Ostsee zusammenfassen:

- Es gibt langsame Veränderungen der belebten Meeresumwelt.
- Seit 1987/88 lassen sich sprunghafte Veränderungen der belebten Meeresumwelt beobachten.

Folgende Aspekte bzw. Veränderungen können auf die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten der belebten Meeresumwelt Einfluss nehmen:

- Veränderung der Artenzusammensetzung (Phyto- und Zooplankton, Benthos, Fische)
- Einführung und teilweise Etablierung nicht-einheimischer Arten (Phyto- und Zooplankton, Benthos, Fische)
- Veränderung der Abundanzverhältnisse (Phyto- und Zooplankton)
- Veränderung der Dominanzverhältnisse (Phyto- und Zooplankton)
- Veränderung der verfügbaren Biomasse (Phytoplankton)
- Rückgang von vielen gebietstypischen Arten (Plankton, Benthos, Fische)
- Rückgang der Nahrungsgrundlage für obere Prädatoren (Seevogel)

### 2.13 Meeresumweltverschmutzung und Anreicherung von Schadstoffen in Biota

Im Kapitel 2.1 und 2.2 unter 2.1.5, 2.1.6, 2.2.9 und 2.2.10) wurden wesentliche Aspekte der Belastung von Sediment und Wasser mit anorganischen und organischen Schadstoffen erläutert. Bei der Beschreibung des Zustands der einzelnen Schutzgüter (Kap. 2.3 bis Kap. 2.9) wurde auf die Gefährdung, die von der Meeresumweltverschmutzung ausgeht hingewiesen.

Die Anreicherung von Schadstoffen erfolgt über die marinen Nahrungsketten beginnend mit der untersten Komponente, dem Phytoplankton. Die mikroskopischen Organismen des Phytoplanktons adsorbieren und absorbieren die im Wasser gelösten Schadstoffe. Über trophische Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten der marinen Nahrungsketten gelangen dann Schadstoffe zu den benthischen Organismen, Fischen, marinen Säugetieren, See- und Wasservögeln und schließlich durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten zum Menschen.

Über die Primärproduzenten gelangen in weiteren Schritten Schadstoffe erst in herbivore (pflanzenfressenden) und dann in karnivore (fleischfressenden) Organismen. Neben der Konzentration (Menge) von Schadstoffen in Organismen ist in der belebten Meeresumwelt die Akkumulation oder Magnifikation der Schadstoffe von großer Bedeutung. Durch Akkumulation wird die Anreicherung von Schadstoffen in Organismen über die marinen Nahrungsketten betrieben, und zwar in immer höher werdenden Konzentrationen in Geweben von Tieren aus höheren Ebenen der Nahrungsketten. In höheren Organismen hat der Lipidgehalt (Fettgehalt) der Gewebe (wie Muskel, Leber, Eigelb, Muschelweichkörper, Gonaden) eine wichtige Rolle bei der Akkumulation von Schadstoffen. Insbesondere lipophile (fettlösliche) Substanzen akkumulieren sich in fetthaltigen Geweben, wie Leber.

Die Quantifizierung der Belastung mit Schadstoffen im Phyto- und Zooplankton gestaltet sich extrem schwierig. Zudem werden Schadstoffe in Plankton der Ostsee nur selten gemessen. Untersuchungen im Zeitraum 1980-1984 haben gezeigt, dass Schadstoffkonzentrationen im Plankton aus der zentralen Ostsee nur leicht höher als solche aus der Nordsee waren (BRÜGMANN und HENNINGS 1994).

Im Gegensatz zu Phyto- und Zooplankton lässt sich die Akkumulation von Schadstoffen in benthischen Organismen (z. B. Muscheln) leichter messen und quantifizieren. Im deutschen Küstenmeer der Ostsee werden seit Anfang der 80iger Jahre im Rahmen des Bund-Länder Messprogramms (BLMP) Schadstoffe in Miesmuscheln gemessen. Jährlich werden an mehreren Küstenstationen Proben entnommen und analysiert. Aus dem Bereich der AWZ liegen nur sporadisch Daten vor, so dass eine Aussage über die Trendentwicklung von Schadstoffen nicht getroffen werden kann. Aus dem Küstenmeer sind lediglich Daten vorhanden. So liegen die Quecksilberkonzentrationen in Miesmuscheln aus den Küstengewässern Schleswig-Holsteins zwischen 78 und 109 µg/kg Trockenmasse (BLMP, Zustandsbericht 2005). Die höchsten Werte im Zeitraum 199 bis 2002 wurden in der Wismar Bucht mit 190 µg/kg Trockenmasse gemessen. Seit 2000 zeichnet sich allerdings ein Rückgang der Quecksilberkonzentrationen in Miesmuscheln ab.

Fische, als Sekundärkonsumenten innerhalb der marinen Nahrungsketten, akkumulieren Schadstoffe in weit höheren Konzentrationen als Muscheln. In deutschen Gewässern der Ostsee werden im Rahmen des BLMP seit Anfang der 90iger Jahre Messungen der Schadstoffbelastung der Fische durchgeführt. Der Rückgang der Quecksilberkonzentrationen, wie in Miesmuscheln, wurde bei Fischen nicht festgestellt. Die Quecksilber-Konzentrationen in Barschen lagen im Zeitraum 1999 bis 2002 zwischen 41 und 101 µg/kg Frischgewicht und damit noch weit unter der zulässigen Höchstkonzentration von 500 µg/kg Frischgewicht (BLMP, ZUSTANDSBERICHT 2005).

Die Belastung von Fischen mit organischen Schadstoffen ist in der Vergangenheit weniger untersucht worden, als solche mit Schwermetallen. Allerdings liegen inzwischen Überwachungsdaten über die Akkumulation organischer Stoffe in Fischen vor. In den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns nahmen im Zeitraum 2000 bis 2002 die PCB- und HCH-Konzentrationen in Aalmuttern kontinuierlich ab. Die Konzentrationen von DDT-Derivaten blieben dagegen konstant (BLMP, ZUSTANDSBERICHT 2005).

Die Belastung von Fischen mit Schadstoffen bedeutet eine zusätzliche Belastung des Immunsystems. Schließlich tragen Schadstoffe zu einer Schwächung der Immunkompetenz von Fischen bei. Meistens treten dann Erkrankungen vermehrt auf. Seit Anfang der 90iger Jahre werden Fischkrankheiten und Parasitenbefall von Fischen in deutschen Gewässern überwacht (BLMP, ZUSTANDSBERICHT 2005). Hautulcerationen und Skelettdeformationen gehören zu den am häufigsten beobachteten äußeren Krankheiten von Dorschen in der Ostsee. In den südöstlichen Gebieten der Ostsee hat in den letzten Jahren die Befallsrate von Dorschen mit Hautulcerationen zugenommen.

Marine Säugetiere in der Ostsee zeigen eine hohe Belastung an organischen und anorganischen Schadstoffen. Dazu gehören insbesondere Spurenmetalle und organohalogene Kohlenwasserstoffe. Für die Schweinswale in der Ostsee ist die Belastung mit Schwermetallen höher als in der Nordsee. Besorgniserregende Konzentrationen von lipophilen, persistenten und bioakkumulativen Stoffen wie PCB oder DDT wurden oft nachgewiesen. Für eine Anreicherung von Schadstoffen über die Nahrungsketten bis hin zu Meeressäugtieren gibt es deutliche Hinweise (KANNAN and FALANDYSZ, 1997). Obwohl die Belastung mit einigen „klassischen“ Schadstoffen wie PCB oder DDT zurückgegangen ist (BLOMKVIST et al., 1992; JEPSEN, 2001), ist die schädliche Wirkung neuer oder bislang wenig untersuchter Schadstoffe auf das Ökosystem unzureichend erforscht. In der Ostsee wurde die Persistenz des in Kegelrobben gefundenen Bis-(4-chlorophenyl)-Sulfon (BCPS) gezeigt (OLSSON and BERGMAN, 1995).

Bei allen Arten der See- und Wasservögel, als Konsumenten im oberen Bereich der marinen Nahrungsketten, besteht die Gefahr einer Schadstoffanreicherung im Körpergewebe. Eine durch Schadstoffe hervorgerufene Beeinträchtigung der Reproduktionsfähigkeit und der Kondition von Seevögeln wurde bereits nachgewiesen (HARTWIG et al. 1990; MUNOZ, CIFUENTES, 2004).

Bisherige Ergebnisse weisen insgesamt darauf hin, Maßnahmen zur Reduzierung von Schadstoffeinträgen weiterhin aufrecht zu erhalten und zu sind. Insbesondere sind Auswirkungen organischer Schadstoffe innerhalb der Nahrungsketten noch unzureichend bzw. stoffspezifisch weitgehend unbekannt.

## **2.14 Landschaftsbild**

Die Meereslandschaft ist geprägt durch eine großflächige Freiraumstruktur. Das Landschaftsbild ist von Störungen weitgehend unbeeinflusst. Es gibt in der AWZ der Ostsee zur Zeit nur wenige Hochbauten. Bei diesen handelt es sich um Masten zu Mess- bzw. Forschungszwecken: Messmast Arkona Becken, ca. 35 km nordöstlich von Rügen, und die Forschungsplattform FINO II im Bereich Kriegers Flak, ca. 39 km nordwestlich von Rügen. Diese sind vom Land aus wegen der großen Entfernung nicht sichtbar.

## **2.15 Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)**

Hinweise auf mögliche Sachwerte oder kulturelles Erbe liegen insofern vor, als dass die räumliche Lage einer Vielzahl von Wracks bekannt ist und in den Seekarten des BSH verzeichnet

sind. Zu Bodendenkmalen, auch zu Siedlungsresten, in der AWZ fehlen weitergehende Informationen.

### 3 Voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Plans

In der AWZ werden gegenwärtig zahlreiche Nutzungen ausgeübt bzw. geplant,

- die fachrechtlich bewilligt, genehmigt oder planfestgestellt sind, wie insbesondere im Bereich der Rohstoffgewinnung und der Windenergienutzung,
- die nach SRÜ besondere Freiheiten genießen, wie Schifffahrt, Verlegung und Betrieb von Rohrleitungen sowie Forschung
- die in die Regelungskompetenz der EU fallen (Fischerei)
- oder für die §18a ROG 1998(vgl. §17 Abs. 3 ROG) keine Regelungen trifft (militärische Übungen).

Diese Nutzungen würden auch bei Nichtdurchführung des Plans entsprechend der jeweiligen Rechtsgrundlagen weiterhin ausgeübt werden. Eine kurze Darstellung der Nutzungen in der AWZ findet sich nachfolgend in Kapitel 3.1. Die jeweiligen Auswirkungen der genannten Nutzungen auf die Schutzgüter werden in den entsprechenden folgenden Unterkapiteln dargelegt.

#### 3.1 Darstellung der Nutzungen in der AWZ

##### 3.1.1 Schifffahrt

Schifffahrt findet flächendeckend in der gesamten Ostsee statt. Schifffahrt und Häfen spielen im internationalen Handel eine wesentliche Rolle. 90% des Außenhandels und über 40% des Binnenhandels der EU erfolgen über den Seeweg (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006). Schätzungsweise werden ca. 8% des weltweiten Handels über die Schifffahrtswege in der Ostsee geleitet (MÜLLER, 2001 zitiert in UBA, 2006). Die überwiegende Mehrheit sind Handels- und Passagierschiffe. Einen bei weitem geringeren Anteil als die Berufsschifffahrt hat die Sport-schifffahrt mit Motorbooten und Segelschiffen.

Nach AIS-Auswertungen der Helsinki-Kommission (HELCOM) fahren mehr als 50.000 Schiffe jährlich durch den Skagerrak in die Ostsee (<http://www.helcom.fi>). 60-70% der in der Ostsee fahrenden Schiffe sind Frachter, bei 17-25% handelt es sich um Tanker. Es wird geschätzt, dass sich zu jedem Zeitpunkt 1.800 bis 2.000 Schiffe in der Ostsee befinden. Aus den Datenaufzeichnungen der letzten Jahre geht zudem hervor, dass nicht nur die Anzahl, sondern auch die Größe der in der Ostsee fahrenden Schiffe zugenommen hat. Insbesondere Tanker mit einem Fassungsvermögen von bis zu 150.000 Tonnen Öl befahren zunehmend die Ostsee.

Die Hauptschifffahrtswege in der westlichen Ostsee sind durch Tiefwasserwege und Verkehrstrennungsgebiete vorgegeben. Der Schiffsverkehr findet überwiegend in Ost-West Richtung (und umgekehrt), parallel zum Küstenmeer, statt. Dabei konzentriert sich der Schiffsverkehr auf Tiefwasserwege, wie die Kadetrinne. Zu den bedeutenden Schifffahrtswege der westlichen Ostsee zählen neben der Kadetrinne auch der Kiel-Ostsee-Weg, der Lübeck-Gedser-Weg, der Seekanal zum Hafen Rostock und der Schifffahrtsweg nach Swinemünde durch die Pommer-sche Bucht. Häufig fahren Öl-, Gas- und Chemikaliertanker in der Ostsee. Die Überwachung des Schiffsverkehrs wird von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung mit Hilfe von AIS gewährleistet.

Durch den Schiffsbetrieb kommt es zum Ausstoß von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxi-den, Kohlendioxid und Rußpartikeln; dabei gelten Stickstoffoxide als die kritischsten Emissionsbestandteile (BRENK, 2003). Die von der Schifffahrt emittierten Stickstoffverbindungen können zu einem großen Teil als atmosphärische Deposition in das Meer eingetragen werden. Zusätzlich

ist der Ausstoß an Schwermetallen nicht auszuschließen, für die aber keine genauen Angaben vorliegen. Berechnungen für das Jahr 1997 ergaben, dass die Schifffahrt nach den Flusseinträgen und direkten Einleitungen die drittgrößte Quelle für Stickstoffoxide in der Ostsee darstellte (BARTNICKI et al., 2003). Neuere Untersuchungen für das Jahr 2003 ergaben, dass mittlerweile der Stickstoffeintrag aus dem Straßenverkehr den der Schifffahrt übersteigt (BARTNICKI et al., 2006). Seit Mai 2006 gelten strengere Vorschriften für die Schifffahrt in der Ostsee. Schiffe dürfen dort nur noch Schweröl mit einem maximalen Schwefelgehalt von 1,5% verwenden. Weltweit gilt noch ein Grenzwert von 4,5%.

Öl- und Schadstoffe gelangen durch den Schiffsbetrieb direkt ins Meer. Das Einleiten von Öl in die Ostsee ist grundsätzlich verboten. Zulässig ist nur das Einleiten aus der Maschinenraum- bilge mit einer Verdünnung von 15 ppm und unter Anwendung zusätzlicher Kontrollmechanismen. Neben Tankwaschungen, die in der AWZ in ausreichender Verdünnung erlaubt sind, kann Öl bei Schiffsunfällen in die Schutzgüter Wasser und Sediment eingetragen werden. So wurden dem BSH für 2006 insgesamt 247 Gewässerverunreinigungen aus Nord- und Ostsee gemeldet (BSH, 2006).

Durch das Internationale MARPOL-Übereinkommen werden u. a. der Umgang mit ölhaltigen Rückständen, Chemikalien, Abwasser und Schiffsmüll geregelt. Internationale Bestimmungen tragen dazu bei, die Meere von Umweltverschmutzungen durch die Schifffahrt zu schützen. Die internationalen Umweltbestimmungen werden kontinuierlich weiter entwickelt und neuen Anforderungen angepasst.

Aus älteren Schiffsanstrichen werden insbesondere organische Zinnverbindungen (TBT) in die Wassersäule freigesetzt (SRU, 2004). TBT wird vor allem in sogenannten Antifoulingfarben auf Schiffsrümpfen und Unterwasserflächen angebracht. Dort verhindert das Biozid den Aufwuchs von Epibionten (z.B. Algen, Muscheln, Blumen- und Manteltiere, Krebse, Ringelwürmer). Das Wirkprinzip der meisten konventionellen Antifoulingfarben beruht auf einer kontinuierlichen Abgabe (Leaching) von TBT oder anderen toxischen Verbindungen an das umgebende aquatische Milieu.

Die Internationale Seeschiffahrtsorganisation (IMO) hat im Oktober 2001 das „Internationale Übereinkommen über die Kontrolle gefährlicher Bewuchsschutzsysteme“ (International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships) auf Schiffen angenommen (AFS-Übereinkommen). Mit diesem Übereinkommens soll die Verwendung schädlicher zinnorganischer Verbindungen in Antifoulingfarben für Schiffe verboten und ein Mechanismus geschaffen werden, mit dem eine mögliche künftige Verwendung anderer schädlicher Substanzen in Anti-fouling verhindert wird. Das AFS-Übereinkommen ist noch nicht in Kraft. Gemäß Verordnung (EG) Nr. 782/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. April 2003 über das Verbot zinnorganischer Verbindungen auf Schiffen dürfen zinnorganische Verbindungen, die als Biozide in Bewuchsschutzsystemen wirken, auf Schiffen, die die Flagge eines Mitgliedstaates führen, nicht mehr aufgebracht werden. Ab dem 1. Januar 2008 dürfen Schiffe, die einen Hafen eines Mitgliedsstaates anlaufen, nicht mit einem Bewuchsschutzsystem, das zinnorganische Verbindungen mit Biozidwirkung enthält, versehen sein – es sei denn, sie tragen eine Deckschicht, die das Austreten dieser Verbindungen aus dem darunter liegenden nichtkonformen Bewuchssystem verhindert.

Durch den Austausch von Ballastwasser sowie durch am Schiffsrumpf anhaftende Organismen gelangen nicht einheimische Arten in die Ostsee (GOLLASCH, 2003). Aktuell wird das Ballastwasser-Übereinkommen umgesetzt: Durch die Entwicklung geeigneter technischer Lösungen zur Behandlung des Ballastwassers, die ab 2009 auf Schiffen zum Einsatz kommen sollen, soll die Verbreitung von nicht einheimischen Arten verhindert werden.

Die Schifffahrt trägt durch den Betrieb zur Steigerung des Hintergrundschaallpegels im Meer bei. Je nach Schiffstyp und Größe variiert die Intensität und Frequenz des Schalleintrags von ca. 158 dB re 1µPa (Quellpegel) und 0,1 kHz bei Fischereifahrzeugen bis zu 169-190 dB re

1 $\mu$ Pa (Quellpegel) und 0,06 bis 0,43 kHz bei Tankern und Frachtschiffen (SIMMONDS et al., 2003).

### 3.1.2 Rohstoffgewinnung

In der AWZ der Ostsee findet zur Zeit keine Rohstoffgewinnung statt. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind zwei Abbauvorhaben beantragt: „Adlergrund Nordwest“ und „Adlergrund Südost“. Ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren wird durchgeführt.

### 3.1.3 Rohrleitungen und Seekabel

#### **Rohrleitungen**

Derzeit sind keine Rohrleitungen in der Ostsee in Betrieb. Folgende Rohrleitungen befinden sich in der deutschen AWZ der Ostsee in Planung:

- Die BGI-Erdgasrohrleitung zwischen Deutschland und Dänemark.
- Die Baltic Pipe, Erdgasrohrleitung zwischen Dänemark und Polen .
- Die NordStream Pipeline, Erdgasrohrleitung von Russland nach Deutschland.

In der Regel sollen Rohrleitungen in der AWZ der Ostsee auf dem Meeresboden verlegt werden. Kreuzungen mit anderen bestehenden oder geplanten Leitungen werden mit Steinschüttungen (Grobkies, Gerölle) gesichert. Bei ausreichendem Angebot an Lockersedimenten graben sich Rohrleitungen als Folge der natürlichen Sandbewegung selbst in den Meeresboden ein. Durch die natürliche Sedimentdynamik können sie entweder vollständig mit Sand bedeckt oder freigelegt sein. In Abschnitten, in denen nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung kein Selbsteingraben möglich ist, wird i.d.R. entweder ein ca. 0,5 m tiefer Graben vor dem Verlegen gepflügt („Pre-Trenching“) oder die Rohrleitung auf dem Meeresboden verlegt und durch eine Steinschüttung gesichert.

Im Fall des „Pre-Trenching“ wird entlang des Grabens Sediment wallartig wenige Dezimeter hoch angehäuft, das nach der Verlegung durch hydrodynamische Kräfte abgetragen und eingeebnet wird. Beim Pflügen des Grabens wird der Anteil an Schluff und Ton in das Bodenwasser eingetragen und je nach vorherrschenden Strömungsbedingungen (Geschwindigkeit und Richtungsstabilität) im Bodenwasser verbreitet. Die aufgewirbelten (resuspendierten) Sedimente werden im Umfeld der Rohrleitung in Abhängigkeit der Korngröße unterschiedlich weit verfrachtet und abgelagert: Die Distanzen liegen dabei deutlich unter denen, die für die Sedimentation von Trübungsfahnen im Zuge der Sand- und Kiesgewinnung festgestellt werden. Die Konzentrationen an resuspendiertem partikulärem Material liegen in vergleichbarer Größenordnung wie bei natürlichen Resuspensionen von Sedimenten, die durch Stürme hervorgerufen werden.

Das Verfahren des „Post-Trenching“, d. h. Verlegung der Rohrleitung auf sandigem Meeresboden und nachträgliches Einspülen, kommt seltener zur Anwendung.

Um die Dichtigkeit der Rohrleitung zu prüfen, werden Abdrucktests mit Seewasser durchgeführt. Für diesen Zweck wird Seewasser i.d.R. mit Biozid (als Antifouling-Mittel) und Sauerstoff-Reduktionsmittel (sog. „Scavenger“) behandelt. Nachdem das behandelte Wasser aus der Pipeline ausgedrückt wurde, wird ein Trocknungsmittel eingesetzt, um das restliche Seewasser aus der Rohrleitung zu entfernen. Üblicherweise werden behandeltes Seewasser und Trocknungsmittel mit entsprechender Verdünnung küstennah ins Meer eingeleitet. In Ausnahmen (z.B. bei der Verlegung eines Pipeline-Bypasses) kann dies auch in der AWZ auftreten.



ten, wobei in diesen Fällen wegen der kürzeren betroffenen Pipeline-Segmente wesentlich geringere Volumina von behandeltem Seewasser anfallen.

Bei der Verlegung, der Wartung, der Behebung von Schäden sowie beim Rückbau von Rohrleitungen kommt es zu erhöhtem Schiffsverkehr. Entlang des Verlegegrabens entstehen zudem Sedimentfahnen. Die Aufwirbelung von Sedimenten kann dabei zur Resuspension von sedimentgebundenen Schadstoffen führen. Schallemissionen und eventueller Schadstoffaustritt in Folge der Arbeiten können ebenfalls auftreten. Arbeiten im Rahmen der Verlegung, des Rückbaus sowie bei der Wartung und Reparatur finden lokal und zeitlich begrenzt statt.

### **Seekabel**

Seekabel dienen zum einen der Telekommunikation und zum anderen der Übertragung elektrischer Energie. Die deutsche AWZ der Ostsee wird von vielen Telekommunikationskabeln durchquert. Eine Reihe von Telekommunikationskabeln sind inzwischen außer Betrieb gestellt worden.

Derzeit gibt es folgende zwei in Betrieb befindliche Stromkabel, die die deutsche AWZ durchqueren:

- Baltic Cable (1994) zwischen Malmö und Lübeck. Es handelt sich dabei um ein Hochspannungs-Gleichstromkabel von 450 kV.
- Kontek Kabel (1995) zwischen Seeland und Bentwisch bei Rostock. Es handelt sich dabei um ein Hochspannungs-Gleichstromkabel von 400kV.

In Planung sind ferner eine Reihe stromabführender Seekabel, die die geplanten Offshore-Windparks in der AWZ mit den Netzeinspeisungspunkten an Land verbinden werden.

Seekabel werden i.d.R. mit einem Spülschwert im Sediment verlegt, soweit spülbares Material (Sande) auf der Trasse angetroffen wird. In Abschnitten, in denen aus Gründen des geologischen Aufbaus und der Baugrundverhältnisse diese Verlegungsmethode versagt, wird das Kabelsystem wie im Fall der Rohrleitungen auf dem Meeresboden verlegt und mit einer Steinschüttung gesichert.

Bei der Verlegung, der Wartung, der Behebung von Schäden sowie beim Rückbau kommt es zu erhöhtem Schiffsverkehr. Entlang des Verlegegrabens entstehen zudem Sedimentfahnen. Die Aufwirbelung von Sedimenten führt zur Resuspension von sedimentgebundenen Schadstoffen. Schallemissionen und eventuell Schadstoffaustritt können ebenfalls auftreten. Die Arbeiten zur Verlegung oder zum Rückbau finden lokal und zeitlich begrenzt statt. Selbiges gilt für Wartungsarbeiten und Reparaturen.

### **3.1.4 Wissenschaftliche Meeresforschung**

In der AWZ der Ostsee finden sowohl Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung im Rahmen von Überwachungsmaßnahmen statt. Fischereiliche Aspekte standen dabei bis vor wenigen Jahren im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten in der AWZ. In den letzten Jahren werden jedoch vermehrt Forschungsprojekte im Zusammenhang mit zukünftigen Nutzungen der AWZ, wie Offshore-Windenergie und Kabelverlegung durchgeführt. So wurden u.a. Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen im Rahmen der Projekte MINOS und MINOS+ erforscht. Zur Festlegung von marinen Schutzgebieten nach EU-VRL und FFH-RL wurden im Rahmen von Forschungsprojekten großräumige Kartierungen vorgenommen. Ferner werden von Antragstellern im Rahmen von beantragten und nach UVPG genehmigungspflichtigen Projekten biologische Daten in Vorhabensgebieten in der AWZ erhoben.

Neben den Forschungsaktivitäten der Universitäten der Küstenstädte Hamburg, Kiel, Rostock und Greifswald können u.a. folgende Einrichtungen in Verbindung mit Meeresforschung in der AWZ der Ostsee genannt werden:

- Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ostseefischerei (vTI-OSF)
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Bundesamt für Naturschutz (BfN)
- Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) in Büsum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Institut für Ostseeforschung (IOW) in Warnemünde
- Meeresmuseum Stralsund
- Forschungszentrum Jülich GmbH.

Im Rahmen der Forschungsaktivitäten ist generell mit zusätzlichem Schiffsverkehr zu rechnen. Intensive Fischereiforschungsaktivitäten finden durch das vTI-OSF und andere Forschungsinstitute statt. Die für fischereiliche Forschungen neben pelagischen Netzen auch eingesetzten Grundschleppnetze haben ein Rollengeschirr und dringen daher nur wenige Millimeter bis Zentimeter tief in den sandigen bis schlickigen Meeresboden der Ostsee ein..

Im Rahmen der Überwachung (BLMP und HELCOM) auf Nähr- und Schadstoffe werden in der AWZ regelmäßig Wasser- und Sedimentproben genommen. Hydrographische Parameter (u. a. Temperatur und Salzgehalt) werden mit Hilfe von Sonden gemessen. In der Ostsee werden im Rahmen der HELCOM-Überwachung seit Jahren auch biologische Parameter untersucht: Chlorophyll-a, Phyto- und Zooplankton, Benthos. Das IOW betreibt zudem gemeinsam mit dem BSH drei automatische Messstationen (MARNET). Mit Mitteln des BMU und des Landes Mecklenburg-Vorpommern wird derzeit die Forschungsplattform FINO 2 (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) im Seegebiet des „Kriegers Flak“ errichtet und mit Messgeräten ausgerüstet. Das Forschungsprojekt FINO 2 soll die Bedingungen für eine langfristige windenergetische Nutzung, die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die marine Flora und Fauna sowie die optimale verkehrstechnische Gestaltung ermitteln.

Marine Säugetiere, See- und Zugvögel werden bisher nur im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht. Zur Erforschung der Habitatnutzung durch Schweinswale wird zudem ein Netz von automatischen Klickdetektoren, so genannten TPODs eingesetzt.

### **3.1.5 Offshore-Windenergienutzung**

Die Offshore-Windenergiegewinnung ist eine sich neu entwickelnde Nutzungsform in der AWZ. Bis zum Januar 2009 sind in der deutschen AWZ der Ostsee drei Offshore-Windparks mit insgesamt 240 OWEA genehmigt worden, wovon zur Zeit noch keiner realisiert wurde. Die Flächen der genehmigten Vorhaben variieren bei einer Anzahl von 80 OWEA – welche z.Zt. die maximale Anzahl von Anlagen in einem Offshore-Windpark darstellt - von ca. 30 bis ca. 40 km<sup>2</sup>. Die von einer einzelnen OWEA beanspruchte Fläche liegt je nach Fundamenttyp zwischen ca. 50 m<sup>2</sup> und 2000 m<sup>2</sup>. Der Abstand zwischen den einzelnen OWEA wird 750 bis 1.000 m betragen. Die Konfiguration eines Windparks wird projekt- und standortspezifisch so gewählt, dass Belange der Sicherheit der Schifffahrt und der belebten Umwelt gewahrt werden.

Als Fundamenttypen für die OWEA kommen Pfahlgründungen in Form von Monopile- oder Mehrbein-Konstruktionen in Betracht. Unter den Mehrbein-Konstruktionen kommen so genannte Tripod-, Tripile- oder Jacket-Konstruktionen in Frage. Daneben sind Weiterentwicklungen von Gründungsvarianten wie z.B. abgespannte Fundamente („Tension-leg“) grundsätzlich denkbar. Auch der Einsatz von Schwerkrafftimenten, die durch ihr Eigengewicht fest auf dem Meeresboden stehen, ist vorstellbar. Die Gründungselemente werden gegen Auskolkung geschützt, indem entweder ein entsprechender Kolkenschutz in Form von Steinschüttungen um

die jeweiligen Elemente ausgelegt wird oder die Gründungspfähle entsprechend tiefer in den Boden eingebracht werden. Gründungspfähle aus Stahl werden i.d.R. in den Boden gerammt. Bei besonderen Untergrundverhältnissen (z.B. Auftreten von Findlingen) oder bei Verwendung von Betonpfeilern werden die Fundamente unter Verwendung von Bohrungen in den Baugrund eingebaut. Eine zusätzliche Variante sind die so genannten Gewicht- oder Schwebfundamente, die zwar ohne Rammen oder Bohren auskommen, dafür jedoch größere Flächen beanspruchen.

Die OWEA und das Fundament sind als Einheit zu betrachten. Die OWEA werden mit Türmen, Naben und Rotoren mit je drei Blättern und horizontalen Achsenturbinen mit einheitlicher Drehrichtung versehen. Zudem wird es auf den Anlagen Versorgungseinrichtungen geben (u.a. Geräte- und Materiallagerung, Notfallausrüstung). Für die OWEA sind auch Ölfangsysteme vorgesehen, um Verschmutzungen zu vermeiden. Derzeit sind OWEA-Typen mit einer Nennleistung zwischen drei und sechs MW in der Entwicklung. Der Rotordurchmesser sowie die Nabhöhe variieren je nach OWEA-Typ. Derzeit ist insbesondere der Einsatz von 5 MW-Anlagen geplant. Diese haben nach Herstellerangaben eine Nabhöhe von ca. 100 m und einen Rotordurchmesser von ca. 125 m. Die Fundamenthöhe liegt meistens ca. 15 m und der Turm ca. 95 m über dem Meeresspiegel.

In der Konstruktionsphase ist gebietsweise mit erhöhtem Schiffsverkehr durch Versorgungs-, Errichtungs- und Verlegeschiffen zu rechnen. Durch die Rammarbeiten der Gründungspfähle sind Schallemissionen, deren Dauer und Intensität verfahrensabhängig variiert, zu erwarten. Die einzelnen Windenergieanlagen werden jedoch sukzessiv aufgebaut, so dass die Rammarbeiten lokal und zeitbegrenzt stattfinden werden.

Bei der Errichtung von OWEA wird der Boden durch das Einbringen von Gründungselementen und der parkinternen Verkabelung in Anspruch genommen und lokal dauerhaft versiegelt. Durch die Anlagen wird zudem die Strömung kleinräumig beeinflusst und damit auch die Kolkbildung. Insgesamt sind um die Anlagen Veränderungen des Substrats zu erwarten. Die Anlagen verändern als hochragende Struktur zudem das Landschaftsbild.

Betriebsbedingt kommt es durch die Windenergieanlagen zu Schallemissionen und Vibrationen. Diese fallen jedoch verglichen mit der Konstruktionsphase weitaus geringer aus. Lichtreflexionen und Schattenwurf durch die rotierenden Blätter der Anlagen sind möglich. Die Windenergieanlagen wie auch die Umspannstation werden tagsüber durch besondere Farbgebung gekennzeichnet, um für die Schifffahrt und die Luftfahrt gut sichtbar zu sein. In der Dunkelphase werden die Anlagen befeuert. Für die Sicherheit der Schifffahrt sind außerdem Sonar-Transponder und AIS-Kennzeichnung vorgesehen.

Bei der Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Festlegung der Vorranggebiete für Windenergie (siehe Kap. 4.5) die hier dargestellte Genehmigungslage vor Inkrafttreten des Raumordnungsplans zu berücksichtigen.

### **3.1.6 Fischerei und Marikultur**

#### ***Fischerei***

Fischerei stellt neben der Schifffahrt in der Ostsee die traditionellste Nutzung dar. Der Fangerfolg wurde im Laufe der Zeit durch die Entwicklung von speziellen Fangfahrzeugen und Fangtechniken immer größer. Die kommerziell wichtigsten Arten in der Ostsee sind Dorsch, Hering und Sprotte. Plattfischarten, wie Flunder, Scholle und Steinbutt spielen in der Fischerei der Ostsee eine nachgeordnete Rolle. Aufgrund des Rückgangs der Fischbestände und der regulierenden Maßnahmen gehen die Erträge jedoch inzwischen zurück. Der Dorschbestand in der westlichen Ostsee war dabei immer kleiner als der Bestand der östlichen Ostsee. Nach

Schätzungen von ICES ist die Biomasse der laichreifen Dorsche in der westlichen Ostsee derzeit auf dem Niveau von 2002 oder liegt sogar etwas darunter (ICES 2007).

Um die Fischbestände zu schützen bzw. die Regenerationsprozesse zu ermöglichen, setzt die EU inzwischen im Rahmen der gemeinsamen Fischereipolitik jährlich die zulässigen höchsten Fangmengen (so genannte Total Allowable Catches) fest. Diese werden dann unter den Mitgliedsstaaten aufgeteilt, so dass jedes Land über eine vorgegebene Fangquote verfügt.

Zum Fang von bodenlebenden Fischarten werden in der AWZ der Ostsee u.a. Grundschiepnetze, Stellnetze, Reusen und Langleinen eingesetzt. Pelagische Fische werden dagegen mit pelagischen Stellnetzen oder Treibnetzen gefangen. Bei der kommerziellen Fischerei werden auch fischereilich uninteressante Fischarten in beachtlichen Mengen mitgefangen, die nach dem Fang aussortiert und über Bord geworfen werden. Dieser Fanganteil wird allgemein als Discard (Rückwurf) bezeichnet. Schätzungsweise 11.000 t Beifang fallen jährlich durch die Fischerei in der Ostsee an, wobei ein Großteil davon sich in der südwestlichen Ostsee konzentriert (UBA, 2006).

Dorsch wird in der Ostsee gezielt gefangen. Gelegentlich kommt Dorsch auch als Beifang der Fischerei auf Plattfische vor. Es gibt auch Hinweise, dass Dorsch häufig durch Freizeit-Fischerei gefangen wird. Hering und Sprotte werden mit pelagischen Netzen gefangen. In deutschen Gewässern wurden Heringe bis 2001 überwiegend mit Treib- und Stellnetze gefangen. Der Anteil der Schleppnetzfisherei hat jedoch seit 2001 zugenommen (ICES 2007).

Aufgrund der aktuellen Entwicklung der Bestände schlägt ICES für den Dorsch in der westlichen Ostsee eine höchste Fangmenge von 13.500 t für 2007 vor. Für Hering beträgt die empfohlene höchste Fangmenge 71.000 t (ICES 2007).

---

### **Marikultur**

Marikultur beinhaltet die Produktion von Fischen, Krebstieren (Garnelen), Weichtieren (Muscheln) und Algen unter kontrollierten Bedingungen in speziellen Einrichtungen im Salz- oder Brackwasser. Die Marikultur ist ein weltweit wachsender Markt.

Derzeit gibt es noch keine Marikultur in der deutschen AWZ. Lediglich in Küstengewässern der Ostsee sind derzeit einzelne Anlagen vorhanden.

Aus den Marikulturanlagen (insbesondere Netzkäfiganlagen zur Aufzucht von Fischen) können größere Nährstoffmengen freigesetzt werden, da nicht alle in Fischkulturen verfütterten Nährstoffe in Biomasse umgesetzt werden. Neben den löslichen Ausscheidungsprodukten der Zucht werden Feststoffe in der Wassersäule verteilt und führen in der Nähe der Käfiganlagen zu einer ständigen Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen. Da Mikroalgen das Nährstoffangebot nicht rechtzeitig umsetzen können, sammeln sich ausgeschiedene Feststoffe und nicht gefressene Futterpellets unter den Käfigen (je nach Strömung) an, wodurch lokale Eutrophierungseffekte zu verzeichnen sind (WALTER et al., 2003). Durch den mikrobiellen Abbau der Substanzen besteht die Gefahr von Sauerstoffmangelsituationen.

Die Intensivhaltung in Marikulturen erfordert den Einsatz von Medikamenten zur Vorbeugung und Behandlung von Krankheiten, für die Massenkulturen besonders anfällig sind. Außer veterinärmedizinischen Substanzen werden auch Desinfektions- und Antifoulingmittel bei der Marikultur eingesetzt (WALTER et al., 2003). Die in das System eingebrachten Stoffe können zu Schadstoffbelastungen für das Wasser führen.

Häufig sind die in der Marikultur gezüchteten Arten keine einheimischen Arten. Wenn solche Kulturorganismen entkommen, besteht die Gefahr, dass diese sich ausbreiten. Ein Beispiel hierfür ist die durch Marikultur in deutschen Gewässern der Nordsee eingeführte Pazifische Auster.

Aber auch das Entkommen von heimischen Arten aus Zuchtanlagen gefährdet unter Umständen die Umgebung. Zudem können auch Parasiten aus Marikulturanlagen in die Meeresumwelt gelangen (WALTER et al. 2003).

## **3.2 Boden und Wasser**

### **3.2.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Boden und Wasser**

#### **3.2.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Boden und Wasser**

Durch die Schifffahrt werden Schadstoffe emittiert, die zur Belastung des Sediments und Wassers beitragen.

Durch den Eintrag von Öl werden Wasser und Sediment in unterschiedlichem Ausmaß mit z.T. stark toxischen Schadstoffen belastet. In Abhängigkeit von Menge, Art und Zusammensetzung können Ölflecken bis -teppiche entstehen, die unter entsprechenden Wetterlagen weiträumig verbreitet werden und auf den Meeresboden absinken können.

#### **3.2.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Boden und Wasser**

##### ***Rohrleitungen***

Während der Verlegung in den Meeresboden ist die Bildung einer bodennahen Trübungsfahne sowie die kleinräumige Änderung der Morphologie und des Sedimentverbands nicht auszuschließen.

Die Bildung von Unterspülungen („Freespans“) kann zu einer Änderung der Sedimentbeschaffenheit bzw. Kornzusammensetzung führen, die jedoch räumlich eng begrenzt ist. Diese Unterspülungen können sich in Abhängigkeit des Sandangebots und geologischen Aufbaus des Untergrunds stabilisieren oder nur zeitweise auftreten. Bei Sanddefiziten kann es zu einer Änderung des Substrats kommen, indem z. B. Geschiebemergel, Kley o.ä. zeitweise am Meeresboden ansteht.

Die aus einem Abdrucktest stammenden Chemikalien können in hoher Verdünnung in den Wasserkörper eingeleitet werden. Zum Schutz der Rohrleitung vor äußerer Korrosion sind in regelmäßigen Abständen Opferanoden aus Zink und Aluminium angebracht, die nur in geringen Mengen gelöst und in die Wassersäule freigesetzt werden. Aufgrund der sehr starken Verdünnung liegen sie nur in Spurenkonzentrationen vor; im Wasser werden sie an herabsinkende oder aufgewirbelte (resuspendierte) Sedimentpartikel adsorbiert und sedimentieren auf dem Meeresboden.

Gasaustritte sind durch Beschädigung der Rohrleitung möglich. Kommt es zu einem entsprechenden Unfall (Treffer bei Notankerung oder Schiffsuntergang), fällt aufgrund des Gasaustritts der Betriebsdruck innerhalb kurzer Zeit auf einen kritischen Schwellenwert, der ein automatisches Schließen von Teilabschnitten der Leitung (sog. „Shutdown“) verursacht. Es kann demzufolge nur noch das in der abgeschotteten Leitung verbliebene Trockengas austreten. Außerdem kann Gas in geringfügigen Mengen durch undichte Ventile austreten.

##### ***Seekabel***

Beim Verlegen von Seekabeln kommt es generell zu Änderungen der Bodenmorphologie und des ursprünglichen Sedimentaufbaus im Trassenbereich als Folge der Kabelverlegung sowie zur Bildung einer bodennahen Trübungsfahne und zum Schadstoffeintrag durch den Baustellenverkehr. Untersuchungen in der Ostsee belegen, dass aufgrund der natürlichen Sedimentdynamik der Meeresboden entlang der betroffenen Trassen eine Regenerierung erfährt (ANDRULEWICZ et al., 2003).

Magnetische Wirkungen während des Betriebs von stromabführenden Kabeln können vernachlässigt bzw. ausgeschlossen werden, weil sich bei Wechselstromkabel (Dreileiter-Drehstromkabel) und bipolaren Gleichstromkabeln die magnetischen Felder nahezu aufheben. In Abhängigkeit der Dauer und Stärke der Windgeschwindigkeit kommt es bei der Stromabführung an das landseitige Netz zu Energieverlusten, die in der Folge zu einer Erwärmung des Sediments um das Kabel führen. Nach dem Stand der Technik werden keine Öl-isolierten Kabel verwendet. Blei kann durch die Isolierung nicht austreten.

Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für stromabführende Kabel von Offshore-Windparks wurden Berechnungen zur Sedimenterwärmung als Folge von Energieverlusten durch den elektrischen Widerstand der Kabel vorgelegt. BRAKELMANN UND STAMMEN (2006) konnten nachweisen, dass die in den jeweiligen Gutachten unterschiedlichen Berechnungsmethoden (Spiegelungs- und Finite Elemente-Methode) trotz des sehr unterschiedlichen Rechenaufwands zu denselben Ergebnissen führen.

Die Modellergebnisse sind u.a. von folgenden Ausgangsparametern abhängig:

- Maximale Wirkleistung des Windparks: die Erfahrungen mit Onshore-Windparks und Windmessungen auf See (FINO 1) zeigen, dass als Dauerlast nur eine über drei aufeinander folgende Tage anstehende Vollast realistisch ist.
- Kabeltyp (Gleich- oder Wechselstromkabel), Durchmesser des Kabels, Verluste: Es wird von thermisch entkoppeltem Kabel ausgegangen, d.h. der Abstand zwischen zwei Kabeln ist ausreichend, so dass eine gegenseitige thermische Beeinflussung ausgeschlossen ist.
- Umgebungstemperatur: je nach Wassertiefe und Jahreszeit ist von einer Schwankungsbreite in der natürlichen Sedimenttemperatur auszugehen, die Einfluss auf die Wärmeabfuhr hat.
- Spezifischer Wärmewiderstand des umgebenden Sediments: in der AWZ kommen überwiegend wassergesättigte Sande vor, für deren spezifischen Wärmewiderstand unter Berücksichtigung verschiedener Quellen ein Größenbereich von  $0,4$  bis  $0,7 \text{ KmW}^{-1}$  gültig ist (SMOLCZYK, 2001; BARTNIKAS UND SRIVASTAVA, 1999; VDI, 1991; BARNES, 1977). Danach ist bei wassergesättigten Grobsanden von einer effizienteren Wärmeabfuhr auszugehen als bei feinkörnigeren Sanden.
- Verlegetiefe: je tiefer ein Stromkabel verlegt ist, umso höher ist aufgrund der geringeren Wärmeabfuhr durch den abnehmenden Einfluss des Bodenwassers die Temperatur im Kabel.

Unter Berücksichtigung dieser für die Modellergebnisse relevanten Variablen kann davon ausgegangen werden, dass i.d.R. bei Berücksichtigung einer entsprechenden Verlegetiefe keine für die Schutzgüter Wasser und Sediment relevante Erwärmung durch den Kabelbetrieb zu erwarten ist.

### **3.2.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Boden und Wasser**

Die regelmäßige wissenschaftliche Befischung ist bezogen auf die Gesamtfläche nur sehr kleinräumig sowie zeitlich begrenzt und verursacht daher so gut wie keine nennenswerten Auswirkungen. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass als Folge der regelmäßigen Befischung eine Kornsortierung auf dem Meeresboden stattfindet, indem sich ehemals aufgewirbeltes, feinsandiges Sediment auf der Meeresbodenoberfläche anreichert. Dagegen spricht, dass wegen der natürlichen Sedimentdynamik, insbesondere während intensiver Sandumlagerungen bei Stürmen, die oberen Dezimeter vollständig vermischt werden, und damit eine weitgehend natürliche Sedimentbeschaffenheit wieder hergestellt wird. Dies führt u.a. auch dazu, dass Schleppspuren i.d.R. nicht dauerhaft auf den überwiegend sandigen Meeresböden der AWZ zu beobachten sind.

Die bodennahe Bildung von Trübungsfahnen und mögliche Freisetzung von Schadstoffen aus dem sandigen Sediment ist aufgrund des relativ geringen Feinkornanteils (Schluff und Ton) und der geringen Schwermetallkonzentrationen zu vernachlässigen. Im Bereich der schluffigen Meeresböden kann zu einer deutlichen Freisetzung von Schadstoffen aus dem Sediment in das Bodenwasser kommen. Die Schadstoffe haften sich i.d.R. an herabsinkende Partikel, die wegen der geringen Strömungen in den Ostseebecken kaum über größere Distanzen verdriftet werden und in ihrem angestammten Milieu verbleiben. Eine Ausnahme bilden Einzeleignisse wie Salzwassereinbrüche über die dänischen Belte und Sunde, die unter bestimmten Voraussetzungen und zeitlich eng begrenzt bodennahe Trübung lateral verfrachten können. Langfristig wird dieses remobilisierte Material wieder in den schlickigen Becken abgesetzt.

#### **3.2.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Boden und Wasser**

Bei der Gründung der OWEA und technischen Plattformen sowie bei der Verkabelung der Anlagen untereinander und der landseitigen Anbindung kommt es kurzzeitig zur Aufwirbelung von Sedimenten und zur Ausbildung von Trübungsfahnen. Da es sich bei den Oberflächensedimenten vornehmlich um Fein- und Mittelsande, stellenweise auch um Grobsande, handelt, wird sich das freigesetzte Sediment schnell absetzen. Die zu erwartenden Beeinträchtigungen durch erhöhte Trübung bleiben lokal kleinräumig begrenzt. Kurzfristig können Schad- und Nährstoffe aus dem Sediment in das Bodenwasser freigesetzt werden.

Durch die Anströmung der Pfähle kommt es stromabwärts durch Wirbelbildung (von Karman'schen Wirbelstraßen) zu erhöhter Turbulenz und verstärkter vertikaler Vermischung. Die zu erwartenden Turbulenzelemente haben etwa den Durchmesser der angeströmten Bauwerke, jedoch eine deutlich größere Längsausdehnung im „Kielwasser“, abhängig von der Geschwindigkeit des anströmenden Wassers und der Intensität des umgebenden Turbulenzfeldes (z.B. Intensität des Seegangs). Modellstudien von MITTENDORF und ZIELKE (2002) zeigen, dass es seitlich der Masten zu einer lokalen Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit kommt, aber zu einer leichten Reduzierung der Geschwindigkeit im gesamten Windpark. Beispielhaft wurde für 833 Anlagen auf 1000 km<sup>2</sup> auf dem Borkum-Riffgrund eine mittlere Reduktion der Stromgeschwindigkeit von etwa 3 % prognostiziert. BRUUN CHRISTIANSEN and HASAGER (2005) wiesen anhand von aus Radar-Satellitenaufnahmen abgeleiteten Windkarten für die dänischen Offshore-Windparks „Horns Rev“ und „Nystedt“ eine Reduzierung der Windgeschwindigkeit von durchschnittlich 8 bis 9 % nach.

Offshore-Windparks können direkt im Ausbreitungsweg des dichten Bodenwassers liegen, wodurch die Unterwasserkonstruktionen von Windenergieanlagen bei mittelstarken Einstromereignissen durch erhöhte Reibung mit der Strömung zu einer vermehrten Einmischung von leichterem Brackwasser und somit zur Verdünnung des Bodenwassers führen könnten. Dieses nunmehr leichtere Bodenwasser würde sich auf seinem Weg in die tieferen Becken der Ostsee etwas höher in die Wassersäule einschichten und somit im geringeren Maße zur Be-

lüftung (Sauerstoffversorgung) der Tiefenwasser beitragen (BURCHARD und LASS, 2004; LASS, 2003).

Strömungsbedingte dauerhafte Sedimentumlagerungen werden sich bei den vorgesehenen Abständen zwischen den Anlagen nach den bisherigen Erkenntnissen nur um die jeweils einzelne Anlage ergeben und keine großräumigen Veränderungen und Auswirkungen nach sich ziehen. Die abgeschlossenen Forschungsprojekte an der Universität Hannover und am AWI befassten sich mit etwaigen großräumigen Auswirkungen des Sedimenttransports von derartigen Anlagen. Die Ergebnisse des AWI zeigen, dass die Sedimentveränderungen in unmittelbarer Nähe eines Wracks, das als Vergleich zu etwaigen Auswirkungen von Gründungsbau teilen von OWEA herangezogen wird, auf einen Radius von unter 50 m beschränkt bleiben (KNUST et al., 2003). Diese Einschätzung wird durch aktuelle Messergebnisse aus dem abgeschlossenen Forschungsvorhaben BeoFINO belegt, die im Umfeld der Gittermasten der Messplattform FINO 1 vom März 2003 bis September 2004 durchgeführt wurden (OREJAS et al., 2005). Demnach konnten Veränderungen in der Sedimentbeschaffenheit senkrecht zur Hauptströmungsrichtung nur im Nahbereich (d.h. Abstände von 1 bis 5 m von der Plattform) nachgewiesen werden. Ab einer Entfernung von 10 bis 400 m waren keine Veränderungen mehr feststellbar. In Hauptströmungsrichtung wird die Bodenströmung im Mittel bis etwa 40 m Entfernung beeinflusst. Mit diesem Ergebnis wird die bisherige Einschätzung zum maximalen Ausmaß der Sedimentveränderung bestätigt. Großräumige oder gar auswirkungspotenzierende Veränderungen des Bodens, der Strömung und des Sedimenttransports über die Einzelanlage hinaus sind daher nicht zu erwarten.

Inzwischen liegen für den dänischen Offshore-Windpark „Horns Rev“ in der Nordsee erste Monitoring-Ergebnisse vor. Zwei Jahre nach Errichtung der OWEA konnten keine Veränderungen in der Sedimentbeschaffenheit nachgewiesen werden, die im Zusammenhang mit den Anlagen stehen. Vielmehr spiegeln die Korngrößenverteilungen der Jahre 2001 bis 2003 die natürliche Sedimentdynamik der Nordsee wieder (BIOCONSULT AS, 2003).

Für den dänischen Offshore-Windpark „Nystedt“ liegen erste Ergebnisse zu Temperaturmessungen an einem parkinternen Kabel vor (MEISSNER et al., 2006). Die Sedimenterwärmung blieb während des Messzeitraums unter den zu erwartenden Temperaturen. Selbst unter Berücksichtigung des Umstands, dass beim Verfüllen der Messsonden gröbere Sande verwendet wurden, kann davon ausgegangen werden, dass in Folge der Erwärmung des Bodens keine negativen Auswirkungen auf die Schutzgüter „Wasser“ und „Sediment“ haben, und aus diesem Grund auch von keiner Freisetzung von Schadstoffen in nennenswertem Umfang auszugehen ist.

Aufgrund der geringen Belastung und der verhältnismäßig raschen Resedimentation der Sande ist der Schadstoffeintrag durch aufgewirbeltes Sediment in die Wassersäule zu vernachlässigen. Dies gilt insbesondere vor der Tatsache, dass die sandigen Sedimente natürlicherweise (z. B. bei Stürmen) durch bodenberührenden Seegang und entsprechende Strömung aufgewirbelt und umgelagert werden. Auswirkungen in Form mechanischer Beanspruchung des Bodens durch Verdrängung, Kompaktion und Erschütterungen, die im Zuge der Bauphase zu erwarten sind, werden wegen ihrer Kleinräumigkeit als gering eingeschätzt. Aus grundbaulicher Sicht sind die dabei entstehenden Reibungskräfte notwendig, um die Standsicherheit der Anlagen zu gewährleisten.

Betriebsbedingt wird es durch die Wechselwirkung von Fundament und Hydrodynamik im Umkreis der Anlagen zu einer dauerhaften Aufwirbelung und Umlagerung der sandigen Sedimente kommen. Ggf. kommt es im unmittelbaren Nahbereich der Anlagen zur Kolkbildung. Durch abwechselnde Zug- und Druckbeanspruchung der Gründungen können zeitlich begrenzte Schwingungsimpulse im Boden auftreten.

Beim Betrieb der Anlagen kann es zu Verunreinigungen des Wassers kommen. Für die Errichtung und den Betrieb von OWEA wird für anfallende Abfälle sowie verbrauchte Betriebs-



stoffe eine ordnungsgemäße Entsorgung an Land vorgeschrieben. Vor der geplanten Bau- maßnahme ist ferner ein Konzept vorzulegen, in dem der Umgang mit Abfall und Betriebs- stoffen umfassend und vollständig dargestellt wird. Außerdem können bei den Sedimentumla- gerungen und ggf. bei einer Kolkbildung kurzfristig Schad- und Nährstoffe aus dem Sediment in das Bodenwasser eingetragen werden.

### **3.2.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Boden und Was- ser**

#### ***Fischerei***

Für fischereiliche Zwecke werden in der AWZ der Ostsee Schlepp- und Stellnetze eingesetzt. Die Scherbretter der Grundsleppnetze dringen i.d.R. wenige Millimeter bis Zentimeter tief in den sandigen bis schlickigen Meeresboden der Ostsee ein. Dieser zeitlich und räumlich varia- ble Eingriff unterliegt im Zuge der natürlichen Sedimentdynamik auf den sandigen Meeresbö- den einer relativ raschen Regenerierung, so dass die Schleppspuren i. d. R. innerhalb einiger Tage bis Wochen verschwunden sind. In größeren Wassertiefen, insbesondere in den Ost- seebecken, bleiben die verhältnismäßig tiefen Schleppspuren über lange Zeiträume wegen der geringen Sedimentdynamik erhalten.

Die bodennahe Bildung von Trübungsfahnen und mögliche Freisetzung von Schadstoffen aus dem sandigen Sediment ist aufgrund des relativ geringen Feinkornanteils (Schluff und Ton) und der geringen Schwermetallkonzentrationen zu vernachlässigen. Im Bereich der schluffi- gen Meeresböden kann es zu einer deutlichen Freisetzung von Schadstoffen aus dem Sedi- ment in das Bodenwasser kommen. Die Schadstoffe haften sich i.d.R. an herabsinkenden Partikeln, die wegen der geringen Strömungen in den Ostseebecken kaum über größere Di- stanzen verdriftet werden und in ihrem angestammten Milieu verbleiben. Eine Ausnahme bil- den Einzelereignisse wie Salzwassereintrüche über die dänischen Belte und Sunde, die unter bestimmten Voraussetzungen und zeitlich eng begrenzt bodennahe Trübung lateral verfrach- ten können. Langfristig wird dieses remobilisierte Material wieder in den schlickigen Becken abgesetzt.

#### ***Marikultur***

Die Ausscheidung von Exkrementen im Fall von Muschelkulturen führt lokal zu einer Sedi- mentation von organischer Materie, die im weiteren Umkreis abgelagert und verhältnismäßig rasch abgebaut wird. Dabei werden Nährstoffe wieder in die Wassersäule freigesetzt und durch die Strömung verdünnt.

### **3.2.2 Entwicklung des Schutzgutes Boden und Wasser bei Nichtdurchführung des Plans**

Die Schutzgüter Boden und Wasser würden sowohl bei der Durchführung als auch bei der Nichtdurchführung des Plans durch verschiedene bereits genehmigte bzw. nicht genehmi- gungspflichtige Nutzungen, wie z.B. Schifffahrt, in Teilen wie dargestellt weiterhin stark bean- sprucht werden. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Seekabeln zur Ableitung in der AWZ gewonnener Energie wäre bei Nichtdurchführung des Planes mit einer zeitlich und räumlich unkoordinierten Verlegung zu rechnen. Dieses könnte zu einem vergleichsweise hohen Flächenverbrauch, vermehrten Sedimentumlagerungen und damit zu erhöhten negativen Auswirkungen auf das Schutzgut gegenüber einer zeitlich koor- dinierten Verlegung führen. Zudem wäre mit einer erhöhten Anzahl von Kabelkreuzungen zu

rechnen, welche die Einbringung von Hartsubstrat notwendig machen würde. So könnten bspw. Steinschüttungen auch in Gebieten mit überwiegend homogenem sandigen Meeresboden notwendig werden.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der NATURA2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Muschelkulturen in der AWZ denkbar. Durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge könnte es zu lokalen Auswirkungen auf das Schutzgut kommen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Bodens sowie des Wassers deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesetzte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses führt ebenfalls zu Veränderungen bei den weiteren Schutzgütern. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **3.3 Phyto- und Zooplankton**

#### **3.3.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

##### **3.3.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

Auswirkungen durch den Schiffsverkehr auf das Phyto- und Zooplankton können durch Verschmutzungen im Normalbetrieb oder bei Unfällen sowie durch die Einführung von nicht einheimischen Arten mit dem Ballastwasser verursacht werden.

Im Normalbetrieb geht von der Schifffahrt eine potenzielle Gefährdung für Phyto- und Zooplankton aus. Schadstoffe können sich in den marinen Nahrungsketten - beginnend mit den Organismen des Phyto- und Zooplanktons - anreichern. Die Auswirkungen von Schadstoffaustritten sind überregional und permanent. Gebietspezifisch sind sogar Auswirkungen von hoher Intensität möglich, wie z. B. entlang von vielbefahrenen Schifffahrtsrouten.

Eine weitere potenzielle Gefährdung stellt die Einführung von nicht einheimischen Arten dar, die von der Schifffahrt durch Ballastwasser eingeschleppt werden. In der Ostsee haben sich bereits drei nicht einheimische Arten etabliert (GOLLASCH, 2004). Zudem sind nicht einheimische Arten im Mero- und Holozooplankton der Ostsee gefunden worden (GOLLASCH, 2003). In letzter Zeit wurden in der Ostsee Vorkommen der nicht einheimischen großen Rippenqualle *Mnemiopsis leydei* identifiziert. Die Einführung von nicht einheimischen Phyto- und Zooplanktonarten kann direkte Auswirkungen auf die natürliche Artenzusammensetzung durch Verdrängung einheimischer Arten haben. Weiterhin können Veränderungen hinsichtlich der Biomasse, Abundanz und Primärproduktion nicht ausgeschlossen werden. Indirekt kann die Einschleppung gebietsfremder Phytoplanktonarten sogar Auswirkungen auf die gesamten Nahrungsketten haben, da ihr direkter Konsument, das Zooplankton (Grazers), beeinflusst wird. Eine daraus resultierende veränderte Nahrungsqualität für die folgenden Glieder der Nahrungsketten (Benthos, Fische, Vögel, Säuger) kann nicht ausgeschlossen werden. Positive Auswirkungen, z.B. durch Erhöhung der Biomasse sind ebenfalls möglich. Insgesamt ist jedoch von einer Veränderung der natürlichen Prozesse im Plankton durch die Einführung von

nicht einheimischen Arten auszugehen. Die Auswirkungen der Einführung und Ausbreitung von nicht einheimischen Arten können überregional und permanent ausfallen.

Bei Schiffsunfällen können große Mengen an Chemikalien und Öl ins Meerwasser gelangen. Die Aufnahme der im Wasser gelösten Schadstoffe durch das Phyto- und Zooplankton kann letztendlich zur Anreicherung der Schadstoffe in den gesamten marinen Nahrungsketten führen. Damit sind durch Schiffsunfälle alle trophischen Ebenen betroffen (Prädatoren und Konsumenten). Auch wenn die Unfälle lokal wie zeitlich begrenzt sind, machen sich deren Auswirkungen über die Nahrungsketten regional wie überregional und langanhaltend, sogar permanent bemerkbar.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf Phyto- und Zooplankton wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Überregionale, permanente Auswirkungen durch Schadstoffaustritt im Normalbetrieb
- regionale bis überregionale, permanente Auswirkungen durch Einführung von nicht einheimischen Arten mit dem Ballastwasser
- regionale bis überregionale, langanhaltende Auswirkungen in Folge von Schiffsunfällen.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Anreicherung von Schadstoffen aus dem normalen Schiffsbetrieb im Phyto- und Zooplankton und Akkumulation in weiteren Komponenten der Nahrungsketten bis hin zu den oberen Prädatoren und dem Menschen
- Veränderungen der Artenzusammensetzung durch Verdrängung von einheimischen Arten und Verbreitung von nicht einheimischen Arten
- Veränderungen der verfügbaren Biomasse, Abundanz und Primärproduktion des Ökosystems
- Veränderungen in den marinen Nahrungsketten durch nicht einheimische Planktonarten und veränderte Nahrungsqualität
- Auswirkungen durch Anreicherung in der marinen Nahrungsketten über das Plankton aufgrund von Unfällen mit Öl- bzw. Schadstoffaustritt können regional bis überregional und zeitlich begrenzt bis permanent ausfallen.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Schifffahrt auf Phyto- und Zooplankton nur teilweise eingeschätzt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass auch auf der *Populationsebene* von Phyto- und Zooplanktonarten Auswirkungen der Schifffahrt erheblich sein können.

### **3.3.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

#### ***Rohrleitungen***

Bei der Verlegung und dem Rückbau von Rohrleitungen kann es durch Sedimentfahnen und Verschmutzungen zu Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton kommen. Im Normalbetrieb sind Auswirkungen mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen. Bei Wartungsarbeiten sind ebenfalls lokale Auswirkungen durch Verschmutzungen möglich.

Bei der Verlegung von Rohrleitungen kommt es temporär zu Sedimenttrübungsfahnen. Durch Umwirbelung von Sedimenten kann es u.U. zudem zur Resuspension von partikulär gebundenen Schadstoffen kommen. Resuspendierte Schadstoffe können vom Phyto- und Zooplankton aufgenommen werden und letztendlich in die marinen Nahrungsketten gelangen. Insgesamt sind die Auswirkungen durch Verlegearbeiten für Phyto- und Zooplankton jedoch kleinräumig

und von kurzer Dauer. Aufgrund der besonderen Strömungsverhältnisse können Trübungsfahnen zwar länger in der Wassersäule der AWZ der Ostsee verweilen als in der Nordsee. Erhebliche Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton können jedoch aufgrund der kurzen Einwirkungszeit und der räumlichen Begrenzung entlang eines schmalen Verlegebereichs mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Im Normalbetrieb haben Rohrleitungen keine Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton.

Nach aktuellem Kenntnisstand können durch Rohrleitungen verursachte Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

### **Seekabel**

Bei der Verlegung und dem Rückbau von Seekabeln können durch Sedimenttrübungsfahnen und Verschmutzungen Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton verursacht werden. Im Normalbetrieb können Auswirkungen durch Seekabel mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

*Baubedingt:* Bei der Verlegung von Seekabeln kommt es temporär zu Sedimenttrübungsfahnen. Die Intensität und Dauer der Trübungsfahnen hängen im Wesentlichen vom Verlegeverfahren ab. Aufgrund der besonderen Strömungsverhältnisse können Trübungsfahnen in der Wassersäule der AWZ der Ostsee länger verweilen als in der Nordsee. Durch Aufwirbelung von Sedimenten kann es u.U. zudem zur Resuspension von partikulär-gebundenen Schadstoffen kommen. Resuspendierte Schadstoffe können von Phyto- und Zooplankton aufgenommen werden und dann in die marinen Nahrungsketten gelangen. Insgesamt sind die Auswirkungen durch Verlegearbeiten für Phyto- und Zooplankton jedoch kleinräumig und von kurzer Dauer. Erhebliche Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton können aufgrund der kurzen Einwirkungszeit und der räumlichen Begrenzung entlang eines schmalen Verlegebereichs mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

*Betriebsbedingt:* Im Normalbetrieb haben Seekabel auf Phyto- und Zooplankton keine erheblichen Auswirkungen.

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen von Seekabeln auf Phyto- und Zooplankton mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

### **3.3.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

Aufgrund der kleinräumigen, zeitlich begrenzten Aktivitäten der wissenschaftlichen Forschung lassen sich erhebliche Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton mit Sicherheit ausschließen.

### **3.3.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

Durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks kann es durch Trübungsfahnen und Schadstoffaustritte zu Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton kommen.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten, insbesondere die Errichtung der Fundamente, sind mit Trübungsfahnen verbunden. Schadstoffaustritte sind eher unwahrscheinlich und nur bei Unfällen zu erwarten. Bei der Errichtung der Fundamente kommt es temporär zu Sedimenttrübungsfahnen. Die Intensität und Dauer der Trübungsfahnen hängen im Wesentlichen vom Errichtungsverfahren ab. Zudem werden die Fundamente einzeln und sukzessiv errichtet, so dass nur kleinräumig und zeitlich begrenzt Trübungsfahnen entstehen werden. Insgesamt sind die

Auswirkungen durch die Errichtung der Fundamente für Phyto- und Zooplankton kleinräumig und von kurzer Dauer. Aufgrund der besonderen Strömungsverhältnisse können zwar Trübungsfahnen länger in der Wassersäule in der AWZ der Ostsee verweilen als in der Nordsee. Erhebliche Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton können jedoch aufgrund der kurzen Einwirkungszeit und der räumlichen Begrenzung um die Fundamente mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

*Betriebsbedingt:* Im Normalbetrieb könnten Auswirkungen durch Verschmutzungen bzw. durch Schadstoffaustritte entstehen. Verschmutzungen durch Schadstoffaustritte im Normalbetrieb könnten allerdings höchstens lokal und zeitlich begrenzt eintreten. Aufgrund der hohen Dynamik der hydrographischen Bedingungen können Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Bei Wartungsarbeiten können ebenfalls Verschmutzungen nicht völlig ausgeschlossen werden

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton durch die Errichtung und den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

### **3.3.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

#### ***Fischerei***

Die gesamte deutsche AWZ der Ostsee wird derzeit fischereilich genutzt. Die Fischerei nimmt dabei starken Einfluss auf die gesamten marinen Nahrungsketten. Durch Überfischung wichtiger Fischbestände kann es zu Nahrungslimitierung oder Verschlechterung der Nahrungsqualität für Prädatoren, wie marine Säugetiere und Seevögel, im oberen Bereich der marinen Nahrungsketten kommen. Veränderungen am oberen Bereich der Nahrungsketten, wie z. B. direkte Auswirkungen des Zusammenbruchs der Sandaal-Bestände auf Seevögel machen sich relativ leicht bemerkbar (FREDERIKSEN et al., 2006; FURNESS, 2006; TRITES et al., 2006). Dagegen verlaufen Auswirkungen der Überfischung am unteren Bereich der marinen Nahrungsketten, z. B. bei Phyto- und Zooplankton, fast unbemerkt und lassen sich nur schwer erfassen und quantifizieren. Es sind jedoch gerade diese indirekten Auswirkungen im unteren Bereich der marinen Nahrungsketten, insbesondere wenn diese die Verteilung und Abundanz der Primärproduktion beeinflussen, die zu Veränderungen des gesamten marinen Ökosystems führen (BOYD et al., 2006).

Die Entfernung wichtiger Bestandteile aus dem Ökosystem durch Überfischung oder unkontrollierter Fischerei kann über Unterbrechung der trophischen Wechselbeziehungen innerhalb der marinen Nahrungsketten zu Kaskaden-Reaktionen führen (TRITES et al., 2006). Ein Beispiel hierfür ist die Überfischung des Schwarzen Meeres: Der übermäßigen Entfernung von karnivoren Fischen aus dem Ökosystem durch die Fischerei folgte eine übermäßige Zunahme der Bestände von planktonfressenden Fischen (durch Abwesenheit von Prädatoren). Die extrem hohe Abundanz planktonfressender Fische hatte eine Dezimierung des Zooplanktons zur Folge. Durch Wegfraß des Zooplanktons nahm die Phytoplankton-Biomasse und Abundanz in den letzten Jahren explosionsartig zu (DASKALOV, 2002).

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Fischerei auf Phyto- und Zooplankton wie folgt festhalten:

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Großräumige und anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Einwirkung der Fischerei auf die marinen Nahrungsketten.

Nach aktuellem Kenntnisstand können indirekte Auswirkungen der Fischerei auf Phyto- und Zooplankton nur teilweise eingeschätzt werden.

### **Marikultur**

Phyto- und Zooplankton wären im Falle der Ansiedlung von Marikulturen indirekt über eine Verschlechterung der Wasserqualität betroffen: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten sich im Plankton anreichern und über die marinen Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Benthos, Fische, marine Säugetiere und Seevögel beeinträchtigen.

### **3.3.2 Entwicklung des Schutzgutes Phyto- und Zooplankton bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Phyto- und Zooplankton würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener bereits genehmigter bzw. nicht genehmigungspflichtiger Nutzungen, wie z.B. Fischerei bzw. Schifffahrt, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei der unregulierten Ansiedlung von Marikulturen zu negativen Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton kommen: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten sich im Plankton anreichern und über die marinen Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Benthos, Fische, marine Säugetiere und Seevögel, beeinträchtigen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Phyto- und Zooplanktons deutlich schwieriger zu gewährleisten.

Darüber hinaus machen sich Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Phyto- und Zooplankton inzwischen eindeutig bemerkbar (BEAUGRAND et al 2003, WILTSHIRE UND MANLY 2004). Phyto- und Zooplanktonarten werden künftig zunehmend durch mögliche Auswirkungen der Klimaveränderungen, insbesondere durch Temperatur-, Salinität- und Strömungsänderungen betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.4 Benthos und Biotoptypen**

### **3.4.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen**

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Auswirkungen der Nutzungen auf Benthoslebensgemeinschaften. Da Biotope die Lebensstätten einer regelmäßig wiederkehrenden Artengemeinschaft sind, haben Beeinträchtigungen der Biotope direkte Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften.

#### **3.4.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Benthos**

Zu Auswirkungen der Schifffahrt auf das Benthos kommt es durch folgende Faktoren:

**Öleintrag.** Gefährdungen für Lebewesen gehen schon von kleinsten Verölungen aus. Die Auswirkungen der chronischen Ölverschmutzung auf Vögel sind gut dokumentiert. Dagegen gibt es nur wenige Studien, die die Effekte der chronischen Ölverschmutzung auf andere Organismen untersuchen. Die wenigen Untersuchungen zeigen u.a. eine verringerte Artenvielfalt und Individuenzahl bei den Mollusken. BERNEM (2003) betrachten vor allem die Effekte auf Küstenbereiche und identifizieren insbesondere Salzwiesen als gefährdete Habitate. Untersuchungen der Auswirkungen auf das Benthos tieferer Meeresbereiche wie die AWZ sind nicht bekannt, obwohl Öl unterhalb der Wasseroberfläche driften und auf den Boden absinken kann.

**Eintrag von toxischen Stoffen.** Seit Beginn der 70er Jahre wurden primär in Küstengewässern Effekte von TBT auf wasserlebende Organismen bekannt, die eigentlich nicht von der bioziden Wirkung der Chemikalie beeinträchtigt werden sollten. Es zeigte sich, dass das TBT endokrin wirksam ist, d.h. es greift in das Hormonsystem von Organismen ein. Das TBT ist nicht nur bei Muscheln, sondern auch bei getrenntgeschlechtlichen Vorderkiemerschnecken in der Lage, eine Pathomorphose mit der Bezeichnung Imposex hervorzurufen. Imposex beschreibt eine Vermännlichung weiblicher Tiere in Schneckenpopulationen. Bei der weiblichen Wellhornschnecke (*Buccinum undatum*) kommt es zu einer zusätzlichen Ausbildung männlicher Geschlechtsorgane. Wuchernde männliche Geschlechtsorgane führen im Endstadium einer Imposexentwicklung bei den meisten Arten zur Sterilisierung und häufig auch zum Tod der betroffenen Weibchen (WATERMANN et al., 2003). Letztendlich können ganze Populationen aussterben (WEIGEL, 2003).

**Einführung nicht einheimischer Arten.** Seit 1970 ist eine ansteigende Tendenz von Erstfunden nicht einheimischer Arten zu beobachten. Hierzu hat neben der Aquakultur, die teils gezielt nicht einheimische Arten einsetzt, v.a. der Schiffsverkehr über Ballastwasser, über die Sedimente der Ballasttanks und über die Schiffsaußenwände beigetragen (GOLLASCH, 2003). Das Spektrum eingeschleppter Arten reicht von Makroalgen bis zu den Wirbellosen. Finden die gebietsfremden Arten optimale Lebensbedingungen vor, kann es zu einer massenhaften Vermehrung kommen, die wiederum hohe ökologische und ökonomische Schäden verursachen kann. Allerdings hat in den letzten Jahren keine der neueingeschleppten Arten zu drastischen negativen Auswirkungen geführt. Die Arten, welche zu der größten negativen wirtschaftlichen Beeinträchtigung führen, wie die chinesische Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) und der Schiffsbohrwurm (*Teredo navalis*), der mittlerweile zu erheblichen Schäden geführt hat, seit er sich fest angesiedelt hat oder verschiedene Phytoplanktonarten, sind schon seit langer Zeit bei uns beheimatet (GOLLASCH, 2003).

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf das marine Benthos wie folgt festhalten:

- überregionale, temporäre Wirkung aufgrund von Öleinträgen, Emissionen und Einbringung toxischer Stoffe
- überregionale, permanente Wirkung aufgrund der Einführung nicht einheimischer Arten.

### 3.4.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Benthos

#### **Rohrleitungen**

Baubedingt können bodennahe Trübungsflächen auftreten und lokale Sedimentumlagerungen stattfinden, durch die die Benthosorganismen geschädigt werden können. Die Auswirkungen auf das Benthos in den Bereichen mit Sedimentumlagerungen sind generell von kurzfristiger Natur. Nach FRITZSCHE (2003) kann eine Wiederbesiedlung, je nach Artenzusammensetzung, nach ein bis zwei Jahren abgeschlossen sein.

Da Rohrleitungen in der Regel in der AWZ der Ostsee auf dem Meeresboden verlegt werden und sich dann im Laufe der Zeit selbst eingraben, stellen die Rohre temporär ein künstliches

Hartsubstrat da. Abschnittsweise werden die Rohre allerdings mit einer Steinschüttung gesichert, die dauerhaft ein künstliches Hartsubstrat darstellt. Das künstliche Hartsubstrat bietet den Benthosorganismen neuen Lebensraum. Hiermit wird es Arten und Lebensgemeinschaften ermöglicht, auch in Gebieten zu siedeln, in denen sie bislang nicht vorkamen, so dass sich ihre Verbreitungsgebiete ausdehnen können (SCHOMERUS et al., 2006).

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Rohrleitungen auf das marine Benthos wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Verlegung von Rohrleitungen aufgrund von Sedimentumlagerungen und Trübungsfahnen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven benthischer Organismen aufgrund von Trübungsfahnen
- Kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigung benthischer Organismen aufgrund der Remobilisation chemischer Stoffe
- Kleinräumiger und kurzfristiger Siedlungsraumverlust durch die Rohrleitung aufgrund der Flächenbeanspruchung
- Kleinräumiges und dauerhaftes Angebot von künstlichem Hartsubstrat aufgrund der Steinschüttungen.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kurzfristige und kleinräumige Beeinflussung des Nahrungsangebots für benthische Organismen durch Beeinträchtigungen der Primärproduktion (Phyto- und Zooplankton) aufgrund der Remobilisation chemischer Stoffe.

**Seekabel**

Bei der Verlegung der Kabel können Trübungsfahnen auftreten und lokale Sedimentaufwirbelungen stattfinden. Hierdurch kann es für die Dauer der Bautätigkeiten in der Umgebung der Kabel zu einer Beeinträchtigung oder Schädigung benthischer Arten oder Gemeinschaften kommen. Aufgrund der vorherrschenden Sedimentbeschaffenheit wird sich das freigesetzte Sediment schnell absetzen. Somit bleiben die Beeinträchtigungen kleinräumig. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden die während der Bauphase auftretenden Effekte als kleinräumig und in der Regel kurzfristig angesehen. Nach FRITZSCHE (2003) kann eine Wiederbesiedlung, je nach Artenzusammensetzung, nach ein bis zwei Jahren abgeschlossen sein. Längerfristige Störungen können bei bodenbewohnenden, wenig mobilen Arten auftreten, wenn z. B. Kolonien oder gehäuft auftretende Entwicklungsstadien überschüttet werden und absterben. Dies gilt besonders im Falle vorhandener Muschelbänken, da für die langlebigen Muschelarten mehrjährige Regenerationszeiten anzunehmen sind.

Beim Betrieb von Drehstromkabeln kann eine Erwärmung der obersten Sedimentschicht des Meeresbodens auftreten, die eine Verringerung der winterlichen Mortalität der Infauna bewirken und zu einer Veränderung der Artengemeinschaften im Bereich der Kabeltrassen führen kann. Dabei können insbesondere in tieferen Bereichen gebietsweise vorkommende kaltstenotheurme Arten (z. B. *Arctica islandica*) aus dem Bereich der Kabeltrassen verdrängt werden. Hinsichtlich der Erwärmung des Sediments durch stromabführende Kabel wird vom Bundesamt für Naturschutz ein Vorsorgewert von weniger als 2 K in 20 cm Tiefe des Sediments favorisiert. Bei ausreichender Verlegetiefe und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Effekte kleinräumig, d.h. wenige Meter beiderseits des Kabels, auftreten werden, werden nach derzeitigem Kenntnisstand Auswirkungen auf die Benthoslebensgemeinschaften nicht erwartet.

Selbiges gilt auch für elektrische Felder. Elektromagnetische Auswirkungen auf benthische Organismen treten bei den vorgesehenen Stromkabeln (Dreileiter-Drehstromkabel oder bipolare HGÜ-Kabel) in signifikant messbarer Weise nicht auf.



Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Seekabeln auf das marine Benthos wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Verlegung von Seekabeln aufgrund von Sedimentumlagerungen und Trübungsflächen
- kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven benthischer Organismen aufgrund von Trübungsflächen
- kleinräumige und dauerhafte potenzielle Beeinflussung der Benthosorganismen aufgrund der Sedimenterwärmung durch Stromkabel.

### **3.4.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Benthos**

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden. So kann die Probenahme zur Schädigung unterschiedlichen Grades bis zum Tod von benthischen Einzelorganismen führen. Ebenso sind in geringem Umfang stoffliche Emissionen verschiedenster Art beim Einsatz spezifischer Verfahren und Geräte zu verzeichnen. Prinzipiell kann angenommen werden, dass intensive Forschungsaktivitäten, insbesondere an sensiblen Arten oder in empfindlichen Lebensräumen, zu erheblichen Umweltwirkungen führen können. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass die Meeresforschung auf eine Minimierung der Umweltwirkungen ausgerichtet und an die Erfordernisse zum Schutz gefährdeter Arten angepasst ist.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Forschungshandlungen auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

- kleinräumige, temporäre Schädigung bzw. Verlust von Individuen aufgrund der Probenahme
- kleinräumige, temporäre Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge.

### **3.4.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Benthos**

Der Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks kann Auswirkungen auf das Makrozoobenthos haben.

*Baubedingt:* Bei der Gründung der OWEA und technischen Plattformen sowie bei der Verlegung der parkinternen Kabel kommt es zu Störungen des Meeresbodens, Sedimentaufwirbelungen und Ausbildung von Trübungsflächen. Hierdurch kann es für die Dauer der Bautätigkeiten in der Umgebung der Anlagen und im Bereich der Kabel zu einer Beeinträchtigung oder Schädigung benthischer Arten oder Gemeinschaften kommen. Aufgrund der vorherrschenden Sedimentbeschaffenheit (siehe Kapitel 4.5.2.1) wird sich das freigesetzte Sediment schnell absetzen. Somit bleiben die Beeinträchtigungen kleinräumig. Für den Fall eines Bestandsrückgangs verbleibt genug Potenzial an Organismen zur Wiederbesiedlung im Gesamtsystem. Nach BOSSELMANN (1989) können Habitate nach Störungen nicht nur durch eine Ausbreitung der Larvenstadien, sondern auch durch die Dispersion postlarvaler und adulter Formen, wiederbesiedelt werden. Die Geschwindigkeit einer Wiederbesiedlung in marinen Bereichen kann vom Lebensraum der Gemeinschaft, dem Alter einer Lebensgemeinschaft und der Störungshäufigkeit abhängen (SANDERS 1968; DAYTON and HESSLER, 1972). So verhalten sich nach BOESCH und ROSENBERG (1981) makrobenthische Gemeinschaften in wenig konstanten Lebensräumen (z. B. Ästuare, Flachwassergebiete) anders als Gemeinschaften in Lebensräumen mit konstanteren Umweltbedingungen (z. B. Tiefsee). So reagieren erstere resistenter auf starke Störungen, da sie, bedingt durch ihren Lebensraum, an starke Schwankungen von

Temperatur, Salinität, Sauerstoffgehalt angepasst und häufigen Sedimentumlagerungen ausgesetzt sind. Nach der Sauerstoffmangel-Situation in weiten Bereichen der Deutschen Bucht im Jahre 1983, die eine starke Reduktion der Artenzahl und der Abundanz in der benthischen Gemeinschaft zur Folge hatte, erholte sich die Gemeinschaft bereits nach einem Jahr von dieser Störung (WESTERNHAGEN et al., 1986). Weiterhin zeigten Begleituntersuchungen des Benthos sowie der Fisch- und Decapodenfauna (Krebse) zu der im Jahr 1994 verlegten Euro-pipe-Gaspipeline, dass bereits zwei Jahre nach Beendigung der Bauarbeiten eine deutliche Erholung des Bestandes der Lebensgemeinschaften festzustellen war (KNUST, 1997). Bei Untersuchungen im Zusammenhang mit Sand- und Kiesgewinnung (KRÖNCKE und BERGFELD, 2001) wurde für ästuarine Schlickgemeinschaften eine Regenerationszeit von 6-8 Monaten, für sublittorale Sandgemeinschaften eine Regenerationszeit von 2-3 Jahren und für Gemeinschaften, die mit Riffstrukturen assoziiert sind (z.B. Sabellaria) eine Regenerationszeit von 5 – 10 Jahren als realistisch angesehen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand werden die während der Bauphase auftretenden Effekte als kleinräumig und in der Regel kurzfristig angesehen. Längerfristige Störungen können bei bodenbewohnenden, wenig mobilen Arten auftreten, wenn z. B. Kolonien oder gehäuft auftretende Entwicklungsstadien überschüttet werden und absterben. Dies gilt besonders im Falle vorhandener Muschelbänke, da für die langlebigen Muschelarten mehrjährige Regenerationszeiten anzunehmen sind.

*Anlagebedingt:* Durch die Errichtung der Fundamente der OWEA und technischer Plattformen sowie des Kolk-schutzes werden benthische Lebensräume überbaut und Bodenlebewesen geschädigt oder zerstört. Diese Auswirkungen sind dauerhaft, jedoch auf den unmittelbaren, jeweils kleinräumigen Standort der einzelnen OWEA und Plattformen begrenzt. Für die parkinterne Verkabelung sind die ökologischen Auswirkungen im Falle einer Verlegung im Meeresboden kurzfristig und kleinräumig. Bei einer Verlegung der Kabel auf dem Boden aufgrund der geologischen Verhältnisse, werden im Bereich der Kabeltrassen benthische Lebensgemeinschaften direkt überbaut. Der dadurch bedingte Lebensraumverlust ist dauerhaft, aber kleinräumig.

Weiterhin sind im Umfeld der Gründungskonstruktionen der OWEA dauerhafte Änderungen der Strömungsverhältnisse zu erwarten, die zu einer Änderung der Sedimentparameter führen können, die wiederum eine Veränderung der benthischen Fauna verursacht (KNUST et al., 2003). AMBROSE and ANDERSON (1990) konnten bei Untersuchungen an einem künstlichen Riff eine Verschiebung des Korngrößenmedians zu größerem Sediment direkt am Riff und eine Veränderung im Auftreten bestimmter Arten bis in eine Entfernung von 20 m feststellen. In der Umgebung der Forschungsplattform „Nordsee“ konnten innerhalb 50 – 200 m keine Auffälligkeiten mehr festgestellt werden (KNUST et al., 2003). Beim baubegleitenden Monitoring der Errichtung der Forschungsplattform FINO 1 wurde in direkter Nähe der Forschungsplattform (bis 5 m) ein heterogeneres Sediment als vor dem Bau festgestellt (SCHRÖDER et al., 2005). Infolge dieser Sedimentänderung war auch eine Umstrukturierung der Bodentiergemeinschaft zu verzeichnen, die im Bereich von einem Meter um die Plattformpfeiler am deutlichsten ist, wobei der Einfluss auf die Infauna bis in eine Entfernung von 15 m zur Plattform reichte. AMBROSE und ANDERSON (1990) und NELSON et al. (1994) fanden die deutlichsten Veränderungen des Benthos in direkter Umgebung (< 4 m Abstand) künstlicher Unterwasserstrukturen. Da die Untersuchungen von AMBROSE and ANDERSON (1990) sechs Jahre nach der Einbringung des künstlichen Hartsubstrates erfolgten, scheint der Einfluss des künstlichen Hartsubstrats im Laufe der Zeit kleinräumig zu bleiben.

Zusätzlich bietet das Einbringen von Gründungsbauteilen - zumal schadstoff- insbesondere TBT-frei - Benthosorganismen neuen Lebensraum, die es Arten und Lebensgemeinschaften ermöglichen, auch in Gebieten zu siedeln, in denen sie bislang nicht vorkamen, so dass sich ihre Verbreitungsgebiete ausdehnen können (SCHOMERUS et al., 2006). Nach KNUST et al. (2003) führt das Einbringen künstlichen Hartsubstrats in Sandböden zu einer Ansiedlung von zusätzlichen Arten. Die Rekrutierung dieser Arten wird mit großer Wahrscheinlichkeit aus den

natürlichen Hartsubstrathabitaten, wie oberflächlich anstehendem Geschiebemergel und Steinen, erfolgen. Damit ist die Gefahr einer negativen Beeinflussung der benthischen Sandbottengemeinschaft durch gebietsuntypische Arten gering. Allerdings ist die Besiedlung der künstlichen Hartsubstrate mit einer Anreicherung von organischem Material verbunden, da organische Bestandteile von der an den Pfeilern siedelnden Fauna (z.B. Bauten, Fäzes, tote Tiere usw.) herunter rieseln (WOLFSON et al., 1979, DAVIS et al., 1982) und sich auf dem Sediment am Fuße der Pfeiler ablagern. Hier werden sie biologisch abgebaut, was schließlich zu erhöhten Kohlenstoff- und Stickstoffwerten in diesem Bereich führt. Durch diese sich im Laufe der Zeit verändernden Umweltbedingungen im näheren Umfeld der OWEA kann es zu einer Beeinflussung der dortigen benthischen Gemeinschaft im Umfeld kommen. Im näheren Umfeld der Forschungsplattform FINO 1 konnte eine Wiederbesiedlung bestimmter Weichbodenarten nicht dokumentiert werden, da sich die Bedingungen im näheren Bereich der Plattform geändert haben (z. B. hoher Schillgehalt, erhöhter Prädatorendruck). Die Sedimentveränderung beeinflusst vor allem die sonst tief im Weichboden eingegraben lebenden Arten wie die Muschel *Tellina fabula* oder den Herzseeigel *Echinocardium cordatum*, die in der Umgebung der Plattform (1 – 15 m) gar nicht mehr oder in sehr geringen Dichten vorkommen. Als weiterer Aspekt sind die veränderten Nahrungsbedingungen im Umfeld der OWEA zu berücksichtigen. Im Bereich der dänischen Offshore-Windenergieparks „Horns Rev“ und „Nysted“ wurde eine Zunahme der Biomasse im Umfeld der OWEA um das 50 bis 150fache festgestellt (LEONHARD and BIRKLUND, 2006). Durch das erhöhte Nahrungsangebot (Bewuchs am Pile und abfallendes Material) wurden im Bereich der Forschungsplattform FINO 1 mobile räuberische Arten angelockt (SCHRÖDER et al., 2005). Von Aasfressern und Räubern (wie z. B. *Liocarcinus holsatus* und *Eunereis* sp.) ist bekannt, dass sie von organischem Material (Abfall) angezogen werden (RAMSAY et al., 1998). Auch größere mobile Räuber wie Fische werden angezogen. Plattfische und demersale Fische sammeln sich an künstlichen Unterwasserstrukturen an (VALDEMARSEN, 1979; LØKKEBORG et al., 2002). Diese erhöhte Dichte von Räubern führt zu einer Reduktion benthischer Tiere (ANDRE et al., 1993 und NELSON et al., 1994 zitiert in SCHRÖDER et al., 2005). Nach heutigem Kenntnisstand beschränken sich diese Effekte auf das Umfeld der künstlichen Hartsubstrate und da nur kleinmaßstäbliche Umlagerungen aufgrund der Realisierung möglicher Projekte in den Vorranggebieten erwartet werden, ändert sich die ursprüngliche Eigenart des Gebietes mit der vorhandenen Ausstattung sowie der gegebenen Dynamik von Umlagerungen insgesamt nur unwesentlich.

**Betriebsbedingt:** Beim Betrieb des Windparks kann bei der Verwendung von Drehstromkabeln bei der parkinternen Verkabelung eine Erwärmung der obersten Sedimentschicht des Meeresbodens auftreten, die eine Verringerung der winterlichen Mortalität der Infauna bewirken und zu einer Veränderung der Artengemeinschaften im Bereich der Kabeltrassen führen kann. Dabei können insbesondere die in tieferen Bereichen gebietsweise vorkommenden kaltstenotheurme Arten (z. B. *Arctica islandica*) aus dem Bereich der Kabeltrassen verdrängt werden. Allerdings wird der widerstandsbedingte Verlust des Stroms aufgrund der kurzen Strecken bis zur Umspannstation sehr gering sein und zum anderen wird auch durch die Zusammenfassung nur einiger OWEA zu (Kabel-)Gruppen nicht annähernd die Kapazität erreicht, wie durch stromabführende Kabel für die OWEA eines Windparks. Hinsichtlich der Erwärmung des Sediments durch stromabführende Kabel wird vom Bundesamt für Naturschutz ein Vorsorgewert von weniger als 2 K in 20 cm Tiefe des Sediments favorisiert. Bei ausreichender Verlegetiefe und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Effekte kleinräumig, d.h. wenige Meter beiderseits des Kabels auftreten werden, werden nach derzeitigem Kenntnisstand Auswirkungen auf die Benthoslebensgemeinschaften nicht erwartet. Selbiges gilt auch für elektrische Felder. Elektromagnetische Auswirkungen treten bei den geplanten Dreileiter-Drehstromkabeln und bipolaren HGÜ-Kabeln in signifikant messbarer Weise nicht auf.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von OWEA auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

**Direkte Auswirkungen:**

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Installation der Fundamente und Verlegung der parkinternen Kabel aufgrund von Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfluten
- Kleinräumiger und permanenter Siedlungsraumverlust durch die Fundamente der OWEA, der Umspannstation sowie den Kolkschutz und die parkinterne Kabelverlegung im Falle einer Verlegung auf dem Meeresboden aufgrund der Flächenbeanspruchung
- Kleinräumiges und permanentes Angebot von künstlichem Hartsubstrat aufgrund der Fundamente der OWEA
- Kleinräumige und permanente Änderung der Sedimentparameter aufgrund der Fundamente der OWEA.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kleinräumige und permanente Veränderungen der Benthoslebensgemeinschaften durch Anlockung mobiler Prädatoren aufgrund der Zunahme des Nahrungsangebots.

### 3.4.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Benthos

#### **Fischerei**

Für das Benthos ist die Fischerei auf demersale Fischarten von Bedeutung. Veränderungen am Meeresgrund durch Fanggeräte werden in der Ostsee beinahe ausschließlich durch die Scherbrettfischerei verursacht, die sichtbare Spuren hinterlässt. Während auf sandigem Grund die beobachtete Eindringtiefe der Bretter weniger als 5 cm beträgt, haben die Spuren auf schlammigem Grund Tiefen bis zu 23 cm (WEBER und BAGGE, 1996). Die Einflüsse der Grundschleppnetzfischerei auf den Meeresboden und seine lebenden Bewohner sind insgesamt noch wenig untersucht worden. Letztlich können durch die Fischereiaktivitäten Organismen des Epi- und Endobenthos durch die mechanische Belastung abgetötet werden oder sie werden dem System entnommen und zumeist beschädigt wieder über Bord gegeben. Für die Ostsee wird besonders die Zertrümmerung der Islandmuschel *Arctica islandica* durch die Scherbretter von mehreren Autoren diskutiert. Nach RUMOHR und KROST (1991) sind dünnchalige und große Muscheln am stärksten betroffen. Die häufigsten Beschädigungen werden an der zerbrechlichen weißen Pfeffermuschel *Syndosmya alba* festgestellt, aber auch große Exemplare der Islandmuschel werden durch die Scherbretter zu ca. 50 % zerstört.

Das Maß der Schädigung hängt nicht nur vom Sedimenttyp und von der Eindringtiefe des Fanggerätes ab, sondern auch von der Häufigkeit, mit der ein Gebiet befischt wird. Weiterhin ist der Beschädigungsgrad auch von der Artenzusammensetzung des Benthos abhängig, das auf Störungen unterschiedlich reagieren kann (SCHOMERUS et al., 2006).

Die Auswirkungen der Fanggeräte auf die benthischen Lebensgemeinschaften lassen sich in kurzfristige und langfristige Effekte trennen (WEBER et al., 1990):

- *Kurzfristige Folgen:* Die vom Fanggeschirr freigelegten Tiere sind teilweise verletzt oder getötet. Besonders anfällig sind hierfür die größeren und hartschaligen Vertreter wie Seeigel und Schwimmkrabben. Die freiliegenden und geschädigten Tiere sind Nahrung für die Fische aus der näheren Umgebung. MARGETTS und BRIDGER (1971) beobachteten, dass Klieschen in der Schleppspur zahlreicher und fressaktiver sind als in der Umgebung.
- *Langfristige Folgen:* Durch Fischereiaktivitäten steigt die Sterblichkeit der empfindlichen Arten solange an, bis nur noch Opportunisten existieren können. Die Diversität, ein Maß für die Artenvielfalt, nimmt gleichzeitig ab. Die Abundanz steigt für die Arten, die vom Fanggeschirr nicht geschädigt werden, in dem Maße an, wie die sensiblen Arten aus dem Biotop verschwinden. Die Produktion an organischer Substanz könnte zuerst steigen, da die älteren, langsamwüchsigen durch schnellwüchsige, junge Exemplare ersetzt werden.

Mit zunehmender Trawlaktivität werden dann auch die jüngeren Tiere sterben, so dass die Produktion abnimmt.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Fischerei auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

- Individuenverlust, insbesondere langlebiger und empfindlicher Arten, durch die Fangeschirre
- Reduzierung sessiler Epifauna
- Abnahme der Artenvielfalt
- Verschiebung des Größenspektrums der Bodenfauna
- Habitatnivellierung durch das Wegfischen von Steinen.

### **Marikultur**

Mit der Marikultur sind Konflikte mit der Meeresumwelt verbunden, die mit ihren Auswirkungen auch die benthischen Lebensgemeinschaften beeinträchtigen können. Konflikte entstehen durch Nähr- und Schadstoffeinträge, Einführung von nicht einheimischen Arten, Entkommen von gezüchteten Organismen und erhöhte Dichte von Parasiten und Krankheitserregern.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Marikultur auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

- Überregionale, permanente Wirkung aufgrund der Einschleppung exotischer Arten
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge
- Überregionale, permanente Auswirkung aufgrund der erhöhten Dichte von Parasiten und Krankheitserregern.

### **3.4.2 Entwicklung des Schutzgutes Benthos und Biotoptypen bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Benthos und Biotoptypen würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener bereits stattfindender Nutzungen, wie z.B. Fischerei, in Teilen wie dargestellt weiterhin betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Seekabeln zur Ableitung in der AWZ gewonnener Energie wäre bei Nichtdurchführung des Planes mit einer zeitlich und räumlich unkoordinierten Verlegung zu rechnen. Dieses könnte zu einem vergleichsweise hohen Flächenverbrauch, vermehrten Sedimentumlagerungen und damit zu erhöhten negativen Auswirkungen auf das Benthos und die Biotoptypen gegenüber einer zeitlich koordinierten Verlegung führen. Zudem wäre mit einer erhöhten Anzahl von Kabelkreuzungen zu rechnen, welche die Einbringung von Hartsubstrat notwendig machen würde. Hierdurch könnte es wiederum zu einer Verschiebung bzw. Veränderung sowohl des Artenspektrums des Benthos als auch der Biotoptypen kommen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Damit würde sich die Gefahr einer kleinräumigen Zerstörung von schützenswerten Lebensräumen erhöhen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Muschelkulturen in der AWZ denkbar. Durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge könnte es zu lokalen Auswirkungen auf das Schutzgut kommen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Benthos und der Biotoptypen deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesezte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses hat auch Auswirkungen auf das Benthos. So kann es zur Ansiedlung neuer Arten bzw. zu einer Verschiebung des Artenspektrums insgesamt kommen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **3.5 Fische**

#### **3.5.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fische**

##### **3.5.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Fische**

Als Auswirkungen der Schifffahrt auf die Fischfauna sind folgende zu nennen.

*Visuelle Wirkungen:* Bezüglich der Fischfauna sind nur visuelle, aber keine akustischen Wirkungen bekannt. Es wird angenommen, dass Schattenwurf und Lichtreflexion durch die fahrenden Schiffe in ihrer Auswirkung auf die oberen Wasserschichten begrenzt und somit ausschließlich für oberflächennah lebende, pelagische Fischarten von Bedeutung sind. Möglicherweise resultiert diese visuelle Unruhe in einer Meidung der oberflächennahen Wasserschichten durch pelagische Arten in stark frequentierten Schifffahrtsrouten.

*Öleintrag:* Mehrere Faktoren wie beispielsweise Art, Zustand und Menge des Öls bestimmen den Grad der Beeinträchtigung von Fischen (BERNEM, 2003). Obwohl in einer Reihe von Laboruntersuchungen die Empfindlichkeit von Fischen gegenüber Ölverschmutzungen nachgewiesen wurde, erleiden die Fischbestände nach Ölunfällen meist nur geringe Schäden. Arten mit pelagischer Lebensweise sind oft nur wenig betroffen, da nur für relativ kurze Zeiträume und nahe der Wasseroberfläche Ölkonzentrationen erreicht werden, die für ausgewachsene (adulte) Tiere toxisch sind. Möglicherweise sind sie zudem in der Lage, ölverschmutzte Gebiete zu meiden, wie in Laboruntersuchungen an Lachsen beobachtet wurde (BERNEM, 2003). Ein Indiz hierfür ist, dass adulte Fische mit pelagischer Lebensweise bisher nach Ölunfällen nur selten in größerer Zahl als Opfer beobachtet wurden. Im Falle des Unfalls der BRAER bei den Shetland-Inseln wurde der größte Teil des Öls aufgrund des heftigen Sturms, in der Wassersäule dispergiert so dass hier kurz nach dem Unfall hohe Ölkonzentrationen erreicht wurden. Zu den Opfern, die in den zwei Wochen nach dem Unfall an den Strand gespült wurden, gehörten neben Muscheln und Tintenfischen auch zahlreiche Knochenfische. Stärker gefährdet sind im allgemeinen Fischeier und Jungtiere, da sich diese meist nahe der Oberfläche befinden und damit dichter am treibenden Ölteppich sind.

Bodenlebende Fischarten können durch längeren Kontakt mit verölten Sedimenten geschädigt werden. Eine Aufnahme von Kohlenwasserstoffen aus dem Sediment ist ebenso nachgewiesen wie das Auftreten bestimmter Krankheiten (u. a. Flossenfäule) und der Rückgang der Bestände.

*Eintrag von toxischen Stoffen:* Die durch TBT verursachten Veränderungen wurden bereits in Kapitel 3.1.1 beschrieben. Auch bei Fischen führt das TBT zu Reproduktionsstörungen (OSPAR, 2000).

*Einführung nicht einheimischer Arten:* Seit 1970 ist eine ansteigende Tendenz von Erstfunden gebietsfremder Arten zu beobachten. Hierzu hat auch der Schiffsverkehr über Ballastwasser, über die Sedimente der Ballasttanks und über die Schiffsaußenwände beigetragen (GOLLASCH, 2003). Auch nicht einheimische Fischarten können eingeschleppt werden. Finden die gebietsfremden Arten optimale Lebensbedingungen vor, kann es zu einer massenhaften Vermehrung kommen, die wiederum zur Verdrängung einheimischer Arten aufgrund der Konkurrenz um Nahrung und Habitate führen kann.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Fische wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumige, kurzfristige Wirkung aufgrund visueller Unruhe
- Kleinräumige, kurzfristige Schädigungen bis hin zum Individuenverlust aufgrund von Öleinträgen
- Regionale, kurzfristige Beeinträchtigung aufgrund von Sauerstoffmangelsituationen.
- Überregionale, längerfristige Wirkung aufgrund des Eintrags toxischer Stoffe (insbesondere TBT)
- Überregionale, dauerhafte Wirkung aufgrund der Einführung nicht einheimischer Arten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Überregionale, dauerhafte Wirkung aufgrund der Biomassezunahme benthischer Organismen.

### **3.5.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Fische**

#### ***Rohrleitungen***

Baubedingt können bodennahe Trübungsfahnen auftreten und lokale Sedimentumlagerungen stattfinden, durch die Fische geschädigt werden können. Die Auswirkungen auf die Fische in den Bereichen mit Sedimentumlagerungen sind jedoch von kurzfristiger Natur.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Rohrleitungen auf Fische wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust durch Scheuchwirkung aufgrund der Geräuschemissionen der Baugeräte (Schiffe, Kräne, sonstige Fahrzeuge)
- Kleinräumiger und kurzfristiger Individuenverlust durch Schadstoffemissionen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven der Fische aufgrund von Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und dauerhafter Lebensraumverlust durch Flächenüberbauung
- Kleinräumige und dauerhafte Verschiebung/Erweiterung des Artenspektrums durch Besiedlung mit hartsubstratbewohnenden Arten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kleinräumige und dauerhafte Erweiterung des Nahrungsspektrums und der Nahrungsvfügbarkeit für einzelne Arten.

#### ***Seekabel***

Bei der Verlegung der Kabel können Trübungsfahnen auftreten und lokale Sedimentaufwirbelungen stattfinden. Hierdurch kann es für die Dauer der Bautätigkeiten in der Umgebung der Kabel zu einer Beeinträchtigung oder Schädigung der Fische kommen. Aufgrund der vorherrschenden Sedimentbeschaffenheit wird sich das freigesetzte Sediment schnell absetzen. Somit bleiben die Beeinträchtigungen kleinräumig. Ferner kann es zur Vergrämung von Fischen durch Lärm und Vibrationen kommen.

Beim Betrieb von Seekabeln ist die Erzeugung von magnetischen und elektrischen Feldern nicht auszuschließen. Für eine Reihe von Fischarten wie Lachs und Aal ist eine Orientierung am Erdmagnetfeld dokumentiert. Diese Arten könnten durch das kabelbedingte Magnetfeld desorientiert werden, allerdings konnten KULLNICK und MARHOLD (1999) mit weitaus höheren als den zu erwartenden Feldstärken keinen eindeutigen Nachweis der Verhaltensbeeinflussung bei Jungaalen führen.

In einer englischen Studie zur Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern der Seekabel von OWEA auf Fische zeigten sich keine Abweichungen der Migrationsrichtung von Fischen durch magnetische Felder (CMACS, 2003). Nur elektrozepthive Fische wie Elasmobranchier (Knorpelfische) werden nach dieser Untersuchung von den schwachen magnetischen Feldern beeinflusst, teilweise angezogen und teilweise verschreckt. Eine aktuelle Studie aus Dänemark, die am Offshore-Windpark bei Nysted in der Ostsee das Verhalten von Fischen bezüglich der dortigen Kabeltrasse untersuchte, kam zu dem Schluss, dass sich sowohl die Verbreitung als auch die Migrationsrichtung der meisten Fischarten nach der Kabelverlegung und des Betriebes nicht änderten (HVIDT et al., 2004). Lediglich der Aal und die Sprotte wiesen eine signifikante Änderung ihrer Verteilung auf. Die ungleiche Verteilung der Sprotte als pelagische Fischart auf beiden Seiten des Kabels könnte auch andere Ursachen wie z.B. saisonal bedingte Migrationen dieser Fischart haben. Der demersal lebende Aal wurde nach der Kabelverlegung in signifikant höheren Zahlen westlich des Kabels gefangen. Dies legt die Wirkung der Kabeltrasse (im Betrieb) als Migrations-Barriere für Aale nahe. Ob die Ursache in dieser Verhaltensänderung in dem schwachen magnetischen Feld des 1 m tief im Boden vergrabenen Kabels zu suchen ist, konnte im Rahmen der dänischen Untersuchung (HVIDT, 2004) nicht abschließend geklärt werden.

Bei in der deutschen AWZ vorgesehenen Dreileiter-Drehstromkabeln und bipolaren Gleichstromkabeln können magnetische Wirkungen während des Betriebs vernachlässigt bzw. ausgeschlossen werden, weil sich die magnetischen Felder nahezu aufheben.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Seekabeln auf das marine Benthos wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust durch Scheuchwirkung aufgrund der Geräuschemissionen der Baugeräte (Schiffe, Kräne, sonstige Fahrzeuge)
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven der Fische aufgrund von Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und dauerhafter Lebensraumverlust durch Flächenüberbauung
- Kleinräumige und dauerhafte potenzielle Migrationsbeeinflussung einiger weniger Fischarten aufgrund des Betriebs der Seekabel.

#### **3.5.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Fische**

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden. So kann die Probennahme zur Schädigung unterschiedlichen Grades bis zum Tod von Fischen führen. Ebenso sind in



geringem Umfang stoffliche Emissionen verschiedenster Art beim Einsatz spezifischer Verfahren und Geräte zu verzeichnen. Prinzipiell kann angenommen werden, dass intensive Forschungsaktivitäten, insbesondere an sensiblen Arten oder in empfindlichen Lebensräumen, zu erheblichen Umweltwirkungen führen können. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass die Meeresforschung auf eine Minimierung der Umweltwirkungen ausgerichtet und an die Erfordernisse des Schutzes gefährdeter Arten angepasst ist.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Forschungshandlungen auf Fische wie folgt festhalten:

- Lokale, temporäre Schädigung bzw. Verlust von Individuen aufgrund der Probenahme
- Lokale, temporäre Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge
- Regionaler, temporärer Habitatverlust durch Lärmemissionen.

#### **3.5.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Fische**

Der Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks kann Auswirkungen auf das Schutzgut Fische haben.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten führen zu Lärmimmissionen, die Scheuchwirkungen auf Fische entfalten, bei entsprechender Intensität aber auch zu physiologischen Schädigungen des Hörapparates oder anderer Organe mit letalen Folgen führen können. Dies gilt in besonderem Maße für explosionsartige Geräusche, wie sie möglicherweise bei Rammarbeiten zu erwarten sind (WOODS et al, 2001). KNUST et al. (2003) gehen davon aus, dass die Geräuschemissionen bei Rammarbeiten aufgrund der hohen Schallintensität und des erzeugten Schallspektrums von nahezu allen Fischarten wahrgenommen werden können. Die Reichweite der Wahrnehmung und mögliche artspezifische Verhaltensreaktionen sind jedoch bislang nicht untersucht.

Durch die Bautätigkeiten entstehen Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen, die - wenn auch zeitlich befristet und artspezifisch unterschiedlich - physiologische Beeinträchtigungen sowie Scheucheffekte bewirken können. Weiterhin kann eine Schädigung von Fischlaich bzw. von -larven durch Bedeckung mit Sediment auftreten. Aufgrund der vorherrschenden Sedimentbeschaffenheit wird sich das freigesetzte Sediment schnell absetzen und somit bleiben die Beeinträchtigungen kleinräumig.

*Anlagenbedingt:* Durch die Errichtung der Fundamente der OWEA und technischer Plattformen sowie des Kolkschutzes werden Lebensräume überbaut. Dadurch gehen den demersalen Fischen dauerhaft Lebensräume verloren. Dieser Lebensraumverlust ist jedoch auf den unmittelbaren, jeweils kleinräumigen Standort der einzelnen OWEA und Plattformen begrenzt.

*Betriebsbedingt:* Von den OWEA im Betrieb ausgehende Geräuschemissionen und -vibrationen können Scheuch- aber auch Anlockeffekte auf Fische entfalten. Die Auswirkungen werden voraussichtlich artabhängig unterschiedlich sein. Nach KNUST et al. (2003) werden die Betriebsgeräusche für viele Fischarten wahrnehmbar, zumindest für Hörgeneralisten aber auf das lokale Umfeld der OWEA begrenzt sein. Die Hörempfindlichkeit von Fischen ist bislang nur für einige Arten bzw. Artengruppen untersucht. Eine Vermeidungsreaktion und damit eine Wahrnehmungsfähigkeit von Infraschall (11,8 Hz) wurde für den Flusssaal (*Anguilla anguilla*, RL 2) festgestellt (SAND et al., 2000, zit. in : KNUST et al., 2003).

Darüber hinaus können an den Kabelverbindungen entstehende elektromagnetische Felder die Orientierung bodennaher Fische stören. Dies betrifft möglicherweise insbesondere wandernde Fischarten, hierunter auch den Flusssaal.

Hinsichtlich der häufig in Fachkreisen diskutierten Befürchtung, dass es durch Rammarbeiten zur physischen Schädigung der Fische kommen kann, ist nach derzeitigem Kenntnisstand folgendes festzuhalten: Im Bereich der Offshore-Windenergieparks ist baubedingt mit Geräuschemissionen sowohl durch den Einsatz von Schiffen, Kränen und Bauplattformen als auch durch den Einsatz von Rammen im Zusammenhang mit dem Bau der Fundamente und des Kolksschutzes zu rechnen. Rammschläge verursachen unter Wasser im niederfrequenten Bereich hohe Schalldrücke. Lauter niederfrequenter Schall kann Fische physisch schädigen oder eine Fluchtreaktion auslösen. Die Daten einer UVS, die im Rahmen des San Francisco Oakland Bay Bridge-Projektes erhoben wurden, zeigen, dass schallintensive Baugeräusche bei Fischen unter anderem zu physiologischen Schäden des Hörapparates und anderer Organe (z.B. geplatze Schwimmblasen, innere Blutungen) mit letalen Folgen führen können (CALTRANS, 2001). Bei den Rammarbeiten von Stahlpfählen mit einem Durchmesser von 2,4 m wurden tödliche Schallemissionen für Fische im Umkreis von 10 bis 12 m um die Piles verzeichnet. Weiterhin wurden die Auswirkungen von Rammgeräuschen in einem in-situ Experiment an Fischen (*Cymatogaster aggregata*) untersucht. Es zeigte sich, dass 60 % der Fische in 150 m Entfernung zur Schallquelle Verletzungen erlitten, wobei 40 % der Verletzungen sehr schwer waren. In 500 m Entfernung zur Schallquelle zeigten 10 % der Fische Verletzungen; schwere Verletzungen kamen in dieser Entfernung nicht vor. Der Empfangsschallpegel in 500 m Entfernung betrug etwa  $183 \text{ dB}_{\text{rms}}$  re  $1 \mu\text{Pa}^{-1}$ . Eine direkte Übertragbarkeit der o. g. Werte ist aufgrund fehlender Angaben zu der hydrographischen Strukturierung des Gewässerkörpers, dem Artenspektrum, dem „duty-cycle“ (Dauer des einzelnen Signals im Verhältnis zur Wiederholrate der Signale) sowie den Oktavbändern der Hauptenergie nicht gegeben.

Grundsätzlich können Fische Schall- bzw. Druckwellen artspezifisch verschieden wahrnehmen. Von Lachs, Scholle und Kliesche ist ein schlechtes, vom Kabeljau dagegen ein gutes Hörvermögen bekannt (HAWKINS and JOHNSTONE, 1978). Der hörbare Bereich beschränkt sich auf Frequenzen zwischen 30 Hz bis 3000 Hz. Viele Fischarten, insbesondere Knorpelfische wie beispielsweise die Haie, reagieren außer auf Schall auch auf Infraschall (<20 Hz) sensibel. KNUDSEN et al. (1997) und weitere Autoren stellten einen Fluchtreflex auch bei Schallquellen zwischen 10 und 1000 Hz fest. Mehrere Autoren berichten indes über eine Gewöhnung der Untersuchungsobjekte an den Schallreiz. KNUDSEN et al. (1997) beispielsweise riefen beim Königslachs durch kurze Schallanwendungen von 5 sec. zunächst eilige Fluchten hervor. Die Gewöhnung setzte nach drei bis vier Anwendungen ein und die Lachse reagierten im weiteren nur noch mit einem gemächlichen Abwenden von der Schallquelle. Auch von anderen Autoren wurde für verschiedene Fischarten ein innerhalb weniger Tage oder Wochen einsetzender Gewöhnungseffekt an ein permanentes oder sich regelmäßig wiederholendes Schallereignis festgestellt, was zu einem Ausbleiben der anfangs festgestellten Fluchtreaktionen führte. Aus diesen dargelegten Ergebnissen können Schlussfolgerungen für die durch einen Windpark erzeugten Schallereignisse gezogen werden. Zwar betreffen die genannten Untersuchungen nicht die Arten, die in AWZ der Ostsee festgestellt wurden. Sie können jedoch als Orientierung herangezogen werden. Dennoch ist es wahrscheinlich, dass es während der Bauphase durch kurze, intensive Schallereignisse - z.B. durch Rammen oder sonstiges Baugerät - zu Vergrämungsereignissen kommt, die Fluchtreaktionen bei verschiedenen Fischarten hervorrufen. Es ist allerdings zu erwarten, dass die Fische nach Wegfall der Geräuschquelle in das Gebiet zurückkehren. Der durch die OWEA emittierte Schall wird daher voraussichtlich dauerhaft sein. Bei den hier festgestellten Fischarten ist jedoch nicht davon auszugehen, dass der betriebsbedingte Schall zu Fluchtreaktionen führt. Bestätigt wird dies von WAHLBERG and WESTERBERG (2005), die bisherige Erkenntnisse über das Hörvermögen von Fischen und daraus abgeleitete Prognosen über mögliche betriebsbedingte Auswirkungen von Offshore-Windenergieparks auf Fische zusammengefasst haben. Die Autoren erwarten, dass einige Arten, wie z. B. Kabeljau, die Betriebsgeräusche der Windenergieanlagen in Entfernungen zwischen 0,4 und 25 Km und bei hohen Windgeschwindigkeiten von 8 bis 13 Metern pro Sekunde wahrnehmen können. Die Wahrnehmungsentfernung bei Fischen ist, abgesehen vom artspezifischen Hörvermögen, direkt abhängig von Windgeschwindigkeit, Anzahl und Typ der Anlagen, Wassertiefe und Bodenstruktur. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit selbst in einigen Metern Entfernung keine negativen Auswirkungen durch

den Betrieb der Windenergieanlagen, weder in Form von physiologischen Schäden noch in Form einer permanenten Vertreibung der Fische, zu erwarten sind. Diese Annahmen werden durch neue Monitoring-Daten über die Fischfauna unterstützt, die in der Betriebsphase des Offshore-Windenergieparks „Horns Rev“ an neu geschaffenen Hartsubstratstellen gewonnen wurden (LEONHARD and PEDERSEN, 2005). Die Untersuchungen zeigten, dass sich um die Hartsubstratstrukturen einige zusätzliche Arten angesiedelt haben. Insgesamt gab es keine Anzeichen dafür, dass beim Betrieb der Anlagen verursachte Geräusche und Vibrationen Auswirkungen auf die Fischgemeinschaft haben, verglichen mit Daten über Fischgemeinschaften anderer eingebrachten Hartstrukturen in der Nordsee (Wracks). Die Autoren kommen zur Schlussfolgerung, dass, neben den Faktoren „natürliche Sukzession“, „Räuber-Beute Verhältnisse“, Reproduktionsrate und „Einbringung von Hartsubstrat“, keine weiteren Wirkfaktoren auf die Artenvielfalt und Struktur der Gemeinschaften Einfluss nehmen.

Eine Beeinträchtigung der Fischfauna, insbesondere des Fischlaichs, durch Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen ist möglich. Nach EHRICH und STRANSKY (1999) meiden im Freiwasser jagende Räuber wie Makrele und Stöcker Areale mit hohen Sedimentfrachten und weichen so der Gefahr einer Verklebung des Kiemenapparates mit einer verbundenen Respirationseinschränkung aus. Eine Gefährdung dieser Arten infolge Sedimentaufwirbelungen erscheint daher nicht wahrscheinlich. Auch eine Beeinträchtigung bodenorientierter Plattfische wie Scholle und Seesunge ist nicht zu erwarten. Nach EHRICH et al. (1998) zeigen beispielsweise diese beiden Fischarten bei sturmbedingten Sedimentaufwirbelungen sogar erhöhte Nahrungssuchaktivität. Insgesamt ist für adulte Fische somit von geringen Beeinträchtigungen auszugehen.

Hinsichtlich des Fischlaichs können keine oder nur geringe Auswirkungen prognostiziert werden. Für die meisten der vorkommenden Fischarten ist eine Laichschädigung nicht zu erwarten. Die Eier der pelagisch laichenden Fische, insbesondere der in hohen Individuenzahlen vorkommenden Arten Scholle und Flunder, weisen in der Regel eine Schutzschicht auf, die sie vor mechanischen Einwirkungen durch aufgewirbelte Sedimente schützt.

Eine gelegentlich diskutierte betriebsbedingte Auswirkung ist der von den Rotorblättern ausgehende Schattenwurf bzw. die Lichtreflexion. Hier ist davon auszugehen, dass Schattenwurf und Lichtreflexion angesichts der Wassertiefe zwischen 20 und 42 m in ihrer Auswirkung auf die oberen Wasserschichten begrenzt und somit ausschließlich für oberflächennah lebende, pelagische Fischarten von Bedeutung sind. Geht man von einer Umdrehungszahl der Rotoren von bis zu 20 Umdrehungen pro Minute aus, so findet etwa jede Sekunde ein Schatten-Licht-Wechsel statt. Die Auswirkungen sind nicht absehbar, möglicherweise resultiert diese visuelle Unruhe in einer Meidung der oberflächennahen Wasserschichten durch die dort lebenden Fischarten. Allerdings ist Schattenwurf insbesondere bei sonnigem Wetter zu erwarten, da bewölkungsbedingt diffuses Licht ohnehin keinen deutlich abgrenzbaren Schatten erzeugt. Fischarten wie der Hering, von denen eine Meidung klarer, sonnendurchfluteter Bereiche aufgrund übermäßiger Sichtbarkeit durch Fraßfeinde bekannt ist (KILS, 1986), dürften also von der genannten visuellen Unruhe nur in geringem Maße betroffen sein. Insgesamt wird eine Beeinträchtigung als unwahrscheinlich angenommen.

Als Bereich mit einer vermutlich eingeschränkten Schleppnetzfisherei können die Offshore-Windenergieparks ein Rückzugsgebiet für Fische werden, sofern die entsprechenden Arten nicht durch Betriebsgeräusche abgeschreckt werden. Durch die anzunehmende Besiedlung der Anlagen mit Bewuchs von Algen und Muscheln wird in allen bisher bekannten Untersuchungen eine Erhöhung der lokalen Biomasse prognostiziert, die zu einer Erhöhung der Artenvielfalt führen kann.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von OWEA auf das Schutzgut Fische wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust durch Scheuchwirkung aufgrund der Geräuschemissionen der Baugeräte (Schiffe, Kräne, sonstige Fahrzeuge)
- Kleinräumiger und kurzfristiger Individuenverlust durch Schadstoffemissionen
- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Installation der Fundamente aufgrund von Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven der Fische aufgrund von Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und dauerhafter Lebensraumverlust durch Flächenüberbauung
- Kleinräumige und dauerhafte Verschiebung / Erweiterung des Artenspektrums durch Besiedlung mit hartsubstratbewohnenden Arten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kleinräumige und dauerhafte Erweiterung des Nahrungsspektrums und der Nahrungsverfügbarkeit für einzelne Arten.

### **3.5.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Fische**

#### ***Fischerei***

Die wichtigsten Nutzfischarten in der Ostsee sind Hering (*Clupea harengus*), Dorsch (*Gadus morhua*) und Sprotte (*Sprattus sprattus*). Von untergeordneter Bedeutung sind Plattfische (Flunder, Scholle, Steinbutt).

Die aus der Fischerei resultierenden Umweltwirkungen sind vielfältig und in ihren Auswirkungen zum Teil erheblich. Grundlegendes Problem ist die Überfischung durch zu intensive Fischerei bei zu großer Flottengröße und zu hohen Fangquoten. Der Beifang von Jungfischen entzieht den Beständen zusätzlich das Potenzial zur Reproduktion, wobei fast der gesamte Beifang als Discard über Bord geht und zum Großteil stirbt. Eine generelle Bestandsbedrohung der überfischten Fischarten ist aber nicht gegeben, da infolge der hohen Reproduktionsraten die genetische Vielfalt und das biologische Überleben der Arten gesichert ist.

#### ***Marikultur***

Mit der Marikultur sind Konflikte mit der Meersumwelt verbunden, die mit ihren Auswirkungen auch die Fisch-Lebensgemeinschaften beeinträchtigen können. Hier ist insbesondere die Fischeaufzucht in Netzkäfiganlagen zu nennen, bei der ungeeignete Fütterungsmethoden zu Futtermitteln führen können, die den Meeresboden mit organischer Fracht belasten. Die Folge sind lokale Sauerstoffmangelsituationen, die durch den sauerstoffzehrenden mikrobiellen Abbau der organischen Substrate bedingt sind. Bei Krankheitsausbrüchen kann eine erhöhte Dichte von Parasiten und Krankheitserregern auch zu einem erhöhten Risiko für die Übertragung auf natürliche Bestände im anlagennahen Umgebungswasser führen. Auch das Entkommen von Kulturorganismen ist problematisch, wenn diese sich unter natürliche Artgenossen mischen und sich an der Fortpflanzung beteiligen. Dadurch kann die genetische Vielfalt gefährdet werden (WALTER et al., 2003). Entkommen gebietsfremde Fischarten und sind diese in der Lage sich zu etablieren, so können einheimische Fischarten verdrängt werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Marikultur auf die Fische wie folgt festhalten:

- Überregionale, permanente Wirkung aufgrund der Einschleppung gebietsfremder Arten
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge
- Überregionale, permanente Auswirkung aufgrund der erhöhten Dichte von Parasiten und Krankheitserregern.

### **3.5.2 Entwicklung des Schutzgutes Fische bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Fische würde sowohl bei Durchführung als auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen insbesondere der Fischerei weiterhin betroffen sein, da auf Fangquoten oder mögliche Fangverbote wegen der Regelungskompetenz der EU kein Einfluss genommen werden kann.

Bei Nichtdurchführung des Plans ist eine grundlegende Änderung der gegenwärtigen Struktur der in der Ostsee anzutreffenden Fischgemeinschaften nicht zu erwarten.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Fischkulturen in der AWZ denkbar. Bei Krankheitsausbrüchen könnte eine erhöhte Dichte von Parasiten und Krankheitserregern auch zu einem erhöhten Risiko für die Übertragung auf natürliche Bestände im anlagennahen Umgebungswasser führen. Auch das Entkommen von Kulturorganismen könnte problematisch sein, wenn diese sich unter natürliche Artgenossen mischen und sich an der Fortpflanzung beteiligen würden. Dieses könnte die genetische Vielfalt gefährden (WALTER et al., 2003). Entkommen gebietsfremde Fischarten und sind diese in der Lage sich zu etablieren, so könnten einheimische Fischarten verdrängt werden.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Fische deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesezte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses hat auch Auswirkungen auf das Schutzgut Fische. So kann es zur Einwanderung neuer und der Verdrängung einheimischer Fischarten kommen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.6 Marine Säugetiere**

### **3.6.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Marine Säugetiere**

#### **3.6.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Marine Säugetiere**

Auswirkungen durch den Schiffsverkehr auf marine Säugetiere können hervorgerufen werden durch: Schallemissionen, Verschmutzungen im Normalbetrieb oder bei Unfällen sowie Kollisionen von Tieren mit Schiffen. Im Normalbetrieb geht von der Schifffahrt eine potenzielle Gefährdung für marine Säugetiere aus. Die Auswirkungen sind gebietsspezifisch von geringer, mittlerer oder sogar hoher Intensität. Ebenfalls gebietsspezifisch sind die Auswirkungen temporär oder quasi permanent, wie z. B. entlang vielbefahrener Schifffahrtsrouten.

Eine direkte Störung mariner Säugetiere durch Schallemissionen sowie Kollisionsgefahr sind insbesondere entlang von viel befahrenen Schifffahrtswegen, z. B. in der Kadetrinne, häufiger zu erwarten. Anlockeffekte durch Schiffe sind bei Schweinswalen, anders als bei anderen Walarten, nicht bekannt. Generell verhalten sich Schweinswale eher scheu. Die Auswirkungen der Schifffahrt durch Schallemissionen auf marine Säugetiere sind regional und gebietsabhängig sporadisch bis andauernd. Auswirkungen der Schallemissionen beschränken sich jedoch auf einen Bereich entlang der jeweiligen Schifffahrtsroute einschließlich der darum liegenden Schallverbreitungszone. Die Schallverbreitungszone in der AWZ ist u. a. von der Größe, der Geschwindigkeit und der technischen Ausrüstung des einzelnen Schiffes abhängig.

Entlang von viel befahrenen Schifffahrtswegen sind die Auswirkungen auf marine Säugetiere als dauerhaft einzustufen. Auch andere vielbefahrene Schifffahrtsrouten können auf marine Säuger störend wirken. Die Auswirkungen können jedoch, je nach anfallendem Schiffsverkehr, regional und zeitlich begrenzt sein.

Die weltweite Steigerung im Schiffsverkehr hat zu einem deutlichen Anstieg der Hintergrundschallbelastung in den Meeren geführt (EVANS, 2003). Schallemissionen aus der Schifffahrt stellen eine der Hauptgefährdungen für marine Säugetiere dar (RICHARDSON et al., 1995). Vor allem niedere Frequenzanteile (< 10 kHz) haben unter Wasser erhebliche Reichweiten. Ein Supertanker kann von einigen Walarten noch in über 80 km Entfernung wahrgenommen werden. Breitbandschallpegel können dabei bis zu 205 dB (re 1  $\mu$ Pa – 1 m) erreichen. Einzelne Töne im Bereich einer Frequenz von 500 Hz erreichen 169 dB.

Zur Bedeutung des Schalls für marine Säugetiere wird auf Kap. 2.8 verwiesen.

Unterwasserschall anthropogener Quellen, wie Schiffsverkehr, kann im Extremfall zu physischen Schädigungen führen, aber auch die Kommunikation stören oder zu Verhaltensänderungen führen, z. B. Sozial- und Beutefangverhalten unterbrechen oder ein Fluchtverhalten auslösen.

In Bezug auf anthropogene Schallquellen, u. a. Schiffsverkehr, werden nach RICHARDSON et al. (1995) vier Zonen unterschiedlicher Auswirkungen auf Meeressäuger definiert:

- Zone physischer Schädigung: In dieser meistens eng umgrenzten Zone kommt es zu Unbehagen, temporären oder permanenten Hörschäden
- Maskierungszone: In diesem Bereich treten Maskierungseffekte auf, d. h. der anthropogene Schall übertönt biologisch relevante Geräusche, z. B. Kommunikationslaute
- Reaktionszone: In dieser Zone ist mit einer Verhaltensreaktion oder einer physiologischen Reaktion zu rechnen
- Hörbarkeitszone: Die Zone mit der größten Ausdehnung ist der Bereich um eine Schallquelle, in der ein Tier den Schall wahrnehmen kann.

In den meisten Fällen sind die Radien der Zonen nicht genau zu bestimmen. In Abhängigkeit der Frequenz nimmt der Schalldruck schon nach wenigen hundert Metern stark ab, so dass die Zone physischer Schädigungen oft nur wenige hundert Meter um die Schallquelle beträgt, während die Reaktionszone viele Quadratkilometer umfassen kann (RICHARDSON et al., 1995).

Der Grad einer physischen Schädigung des Gehörs ist abhängig von der Energie des Schallsignals. Die Schallenergie ist mit Schallpegel und Einwirkdauer korreliert (RICHARDSON et al., 1995). Schall hoher Intensitäten kann zunächst zu einer temporären Verschiebung der Hörschwelle, dem so genannten Temporary Threshold Shift (TTS) führen. Bei häufiger, langer oder chronischer Exposition kann es durch Zellschädigungen zu permanenten Gehörschwellenverschiebungen, dem so genannten Permanent Threshold Shift (PTS) kommen (GORDON et al., 1998). Bei sehr hohen Intensitäten ist auch ein sofortiger PTS möglich. Kontinuierlicher Lärm (z. B. an Schifffahrtsrouten) oder Pulse sehr hoher Intensität (z. B. Explosionen, seismische Geräte) können ebenso schädlich sein wie Pulse niedrigerer Intensitäten, die über eine lange Zeit einwirken. Frequenz und Bandbreite sind weitere Faktoren von Bedeutung. So sind hochfrequente und schmalbandige Signale gefährlicher als tieffrequente und breitbandige (KETTEN, 2002). Dies gilt insbesondere bei Schweinswalen, die im Vergleich zu Robben in niedrigen Frequenzen weniger gut hören, deren Hörkurve aber bis weit über 100 kHz reicht (KASTELEIN et al., 2002).

Insbesondere Schallquellen, die niedrige Frequenzen emittieren, werden unter Wasser kaum absorbiert und haben daher sehr hohe Reichweiten (RICHARDSON et al., 1995). Seehunde und Kegelrobben, deren Hörvermögen im niedrigen Frequenzbereich besser ist als bei Schweinswalen (KASTAK und SCHUSTERMAN, 1998; KASTELEIN et al., 2002), nehmen den Schall also

noch in einem weitaus größeren Radius um die Schallquelle wahr und reagieren wahrscheinlich empfindlicher auf diese Schallemissionen (THOMPSON et al., 1998a). Dies ist jedoch von einer Vielzahl von Faktoren, wie Hintergrundgeräusche, Einwirkdauer, Bandbreite, Verhalten oder Motivation der Tiere, abhängig. Aufgrund der aquatischen Lebensweise der Meeressäuger lassen sich Verhaltensänderungen oft nur schwer dokumentieren. Inwieweit durch bestimmte Schallereignisse Stress hervorgerufen wird, ist nicht untersucht (GORDON et al., 1998).

Schallemissionen können das Verhalten, die Verteilung, die Habitatnutzung und den Energiebedarf von Meeressäugern negativ beeinflussen, was langfristige Folgen auf das Populationsniveau haben kann (WELLS and SCOTT, 1997; ALLEN and READ, 2000). Ein hoher Hintergrundschaallpegel kann u.a. Soziallaute von Meeressäugern maskieren und kurzfristig das Verhalten der Tiere beeinträchtigen. Kurzfristige Auswirkungen sind zum Beispiel Ausweich- und Vermeidereaktionen, die zum Verlassen eines Habitats führen können. Häufige derartige Reaktionen können die Tiere z. B. von der Nahrungssuche abhalten. Eine Verdrängung in suboptimale Nahrungshabitate kann die Kondition der Tiere langfristig verringern. Als Folge können zum Beispiel vermehrt Parasitenbefall oder Krankheiten auftreten oder die Fortpflanzungsrate vermindert werden. Ein ähnlicher Langfristeffekt ist durch erhöhten über lange Zeit andauernden Stress zu befürchten. Langfristige Effekte auf Populationsniveau sowie kumulative Effekte sind allerdings bislang nicht untersucht.

Es gibt deutliche Hinweise, dass eine häufige oder ständige Einwirkung derart lauter Schallquellen bei Meeressäugern zu PTS führen kann. ANDRÉ et al. (in GORDON et al. 1998) konnten bei Pottwalen der Kanarischen Inseln entsprechende Zellschädigungen im Innenohr nachweisen. TTS kann bei Schwertwalen bereits nach einem 30 bis 50-minütigem Aufenthalt in einem Radius von 450 m um ein Walbeobachtungsboot auftreten (ERBE, 2002). Die kumulative Wirkung vieler Boote über eine lange Zeit wird als kritisch für PTS angesehen. In der Nähe viel befahrener Schifffahrtsrouten können noch stärkere Schallintensitäten und deutlich längere Einwirkzeiten auftreten. Es ist nicht klar, ob für Schweinswale ähnliche Werte für PTS oder TTS gelten. Insbesondere der Frequenzbereich ist hierfür ein wesentlicher Faktor. Robben mit ihrem gegenüber Schweinswalen gutem Gehörvermögen bei tiefen Frequenzen sind möglicherweise anfälliger.

EVANS et al. (1994) dokumentierten auf den Shetland-Inseln Ausweichreaktionen von Schweinswalen in Bezug auf Boote und Schiffe aller Größen. HERR et al. (2005) fanden in den stark befahrenen Schifffahrtsstraßen der Nordsee eine deutliche Dichteabnahme von Schweinswalen, die vermutlich auf die Schallemissionen der Schiffe zurückzuführen ist. Vermutlich sind die von Schiffen ausgehenden Schallemissionen ausschlaggebend für diesen Umstand (RICHARDSON et al., 1995). Reaktionen von Seehunden und Kegelrobben auf Schiffe sind nur selten dokumentiert. Seehunde reagierten auf einige Boote mit starken Ausweichbewegungen, während sie das ihnen bekannte Forschungsschiff tolerierten. Unterwasserrufe während der Aufzucht wurden unterbrochen, wenn sich Boote näherten. Auf eine regelmäßig verkehrende Schnellfähre zeigten sie keine derartige Reaktion (THOMPSON et al., 1998a).

Schallpegel steigen im Allgemeinen mit der Geschwindigkeit und Größe von Schiffen (RICHARDSON et al., 1995; EVANS, 2003). Die Bündelung eines großen Anteils von Schiffsbewegungen auf die Verkehrstrennungsgebiete hat zur Folge, dass dort die Schallbelastung erheblich ist, diese aber mit zunehmender Entfernung zum Schifffahrtsweg sinkt (RICHARDSON et al. 1995).

Wie von NOWACEK et al. (2001) gezeigt, sind Mutter-Kalb-Paare bei Großen Tümmlern in Bezug auf Bootsverkehr besonders störanfällig. Eigene unveröffentlichte Daten zeigen eine ähnliche Störanfälligkeit bei Schweinswal Mutter-Kalb-Paaren. Eine häufige Störung Kälber führender Weibchen kann die Überlebensrate der Jungtiere beeinträchtigen. Dasselbe gilt für die Maskierung von biologisch relevanten Geräuschen (z. B. Kontakt- und Soziallaute). Zu befürchtende Langfristeffekte auf Populationsebene können z. B. eine geringere Fortpflanzungs-

rate oder Überlebensrate von Jungtieren bei Störungen während der Paarungszeit oder Jungenaufzucht sein.

Bei Schiffshavarien kann es zum Austritt umweltgefährdender Stoffe wie Öl und Chemikalien kommen. Eine direkte Mortalität als Folge von Ölverunreinigung wird allenfalls bei größeren Ölkatastrophen zu erwarten sein (GERACI and ST AUBIN 1990; FROST and LOWRY, 1993). Ölverunreinigungen können bei Meeressäugetieren zu Lungen- und Gehirnschädigungen führen. Beobachtete Langfristfolge einer Ölpest war auch eine erhöhte Jungtiersterblichkeit bei Seehunden.

Auch der Verlust von Ladung kann zu Verunreinigungen mit toxischen Substanzen führen. Selbst im normalen Schiffsbetrieb gelangen Öl und Ölrückstände, lipophile Reinigungsmittel aus der Tankreinigung, Ballastwasser mit nicht indigenen Organismen sowie Festmüll in die Meeresumwelt (OSPAR, 2000). Schadstoffe, die von Schiffen ins Meer eingeleitet werden können sich in den Nahrungsketten anreichern und tragen damit zur Verschmutzung und Kontamination bei. Auswirkungen auf Meeressäugetiere über die Anreicherung von Schadstoffen in den Nahrungsketten wurde bereits im Kapitel 2 diskutiert.

Schiffskollisionen mit Meeressäugetieren werden vor allem bei langsam schwimmenden großen Walarten berichtet (KOSCHINSKI, 2002). Aber regional fallen auch erhebliche Anzahlen von Kleinwalen Kollisionen zum Opfer. Das Kollisionsrisiko steigt deutlich mit der Geschwindigkeit der Schiffe (LAIST et al., 2001), so dass eine Gefährdung von Schweinswalen durch Schnellfähren, aber auch durch schnell fahrende Militär-, Behörden- und Handelsschiffe wahrscheinlich ist (EVANS, 2003 In: ASCOBANS, 2005b). Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge werden über deren Maximalgeschwindigkeit von 30 Knoten definiert. In der deutschen AWZ werden allerdings keine Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge gelistet.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, fast andauernde Belastung entlang der vielbefahrenen Verkehrstrennungsgebiete aufgrund von Schallemissionen variierender Intensität
- Regionale, jedoch zeitbegrenzte Belastung aufgrund von Schallemissionen variierender Intensität auf verschiedenen weniger befahrenen Schifffahrtsrouten
- Kollisionen, punktuell und zufällig.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kontamination mit Schadstoffen, die teilweise auch durch die Schifffahrt in die Meeresumwelt und in die marinen Nahrungsketten gelangen.
- Belastung über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen, Öl und Müll aus dem Normalbetrieb - ist als großräumig und andauernd einzustufen.
- Belastung über die marinen Nahrungsketten, aufgrund schwerer Verschmutzung durch Schadstoffe, Öl und Müll bei Unfällen - ist als regional und meistens temporär einzustufen.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Schifffahrt fallen bei marinen Säugetiere artspezifisch unterschiedlich aus.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Schifffahrt auf marine Säugetiere nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf Individuenebene sind direkte und indirekte Auswirkungen durch Schifffahrt möglich
- Auf Populationsebene mariner Säugetiere sind Auswirkungen der Schifffahrt weitgehend unbekannt und lassen sich kaum einschätzen oder prognostizieren.



### 3.6.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Marine Säugetiere

#### **Rohrleitungen**

Bei der Verlegung, dem Betrieb, der Wartung und dem Rückbau von Rohrleitungen im Meer kann es zu Auswirkungen auf marine Säugetiere kommen. Zu nennen sind: Schiffsverkehr, Schallemissionen, Sedimentfahnen und Verschmutzungen. Im Normalbetrieb können Auswirkungen auf marine Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Bei Wartungsarbeiten sind erhöhter Schiffsverkehr mit Schallemissionen und Verschmutzungen möglich.

*Baubedingt:* Bei der Verlegung von Rohrleitungen kommt es temporär zu Schallbelastungen und Sedimenttrübungsfahnen (vgl. Unterkapitel Schifffahrt) mit entsprechenden möglichen Folgen für marine Säugetiere (RICHARDSON et al., 1995). Die Intensität und Dauer der Schallemissionen hängen im Wesentlichen vom Verlegeverfahren ab.. Insgesamt sind jedoch Störungen durch Verlegearbeiten für marine Säugetiere kleinräumig und von kurzer Dauer.

Auswirkungen durch Veränderung der Sedimentstruktur und Beschädigung von Benthos bei der Verlegung sind für marine Säugetiere vernachlässigbar. Diese Veränderungen finden kleinräumig entlang der Rohrleitung statt. Auswirkungen durch lokale Veränderungen der Sedimentstruktur und des Benthos sind für marine Säugetiere unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen überwiegend in der Wassersäule in weit ausgedehnten Arealen suchen.

Direkte Störungen mariner Säugetiere auf Individuenebene können während der Verlegung und des Rückbaus von Rohrleitungen auftreten. Auswirkungen durch Schiffsverkehr und insbesondere durch Schallemissionen bei Verlegearbeiten sind jedoch nur regional und zeitlich begrenzt zu erwarten. Mit der Entstehung von Sedimentfahnen ist weitgehend nur lokal und zeitlich begrenzt zu rechnen. Ein Habitatverlust für marine Säugetiere auf Individuenebene könnte dadurch insgesamt höchstens lokal und zeitlich begrenzt auftreten.

*Betriebsbedingt:* Die auf dem Meeresboden verlegten Rohrleitungen können bei marinen Säugetieren Anlockeffekte hervorrufen, ausgelöst durch vermehrtes Fischvorkommen im Bereich der Rohrleitungen (diese können wiederum durch Ansiedlung von Benthosorganismen an den Rohrleitungen angelockt werden). Auswirkungen durch Sediment- und Benthosveränderungen sind für marine Säugetiere jedoch unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen in weit ausgedehnten Arealen suchen. Im Normalbetrieb haben Rohrleitungen auf marine Säugetiere insgesamt keine erheblichen Auswirkungen.

Im Normalbetrieb sind Auswirkungen auf die Populationsebene nicht bekannt. Aufgrund der schmalen, linearen Verlaufsform von Rohrleitungen können negative Auswirkungen auf die Populationsebene mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Rohrleitungen auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

#### *Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, für die Dauer der Verlegung oder des Rückbaus anhaltende mittlere Auswirkungen aufgrund von Schallemissionen
- Regionale, jedoch zeitbegrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr bei der Verlegung und bei Wartungsarbeiten

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen aufgrund von Sedimentfahnen bei der Verlegung und beim Rückbau
- Regionale, geringe Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund von Sedi-ment- und Benthosveränderungen.

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen von Rohrleitungen auf mari-ne Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

### **Seekabel**

Folgende Auswirkungen können bei der Verlegung und z. T. beim Rückbau von Seekabeln für marine Säugetiere von Bedeutung sein: Schiffsverkehr, Schallemissionen und Trübungsfah-nen. Mögliche betriebsbedingte Auswirkungen durch Erzeugung von elektrischen und magne-tischen Felder in der unmittelbaren Umgebung von Seekabeln auf marine Säugetiere hängen von der Art des jeweiligen Kabels ab.

*Baubedingt:* Bei der Verlegung von Kabeln kommt es zeitlich begrenzt zu Schallemissionen, die möglicherweise Störungen bei marinen Säugetieren hervorrufen oder deren Soziallaute maskieren können (s. Unterkapitel Schifffahrt, Schallemissionen). Die Dauer und Intensität der Schallemissionen variieren je nach Verlegeverfahren. Die Auswirkungen der Schallemissionen während der Verlegung sind jedoch regional und zeitlich begrenzt. Die Intensität der Auswir-kungen kann in Abhängigkeit vom Verlegeverfahren zwischen mittel und hoch variieren. Dies gilt auch für Auswirkungen durch Entstehung von Trübungsfahnen. Veränderungen der Sedi-mentstruktur und damit verbundene temporäre Benthosveränderungen haben auf marine Säugetiere keine Auswirkungen. Marine Säugetiere suchen ihre Beute in weit ausgedehnten Arealen in der Wassersäule.

*Betriebsbedingt:* Im Betrieb können Stromkabel zu Erwärmung der umgebenden Sedimente führen. Diese hat allerdings keine direkten Auswirkungen auf hochmobile Tiere der Wasser-säule, wie marine Säuger.

Der Einfluss elektromagnetischer Felder von stromabführenden Kabeln auf das Wanderverhalten von Meeressäugetieren ist weitgehend unbekannt (GILL et al., 2005)

Insgesamt sind keine erheblichen Auswirkungen durch Kabel zur Ableitung von Energie oder durch Bündelung von Kabeln in einer gemeinsamen Trasse auf marine Säugetiere weder auf Individuen- noch auf Populationsebene zu erwarten.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von stromabführenden Kabeln auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

#### *Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, für die Dauer der Verlegung anhaltende mittlere Auswirkungen, aufgrund von Schallemissionen
- Regionale, zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr bei der Verlegung
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen aufgrund der Sedimentfahnen bei der Verlegung
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe bis mittlere Auswirkungen bei Wartungs- und Repa-raturarbeiten
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe bis mittlere Auswirkungen bei Störfällen.

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale geringe Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sedi-ment- und Benthosveränderungen.

Aufgrund bisheriger Erkenntnisse (Kapitel 2, Marine Säugetiere) und der hier aufgeführten Auswirkungen von stromabführenden Kabeln auf marine Säugetiere lassen sich zudem folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Auf *Individuenebene* lassen sich geringe Auswirkungen bei Verlegung, Wartung, Störfall und Rückbau nicht völlig ausschließen
- Im Normalbetrieb können Auswirkungen auf marine Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden
- Aufgrund des linearen, schmalen Verlaufs von Kabeln können Auswirkungen auf Nahrungsgründe und selbst auf Aufzuchtsgünde mariner Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden
- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere sind durch stromabführende Kabel keine Auswirkungen zu erwarten.

### 3.6.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Marine Säugetiere

Es lassen sich folgende wesentliche Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung auf marine Säugetiere festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumige und zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Beifang bei fischereilicher Forschung
- Lokal wie zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Fischereifahrzeuge
- Kleinräumige, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch seismische Forschungsaktivitäten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Kleinräumige Auswirkungen durch die fischereiliche Forschung auf die marinen Nahrungsketten
- Nahrungslimitierung durch Wegfangen der von Meeressäuger bevorzugten Fischbeute.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung auf marine Säugetiere nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte, meistens stark lokalisierte, Auswirkungen durch fischereiliche Forschung bekannt
- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere gibt es keine Hinweise auf erhebliche Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung aufgrund des regionalen und zeitlich begrenzten Einsatzes.

### 3.6.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Marine Säugetiere

Gefährdungen können für Schweinswale, Robben und Seehunde durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks, insbesondere durch Schallemissionen während der Installation der Fundamente, verursacht werden, wenn keine Verminderungs- oder Vermeidungsmaßnahmen getroffen werden.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten sind mit Schallemissionen verbunden, die sich - in Abhängigkeit vom Frequenzbereich und der Intensität des Schalls - stark beeinträchtigend auf Wale und Robben auswirken können. Insbesondere bei schallintensiven Gründungsaktivitäten (z. B. Rammungen) sind physische Schädigungen des Gehörs von Tieren in der näheren Umgebung der Schallquelle durchaus möglich. Aufgrund der weiträumigen Ausbreitung von Unterwasserschall sind auch noch in größerer Entfernung Auswirkungen wie z.B. Scheueffekte und Verhaltensänderungen zu erwarten. Auf die Beobachtungen von Verhaltensänderungen

von Schweinswalen während der Rammarbeiten im Windpark Horns Rev noch in 20 km Entfernung zum Bauort (TOUGAARD et al., 2003) sei an dieser Stelle verwiesen.

Modellrechnungen von KOSCHINSKI und CULIK (2002) ergaben, dass beim Bau von OWEA auftretende Rammgeräusche (bei 2 kHz, 190 dB Quellpegel und einer errechneten Ausbreitungsformel) den unteren Schwellenwert für eine Maskierung von biologisch relevanten akustischen Signalen erst in 40 km Entfernung erreichen. Diese Berechnung erfolgte jedoch unter der Annahme, dass keine Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen getroffen wurden.

Neben den Konstruktionsarbeiten sind durch das erhöhte Schiffsaufkommen Störwirkungen auf marine Säugetiere während der gesamten Bautätigkeiten zu erwarten.

Die Verhaltensreaktionen auf die Bautätigkeiten und die damit verbundenen Schallemissionen können bei Schweinswalen ebenso wie bei Robben individuell unterschiedlich und von der jeweiligen Lebenssituation bestimmt sein. So besteht in den ersten Monaten der Jungenaufzucht (Mai-August) bei Mutter-Kalb-Paaren von Schweinswalen eine besondere Störungsempfindlichkeit. Panikartige Reaktionen könnten zu einer Trennung der Tiere führen und damit das Überleben der Kälber gefährden (KNUST et al., 2003).

*Betriebsbedingt:* Die Geräuschemissionen an den Anlagen werden eine geringere Intensität als baubedingter Schall aufweisen und sich mit zunehmender Anlagengröße über einen immer tiefer liegenden Frequenzbereich erstrecken (KNUST et al., 2003). Es ist davon auszugehen, dass Seehunde aufgrund ihres besseren Hörvermögens im niederfrequenten Bereich diese Geräusche über einen weiteren Bereich als Schweinswale wahrnehmen können (KNUST et al., 2003). Schall- und Vibrationsemissionen an den Gründungsstrukturen können Meidereaktionen der Tiere bewirken und damit Habitatverluste bzw. Barrierewirkungen zur Folge haben. Großflächige Scheuchwirkungen können derzeit nicht ausgeschlossen werden.

Es gibt bis heute nur lückenhafte Kenntnisse über das Hörvermögen von marinen Säugetieren, über die Gefährdungspotentiale verschiedener Aktivitäten, über Hörschwellen und über Hörschwellenverschiebungen, sogenannte Permanent Threshold Shift (PTS) und Temporary Threshold Shift (TTS). Aus einem unter experimentellen Bedingungen in Gefangenschaft aufgezeichneten Audiogramm von einem Schweinswal geht hervor, dass dessen Hörvermögen im Bereich von 16-140 KHz liegt, wobei die Empfindlichkeit im Bereich um die 64 KHz reduziert ist (KASTELEIN, 2002). Die maximale Hörempfindlichkeit (33 dB re 1 $\mu$ Pa) ist zwischen 100 und 140 KHz registriert worden und deckt damit den Bereich der Echoortung (120-130 KHz) der Schweinswale ab. Die Autoren vermuten, dass diese Merkmale auf eine Anpassung zur Navigation und Nahrungssuche in der Dunkelheit hindeuten und verweisen auf die Notwendigkeit von Informationen über das Hörvermögen von Schweinswalen in natürlicher Umgebung und in Anwesenheit von Maskierungsgeräuschen von verschiedener Dauer, Intensität und Richtung. Es fehlen zudem Informationen über Einfluss von Alter, Gesundheitszustand und akustische Vorbelastungen auf das Hörvermögen, über die Anfälligkeit für Hörstörungen und die Verschiebung der Hörschwelle (KETTEN, 2002).

Neuere Studien betonen die Notwendigkeit der Anwendung von artspezifischen Hörschwellen bei der Betrachtung von Auswirkungen von intensiven Schallereignissen während der Rammarbeiten von Fundamenten auf marine Tiere (NEDWELL et al., 2004). Hörschwellen (dB<sub>rms</sub> re 1  $\mu$ Pa) wurden z. B. für die schallsensitiven Schweinswale aus allen bis heute durchgeführten Verhaltensexperimenten oder Messungen an evozierten Potenzialen zusammengetragen. Aufgrund des heutigen Kenntnisstandes über Hörschwellen von Schweinswalen ist zu erwarten, dass Rammgeräusche bis zu Entfernungen von mehr als 80 km wahrgenommen werden können. Verhaltensänderungen bzw. Reaktionen von Schweinswalen auf Rammgeräusche wären daher bis zu 80 km von der Rammstelle zu erwarten. Unmittelbar an der Rammstelle ist mit schweren Verletzungen der Tiere zu rechnen, wenn keine Verminderungsmaßnahmen getroffen werden (THOMSEN et al., 2006).

Erste Ergebnisse zur akustischen Belastbarkeit von Schweinswalen wurden im Rahmen des MINOS<sup>plus</sup> Projektes erzielt. Nach einer Beschallung mit einem maximalen Empfangspegel von 200 dB re 1  $\mu$ Pa und einer Energieflussdichte von 164 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz wurde bei einem Tier in Gefangenschaft bei 4 kHz erstmals TTS nachgewiesen (Lucke et al. 2007a, Lucke et al. 2008)). Auf der Basis von bisherigen Erkenntnissen wird vorgeschlagen, ein aus Spitzen-schalldruckpegel und Energieflussdichte kombiniertes Kriterium bei der Festlegung eines akustischen Belastungsgrenzwertes anzuwenden (Gentry et al., 2007, SOUTHALL et al., 2008). Das bedeutet, dass neben der absoluten Lautstärke auch die Dauer des Signals eine wichtige Rolle spielt und die Belastungsgrenze mit zunehmender Dauer des Signals (und damit steigender Energieflussdichte des Signals) sinkt. Die für Schweinswale ermittelte Belastungsgrenze (Lucke et al. 2007, Lucke et al. 2008) liegt in Bezug auf die Energieflussdichte der Signale – bei einmaliger Beschallung – bei 164 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s und wird für Signale von 1 s vermutlich sogar unterhalb dieses Wertes liegen. Hinzu kommt, dass diese Belastungsgrenze zusätzlich auch noch durch eine Wiederholung der Beschallung abgesenkt wird, d.h. es kann schon bei niedrigeren Lautstärken zu einer Schädigung des Gehörs der Tiere kommen. Bei den Messungen wurde beobachtet, dass die Hörschwellenverschiebung mehr als 24 Stunden anhielt.

Im Rahmen der Untersuchungen in der Bauphase der Offshore-Windparks „Horns Rev“ und „Nysted“ sind während des Rammens der Fundamente Veränderungen im Vorkommen und Verhalten von Schweinswalen beobachtet worden. Visuelle Erfassungen vom Schiff aus im Gebiet „Horns Rev“ ergaben eine deutliche Reduzierung der Sichtungen im Windpark während der Rammarbeiten. Visuell konnte während der Rammarbeiten ein Übergang von ungeichtetem Schwimmen (überwiegend mit Nahrungssuche assoziiert) zu gerichtetem Schwimmen (Fluchtverhalten) bis in einer Entfernung von 20 km vom Windpark beobachtet werden.

Hingegen zeigten akustische Erfassungen während der Bauarbeiten durch den Einsatz von TPODs einen Anstieg der Signale im Gebiet des Windparks gegenüber den Erfassungen vor Baubeginn. Es konnte festgestellt werden, dass sich die Signalaktivität (Schweinswalklicks) in durchschnittlich 4,5 Stunden nach Beendigung der Rammarbeiten wieder einstellte und dann rasch die für dieses Gebiet üblichen Signalraten erreichte. Generell zeigten die Erfassungen im Zeitraum der Bauphase Verhaltensänderungen der Schweinswale (TOUGAARD et al., 2004a; TOUGAARD et al., 2004b).

Akustische Erfassungen durch Einsatz von TPODs im Untersuchungsgebiet „Nysted“ zeigten im Vergleich zum Gebiet „Horns Rev“ eine sechsfach längere Wartezeit bis zur erneuten Aufnahme von Signalen nach Beendigung des Rammens. Außerdem wurde während der Bauphase insgesamt eine Reduzierung der Signale im Windpark festgestellt (TEILMANN et al., 2004). Die Autoren führen diese beobachteten Verhaltensunterschiede auf besondere Eigenschaften der Gebiete oder verschiedene Populationsstrukturen zurück. Eine Auswertung der Ergebnisse auf der Basis eines BACI-Modells zeigte, dass sich das Verhalten der Schweinswale bzw. die Echoortung, während der Bauphase veränderte. Für die reduzierte Echoortungsaktivität wird eine Abnahme der Dichte bzw. Vermeidung des Gebietes durch Schweinswale angenommen. Allerdings geben die Autoren der Studie zu bedenken, dass eine positive Korrelation zwischen Echoortung und Dichte bis heute nicht eindeutig bewiesen ist. Zudem hat das akustische Monitoring mit Hilfe des TPODs zwar eine sehr hohe zeitliche, aber eine nur sehr niedrige räumliche Auflösung (CARSTENSEN et al., 2006).

Generell sind die Schallereignisse während des Rammverfahrens nur temporär. Erfahrungswerten aus Horns Rev zufolge dauert das Rammen eines Monopiles zwischen 30 Minuten und 1,5 Stunden. Aus Literaturangaben geht hervor, dass kumulierende Langzeitwirkungen, wie diese z.B. entlang von Hauptschiffahrtswegen entstehen, für marine Säugetiere weit gefährlicher sein könnten als episodische, vorübergehende Aktivitäten (MILLER et al., 2002).

Vor diesem Hintergrund sind im Genehmigungsverfahren entsprechende Anordnungen zu schallminimierenden Maßnahmen zu treffen.

In der Konstruktionsphase ist zudem mit erhöhtem Schiffsverkehr im Baugebiet zu rechnen. Trübungsphasen bei der Errichtung der Fundamente sind regional und temporär zu erwarten. Auswirkungen solcher temporärer Trübungsphasen sind allerdings für marine Säugetiere unerheblich (siehe auch Unterkapitel Rohrleitungen und Seekabel). Veränderungen der Sedimentstruktur und Zerstörung des Benthos treten in der Konstruktionsphase auf lokaler Ebene auf. Ein Habitatverlust für marine Säugetiere könnte dadurch insgesamt lokal und zeitlich begrenzt auftreten. Auswirkungen sind für marine Säugetiere jedoch unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen überwiegend in der Wassersäule in weit ausgedehnten Arealen suchen.

Nach heutigem Kenntnisstand sind keine betriebsbedingten negativen Langzeiteffekte durch Schallemissionen der Turbinen für Schweinswale bekannt. Nach Berechnungen der Schallausbreitung im Wasser von HENRIKSEN et al. (2003) für den Betrieb vier verschiedener Turbinentypen wird angenommen, dass die Betriebsgeräusche im Wasser maximal 17-20 dB re 1  $\mu$ Pa über der berechneten Hörschwelle der Schweinswale liegen werden und in einem Abstand zwischen 50-100 m von der Turbine wahrgenommen werden könnten. Die Autoren erwarten anhand dieser Berechnungen keine betriebsbedingten Auswirkungen auf das Verhalten der Schweinswale. Experimentell durch Simulation der Betriebsgeräusche einer 2 MW Windturbine unter kontrollierten Umweltbedingungen stellten KOSCHINSKI et al. (2003) zwar Verhaltensänderungen bei Schweinswalen fest, die Tiere haben jedoch die Umgebung weiter genutzt. Visuell konnte eine Vergrößerung des Abstands zur Geräuschquelle um 62 m (Median) beobachtet werden, wobei sich einige Tiere der Quelle auf bis zu 4,5 m näherten. Akustisch konnte allerdings eine Verdopplung der Echoortung in der Umgebung der Schallquelle festgestellt werden. Neue experimentelle Ergebnisse bestätigen, dass keine signifikante Maskierungseffekte bei simulierten Betriebsgeräusche von 115 dB re 1  $\mu$ Pa messbar sind. Erst bei Betriebsgeräuschen von 128 dB re 1  $\mu$ Pa wurden experimentell Maskierungseffekte an niedrigen Frequenzen von 0.7, 1.0, und 2.0 kHz in der unmittelbaren Umgebung der Schallquelle festgestellt (LUCKE et al. 2007b). Generell sind betriebsbedingte Auswirkungen auf marine Säugetiere nicht zu erwarten bzw. sehr eingeschränkt und letztendlich abhängig von der art-spezifischen Hörempfindlichkeit, der Lärmausbreitung im konkreten Gebiet und nicht zuletzt von der Anwesenheit anderer Lärmquellen und Hintergrundgeräuschen, wie z. B. Schiffsverkehr (MADSEN et al., 2006).

Ein Vergleich der Sichtungen aus den Basisuntersuchungen (vor Baubeginn) und der Sichtungen aus der Phase nach Beendigung der Bauarbeiten (Übergang zur Betriebsphase im Jahr 2004 im Offshore-Windpark „Horns Rev“) ergab keine signifikanten Unterschiede. Die Beobachtungen aus der Betriebsphase des Windparks zeigten anhand der akustischen Erfassungen eine Wiederkehr zu den Werten der Basisuntersuchungen. Es wurden wieder Schweinswale im Windpark gesichtet. Die Beobachtungen in der Betriebsphase sind allerdings im Jahr 2004 nach den ersten drei Überwachungs-Schiffszählungen aufgrund der anfallenden intensiven Reparaturarbeiten bis zum Jahr 2005 unterbrochen worden. Eine statistische Analyse liegt bisher nicht vor (TOUGAARD et al., 2004a; TOUGAARD et al., 2004b).

Erste Ergebnisse akustischer Erfassungen zum Verhalten von Schweinswalen bei in Betrieb befindlichen Offshore-Windparks in der Nordsee (Horns Rev) und in der Ostsee (Nystedt) zeigen bisher keine klaren Verhaltensmuster. Im Offshore-Windpark Nystedt wurde bei drei von vier Versuchsanordnungen tagsüber außerhalb des Windparks eine höhere Aktivität beobachtet, während die Aktivität nachts innerhalb des Windparks höher war. Ergebnisse von Horns Rev deuten auf eine im Vergleich zur Basisuntersuchung stärkere Anwesenheit innerhalb des Windparks hin (BLEW et al., 2006). Wenn sich auch bisher keine klaren Verhaltensstrukturen aus den Ergebnissen ableiten lassen, so zeigen sie doch, dass Offshore-Windparks von Schweinswalen zumindest nicht prinzipiell gemieden werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bis heute ausreichende Beobachtungen und konkrete Ergebnisse über negative oder auch positive Effekte durch die Errichtung von Offshore-Windparks auf Schweinswale sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene fehlen. So gibt es weder Hinweise auf nachteilige Barrierewirkungen und/oder Habitatverlust aufgrund des Betriebes von OWEA noch Ergebnisse über positive Wirkungen der OWEA auf Schweinswale durch ein etwaiges Verbot der Schifffahrt und der Fischereiaktivitäten im Windpark. Es lässt sich lediglich eine Anreicherung des Arteninventars und dadurch der Nahrungsgrundlage der Schweinswale in der Umgebung von Offshore-Plattformen feststellen und prognostizieren. Dies betrifft zum einen das Benthos aufgrund des Einbringens von Hartsubstrat sowie zum anderen das Schutzgut Fische aufgrund der Anreicherung des Benthos (FABI et al., 2004; LOKKEBORG et al., 2002).

Generell gelten die bereits für Schweinswale ausführlich aufgeführten Erwägungen zur Schallbelastigung durch Bau- und Betriebsaktivitäten von OWEA für alle in der AWZ der Ostsee vorkommenden marinen Säugetiere. Allerdings variieren unter marinen Säugetieren artspezifisch die Hörschwellen, Empfindlichkeit und Verhaltensreaktionen erheblich. Die Unterschiede bei der Wahrnehmung und Auswertung von Schallereignissen unter marinen Säugetieren beruhen auf zwei Komponenten: Zum einen sind die sensorischen Systeme morphoanatomisch wie funktionell artspezifisch verschieden. Dadurch hören Meeressäuger bzw. reagieren auf Schall unterschiedlich. Zum anderen sind sowohl Wahrnehmung als auch Reaktionsverhalten vom jeweiligen Habitat abhängig (KETTEN, 2002).

Seehunde gelten Schallaktivitäten gegenüber im Allgemeinen als tolerant, insbesondere im Falle einen ausgiebigen Nahrungsangebots. Allerdings wurden durch telemetrische Untersuchungen Fluchtreaktionen während seismischer Aktivitäten festgestellt (RICHARDSON, 2004). Allen bisherigen Erkenntnissen zufolge können Seehunde Rammgeräusche noch in weiter Entfernung von mehr als 100 km wahrnehmen. Betriebsgeräusche von 1,5 - 2 MW OWEA können von Seehunden noch in 5 bis 10 km Entfernung wahrgenommen werden (LUCKE et al., 2006). Unter Berücksichtigung von geeigneten schallminimierenden Maßnahmen, können erhebliche Beeinträchtigungen für Robben mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, für die Dauer der Installation der Fundamente anhaltende Auswirkungen hoher Intensität aufgrund von Schallemissionen
- Lokale bis regionale und zeitbegrenzte geringe Auswirkungen aufgrund von Sedimentfahnen
- Regionale, jedoch zeitbegrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr im Bereich der Baustelle
- Regionaler, für die Dauer der Rammungen zeitlich begrenzter Habitatverlust durch Verlassen des Baugebiets.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen von höchstens geringer Intensität während der Konstruktionsphase über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen
- Regionale, permanente Auswirkungen von geringer bis mittlerer Intensität durch die Anlagen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen und Zunahme der verfügbaren Biomasse (Anlockeffekte).

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere wie folgt eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch Schallemissionen während der Einbringung der Fundamente möglich
- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere sind Auswirkungen durch Offshore- Windenergieanlagen bisher nicht bekannt, jedoch aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus vorhandenen Offshore-Windparks eher auszuschließen.

Die oben ausgeführten Auswirkungen durch die Errichtung und den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere, insbesondere auf Schweinswale, in der AWZ der Ostsee können schließlich zum Habitatverlust führen und ließen sich im Feld erfassen und quantifizieren bzw. prognostizieren (Tabelle 37). Auswirkungen wie Hörschwellenverschiebungen (PTS, TTS) lassen sich im Feld nicht erfassen. Der Einsatz von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von intensiven Schallemissionen in der Konstruktionsphase und der Einsatz von umweltfreundlichen Konstruktionen nach Stand der Technik soll zudem dazu beitragen, physische Störungen auszuschließen. Die Bewertung basiert auf bisherigen Ergebnissen aus Offshore-Windparks (Horns Rev und Nysted) und aufgestellten Prognosen für konkrete Planungen in der deutschen AWZ der Ostsee.

Tabelle 37: Wesentliche Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von Offshore- Windenergieanlagen unter der Voraussetzung von geeigneten Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von intensiven Schallemissionen

	<b>Räumliche Ausdehnung</b>	<b>Zeitliche Einwirkung</b>	<b>Wichtigste Auswirkung</b>	<b>Intensität der Auswirkung</b>
<b>Bauphase</b>	Regional	Temporär	Habitatverlust	Mittel bis hoch
<b>Betriebsphase</b>	Regional	Permanent	Habitatverlust? (Monitoring)	Gering? (Monitoring)

Die Beschreibung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen in der AWZ der Ostsee fällt jedoch für marine Säugetiere standort- und projektspezifisch unterschiedlich aus. Eine Pauschalberechnung der Auswirkungen bzw. der Erheblichkeit ist daher nicht möglich.

*Standortbedingte Aspekte :*

- Funktion und Bedeutung der Teilgebiete für marine Säugetiere, insbesondere für Schweinswale, sind ausschlaggebend um Auswirkungen der Errichtung und möglicherweise auch des Betriebs von Anlagen innerhalb eines Gebietes einschätzen zu können. Drei Funktionen sind für die Beurteilung der Bedeutung eines Gebietes für Schweinswale von besonderer Bedeutung: a) Das Gebiet wird überwiegend zum Durchqueren genutzt; b) Das Gebiet dient als Nahrungsgrund; c) Das Gebiet dient als Aufzuchtgrund.
- Natürliche Eigenschaften von Baugebieten haben einen Einfluss auf die Intensität der Auswirkungen, u.a. Wassertiefe und Bodenbeschaffenheit
- Der Hintergrundschallpegel spielt eine wichtige Rolle bei der Bemessung der Erheblichkeit (z. B. Nähe zu vielbefahrenen Schifffahrtswegen).

*Projekt- bzw. anlagenbedingte Aspekte:*

- Errichtungsmethode der Fundamente (wie z.B. Rammen)
- Maßnahmen zum Fernhalten von marinen Säugetieren während der Errichtung von Fundamenten (wie soft-start und Pingers)
- Maßnahmen zur Verminderung der Schallintensität (wie Blasenschleier)
- Größe und Anzahl der Anlagen (Kapazität)
- Technische Ausrüstung der Anlagen unter Berücksichtigung umweltfreundlicher Aspekte nach Stand der Technik.

Um die Bedeutung eines Gebietes für hochmobile Arten, wie Schweinswale, feststellen zu können, sind Bewertungskriterien auf der Basis von überregionalen Verteilungsmustern,



Abundanz- und Trendentwicklung der Population notwendig. Konkrete Bewertungskriterien von überregionaler Bedeutung fehlen jedoch noch zur Zeit. Eine erste Annäherung zur standortbezogenen Einschätzung der Auswirkungen von OWEA in Teilgebieten der deutschen AWZ kann daher nur anhand einiger Hilfskriterien, wie oben aufgeführt z.B. Funktion und Bedeutung des Gebietes, vorgenommen werden.

### 3.6.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Marine Säugetiere

#### **Fischerei**

In der Ostsee werden Schleppnetze und aufgrund der Bodenbeschaffenheit in erheblichem Maß auch Stellnetze eingesetzt. Die Hauptbedrohung von Schweinswalen in der Ostsee ist der unerwünschte Beifang in Fischereinetzen (ASCOBANS, 2003). Die Internationale Walfangkommission (IWC) hat sich darauf verständigt, dass die beifangbedingte Mortalität nicht über 1% des geschätzten Bestandes betragen soll (IWC, 1996). Bei höheren Beifangraten ist das Schutzziel, eine Erholung der Populationen auf 80 % der Kapazitätsgrenze des Lebensraumes (carrying capacity), gefährdet (ASCOBANS, 1997).

Zusammenfassend, lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Fischerei auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

#### *Direkte Auswirkungen:*

- Großräumige anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Beifang
- regionale und zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Fischereifahrzeuge.

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Einwirkung der Fischerei auf die marinen Nahrungsketten
- Regionale bis überregionale Nahrungslimitierung durch Fangen der von Meeressäuger bevorzugten Fischbeute.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Fischerei auf marine Säugetiere fallen artspezifisch unterschiedlich aus.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Fischerei auf marine Säugetiere nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch Fischerei bekannt
- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere gibt es ebenfalls Hinweise auf erhebliche Auswirkungen der Fischerei.

#### **Marikultur**

Marine Säugetiere wären im Falle der Ansiedlung von Marikulturen indirekt über die Verschlechterung der Wasserqualität und über die Nahrungsketten betroffen: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten das Immunsystem mariner Säugetiere beeinträchtigen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten die gesamten Nahrungsketten beeinflussen und damit obere Prädatoren, wie marine Säugetiere.

Nach aktuellem Kenntnisstand und aufgrund von fehlenden konkreten Planungen ist es nicht möglich, Auswirkungen durch Marikulturen in der AWZ einzuschätzen.

### **3.6.2 Entwicklung des Schutzgutes Marine Säugetiere bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Marine Säugetiere würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. Schifffahrt und Fischerei, in Teilen wie dargestellt weiterhin betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Dadurch könnte es möglicherweise zu Gefährdungen von Schweinswalen in wichtigen Nahrungs- und Aufzuchtgründen kommen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen kommen. Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten das Immunsystem mariner Säugetiere beeinträchtigen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten die gesamten Nahrungsketten und damit auch obere Prädatoren, wie marine Säugetiere, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Marine Säugetiere deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf marine Säugetiere sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere Fische, betroffen sein. Auch die bereits angesprochene mögliche Verlagerung der Schweinswalbestände könnte mit Klimaveränderungen zusammenhängen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.7 Seevögel**

### **3.7.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Seevögel**

#### **3.7.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Seevögel**

Wichtige Einflüsse des Schiffsverkehrs für Seevögel sind: visuelle Störungen, Verschmutzungen im Normalbetrieb oder bei Unfällen, ferner Anlockeffekte, insbesondere bei Fischereifahrzeugen. Im Normalbetrieb geht von der Schifffahrt eine potenzielle Gefährdung für Seevögel aus. Die Auswirkungen sind gebietsspezifisch von unterschiedlicher Intensität und Dauer.

Direkte Auswirkungen durch Meideverhalten von Schiffen und Schifffahrtswegen sind vor allem bei störungsempfindlichen Arten, wie z.B. den Seetauchern bekannt. Direkte Auswirkungen auf Seevögel durch visuelle Störungen sind insbesondere entlang von viel befahrenen Schifffahrtswegen häufiger zu erwarten. Die Auswirkungen der Schifffahrt durch visuellen Störreiz auf Seevögel sind gebietsabhängig sporadisch bis andauernd. Entlang von vielbefahrenen

Schiffahrtswegen sind solche Auswirkungen als dauerhaft einzustufen. Auch andere vielbefahrene Schifffahrtsrouten können auf Rastvögel störend wirken. Die Auswirkungen können jedoch, je nach anfallendem Schiffsverkehr, regional und zeitlich begrenzt sein.

Im normalen Schiffsbetrieb gelangen Öl und Ölrückstände, lipophile Reinigungsmittel aus der Tankreinigung, Ballastwasser mit nicht einheimischen Organismen sowie Festmüll in die Meeresumwelt (OSPAR, 2000). WIESE und RYAN (2003) fanden Zeichen von chronischer Ölverschmutzung an Seevögeln. Fast 62% aller Seevogel-Totfunde in den südöstlichen Küsten von Neufundland in den Jahren 1984-1999 waren mit Öl aus dem Schiffsbetrieb kontaminiert. Alkenvögel waren dabei am häufigsten mit Öl verschmutzt.

Auch der Verlust von Ladung führt oft zu Verunreinigungen mit toxischen Substanzen. Schadstoffe, die von Schiffen ins Meer eingeleitet werden, können sich in der Nahrungsketten anreichern und tragen damit zur Verschmutzung und Kontamination bei.

Bei Schiffshavarien kann es zudem zum massiven Austritt umweltgefährdender Stoffe, wie Öl und Chemikalien, kommen. Direkte Mortalität als Folge von Ölverunreinigung wurde bereits oft bei Seevögeln festgestellt. Ölunfälle auf See wirken sich häufig gravierend für Seevögel aus, dabei werden Trottellummen werden aufgrund ihres Tauchverhaltens sehr oft Opfer von Ölverunreinigungen.

Verschiedene Effekte sind bekannt, die durch Ölverschmutzungen hervorgerufen werden können. Nach dem Unfall der „Prestige“ in 2003 wurde z.B. an Brutkolonien, die von der Ölverunreinigung betroffen waren, ein bis zu 50% reduzierter Bruterfolg der Krähscharbe im Vergleich zu ungestörten Brutkolonien beobachtet (VELANDO et al., 2005a). Auch indirekte Auswirkungen des Unfalls der „Prestige“ auf den Bruterfolg der Krähscharbe wurden dabei festgestellt: eine hohe Kontamination im Sediment, Plankton und Benthos hat die Sandaalpopulation verringert. Die Reduzierung der Sandaale hat wiederum auf den Bruterfolg der Krähscharbe Einfluss genommen. So haben in 2003 weniger Brutpaare, als anhand von Langzeitdaten erwartet, erfolgreich gebrütet. Die Kondition der Küken war zudem aufgrund fehlender Nahrung bzw. verminderter Nahrungsqualität außergewöhnlich schwach (VELANDO et al., 2005b).

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf Seevögel wie folgt festhalten:

#### *Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, fast andauernde Scheuchwirkungen durch Schiffsverkehr bei stöempfindlichen Arten wie dem Seetaucher
- Regionale, jedoch zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Anlockeffekte bei Schiffsfolgern wie z.B. diverse Möwenarten
- Regionale bis überregionale andauernde Auswirkungen geringer bis mittlerer Intensität aufgrund von Verunreinigungen (Müll, Plastikteilen) im Normalbetrieb
- Kontamination mit Schadstoffen, insbesondere Ölrückstände, die teilweise durch die Schifffahrt in die Meeresumwelt gelangen
- Regionale bis überregionale, zeitlich begrenzte bis langanhaltende Auswirkungen bei Unfällen, insbesondere durch Ölverunreinigungen
- Mortalität in Folge schwerer Ölverunreinigungen.

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen; insbesondere Öl und Ölrückstände aus dem Normalbetrieb sind als großräumig und andauernd einzustufen
- Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund schwerer Verschmutzung durch Schadstoffe, Öl und Müll bei Unfällen sind regional bis überregional und temporär bis langanhaltend einzustufen

- Auswirkungen der Kontamination über Anreicherung in den Nahrungsketten oder Veränderung der Nahrungsketten mit Folgen für die Überlebens- und Reproduktionsrate von Seevögeln.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Schifffahrt fallen bei Seevögeln artspezifisch unterschiedlich aus.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Schifffahrt auf Seevögel nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch die Schifffahrt möglich
- Auf *Populationsebene* von Seevogelarten sind Auswirkungen der Schifffahrt weitgehend unbekannt und lassen sich schwer einschätzen oder prognostizieren.

### **3.7.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Seevögel**

#### ***Rohrleitungen***

Bei der Verlegung, dem Betrieb, der Wartung und dem Rückbau von Rohrleitungen im Meer kann es zu Auswirkungen auf Seevögel kommen. Zu nennen sind: Schiffsverkehr, Sedimentfahnen und Verschmutzungen. Im Normalbetrieb können Auswirkungen auf Seevögel mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Bei Wartungsarbeiten sind erhöhter Schiffsverkehr und Verschmutzungen möglich.

*Baubedingt:* Bei der Verlegung von Rohrleitungen kommt es temporär zu Sedimenttrübungsfahnen und lokaler Schädigung des Benthos. Störepfindliche Arten können durch den Schiffsverkehr bei der Verlegung zeitbegrenzten Habitatverlust durch Meideverhalten erleiden. Die Intensität und Dauer der Auswirkungen sind jedoch begrenzt. Insgesamt sind jedoch Störungen durch Verlegearbeiten für Seevögel kleinräumig und von kurzer Dauer.

Auswirkungen durch Veränderung der Sedimentstruktur und Schädigung des Benthos bei der Verlegung sind für Seevögel vernachlässigbar. Diese Veränderungen finden kleinräumig entlang der Rohrleitung statt. Auswirkungen durch Langzeitveränderungen der Sedimentstruktur und des Benthos sind für Seevögel ebenfalls unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen in weit ausgedehnten Arealen in der Wassersäule suchen.

Direkte Störungen von Seevögeln auf Individuenebene können höchstens während der Verlegung von Rohrleitungen auftreten. Auswirkungen durch Schiffsverkehr und durch Verlegearbeiten sind nur lokal und zeitlich begrenzt zu erwarten. Mit der Entstehung von Sedimentfahnen ist weitgehend lokal und ebenfalls zeitlich begrenzt zu rechnen. Ein Habitatverlust für störepfindliche Vogelarten auf Individuenebene könnte dadurch insgesamt höchstens lokal und zeitlich begrenzt auftreten.

*Betriebsbedingt:* Auswirkungen durch Sediment- und Benthosveränderungen entlang von Rohrleitungen sind für Seevögel unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen überwiegend in der Wassersäule in weit ausgedehnten Arealen suchen. Sollte sich das Benthosartenspektrum entlang von auf dem Meeresboden verlegten Rohrleitungen verändern, so würde die Veränderung möglicherweise Fische stärker anlocken. Vermehrtes Fischauftreten könnte wiederum auch Seevögel anlocken. Im Normalbetrieb haben jedoch Rohrleitungen auf Seevögel insgesamt keine erheblichen Auswirkungen.

Im Falle von Beschädigung der Rohrleitung oder anfallende Überprüfungs- und Wartungsarbeiten sind regional und zeitlich begrenzt Störungen durch Schiffsverkehr und Schadstoffaustritt möglich.

Auswirkungen von Rohrleitungen im Normalbetrieb auf die Populationsebene sind nicht bekannt. Aufgrund der schmalen linearen Verlaufsform der Rohrleitungen können jedoch negative Auswirkungen auf die Populationsebene mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Rohrleitungen auf Seevögel wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, für die Dauer der Verlegung oder des Rückbaus anhaltende mittlere Auswirkungen aufgrund von Verlege- bzw. Rückbauarbeiten
- Regionale, jedoch zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr bei der Verlegung und bei Wartungsarbeiten

*Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen aufgrund der Sedimentfahnen bei der Verlegung und den Rückbau
- Regionale, geringe Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen von Rohrleitungen auf Seevögel mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

**Seekabel**

Schiffsverkehr und Trübungsfahnen können bei der Verlegung und z. T. beim Rückbau von Seekabeln für Seevögel von Bedeutung sein. Im Normalbetrieb sind Auswirkungen von Seekabeln auf Seevögel nicht zu erwarten.

*Baubedingt:* Bei der Verlegung von Seekabeln kommt es regional zeitlich begrenzt zu Auswirkungen auf Seevögel. Die Dauer und Intensität der Auswirkungen variieren je nach Verlegeverfahren, wobei die Intensität der Auswirkungen in Abhängigkeit vom Verlegeverfahren zwischen mittel und hoch variieren kann. Dies gilt auch für Auswirkungen durch Trübungsfahnen. Veränderungen der Sedimentstruktur und damit verbundene temporäre Benthosveränderungen haben auf Seevögel keine Auswirkungen. Seevögel suchen ihre Beute in weit ausgedehnten Arealen in der Wassersäule.

*Betriebsbedingt:* Im Betrieb können Stromkabel zur Erwärmung des umgebenden Sediments führen. Diese hat allerdings keine direkten Auswirkungen auf hochmobile Tiere wie Seevögel.

Insgesamt sind keine erheblichen Auswirkungen durch Kabel zur Überleitung von Energie oder durch Bündelung von Kabeln in einer gemeinsamen Trasse auf Seevögel zu erwarten - weder auf Individuen- noch auf Populationsebene.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von stromableitenden Kabeln auf Seevögel wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, für die Dauer der Verlegung anhaltende mittlere Auswirkungen bei störungsempfindliche Vogelarten aufgrund von Schiffsverkehr.
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen bei der Nahrungssuche aufgrund der Sedimentfahnen bei der Verlegung.
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe bis mittlere Auswirkungen durch Schiffsverkehr bei Wartungs- und Reparaturarbeiten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale, geringe Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund von Sedi-ment- und Benthosveränderungen.

Aufgrund bisheriger Erkenntnisse (Kapitel 2, Seevögel) und der hier aufgeführten Auswirkungen von stromabführenden Kabeln auf Seevögel lassen sich zudem folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Aufgrund des linearen schmalen Verlaufs von Kabeln können Auswirkungen auf Nahrungs- und Rasthabitate von Seevögel mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden
- Im Normalbetrieb können Auswirkungen auf Seevögel ausgeschlossen werden
- Auf *Individuenebene* lassen sich geringe Auswirkungen bei Verlegung, Wartung und Rückbau nicht völlig ausschließen
- Auf *Populationsebene* von Seevögel sind durch stromabführende Kabel keine Auswirkungen zu erwarten.

### **3.7.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Seevögel**

Es lassen sich folgende wesentliche Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung auf Seevögel festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumige, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Beifang bei fischereilichen Forschungsaktivitäten
- Lokale, zeitlich begrenzte Auswirkung durch Rückwurf (Discards) bei fischereilichen Forschungsaktivitäten
- Lokale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Forschungsschiffe (visueller Störreiz) bei störempfindlichen Arten.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Lokale Auswirkungen durch die fischereiliche Forschung auf die marinen Nahrungsketten
- Lokale Nahrungslimitierung durch Wegfangen der von Seevögel bevorzugten Fischbeute.
- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch wissenschaftliche Forschungsaktivitäten möglich
- Auf *Populationsebene* von Seevögeln sind aufgrund des regionalen, zeitlich begrenzten Einsatzes Auswirkungen ausgeschlossen.

### **3.7.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Seevögel**

Gefährdungen können für Seevögel durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks, insbesondere durch Habitatverlust in der Bauphase oder anlagenbedingt in der Betriebsphase, verursacht werden.

Bei der Bewertung ist zwischen den Auswirkungen bei der Errichtung der OWEA (Bauphase) und denen während der Betriebsphase zu differenzieren.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten während der Errichtung von OWEA sind mit einem erhöhten Schiffsaufkommen verbunden. Die davon ausgehende visuelle Unruhe sowie Schallemissionen führen in den Windparkarealen ebenso wie auf den Anfahrtsrouten zu Störungen von empfindlichen Rastvogelarten. Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen im Wasserkörper können für die Dauer der Bauausführung die Nahrungssuche behindern bzw. die Nah-

rungsverfügbarkeit einschränken. Bei störungsempfindlichen Arten ist aber davon auszugehen, dass bereits die visuellen Störeffekte zu einer großräumigen Meidung des Baugebiets führen können, so dass eine mögliche Beeinträchtigung der Nahrungsressourcen und -aufnahme dadurch überlagert wird. Habitatverlust, verursacht durch artspezifisches Meideverhalten, kann für die Dauer der Bauphase nicht ausgeschlossen werden. Meideverhalten führt schließlich zu Veränderungen der Verteilung von Seevögeln.

In Bezug auf Auswirkungen des Baubetriebes auf Seevögel muss berücksichtigt werden, dass die OWEA sukzessive errichtet werden und dadurch jeweils nur eine relativ kleine Fläche durch Bauaktivitäten betroffen ist. Die Belastungen für das Schutzgut Rastvögel und Nahrungsgäste sind daher insgesamt regional, kurzfristig (für die Dauer der Errichtung der Anlagen) und von geringer Intensität.

*Anlage- und betriebsbedingt:* Die OWEA als solche und ihr Betrieb können insbesondere für störungsempfindliche Arten dauerhafte Scheuch- oder auch Barrierewirkungen zur Folge haben. Zudem ist von einem Kollisionsrisiko auszugehen. Möglicherweise treten auch Habituations- oder Anlockeffekte auf. Die Empfindlichkeit gegenüber baulichen Strukturen, das Risiko von Kollisionen an Piles oder Rotoren, mögliche Scheuch- und Barrierewirkungen sowie Habituations- oder Anlockeffekte sind jedoch artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt.

In der *Betriebsphase* kann nicht ausgeschlossen werden, dass die errichteten Anlagen einen visuellen und akustischen Störreiz für empfindliche Seevogelarten darstellen. Dieses sog. Meideverhalten könnte sich über einen langen Zeitraum erstrecken, wenn nicht sogar dauerhaft sein. Nach derzeitiger Einschätzung reagieren beispielsweise Seetaucher auf Schiffe und Bauwerke sehr empfindlich.

Im Rahmen des Projektes MINOS wurde zur Einschätzung der Störungsempfindlichkeit von in der deutschen AWZ häufig vorkommenden See- und Rastvogelarten ein sogenannter Arten-Sensitivitäts-Index entwickelt (GARTHE und HÜPPOP, 2004). Mit dem Sensitivitätsindex werden bezüglich der artspezifischen Störungsempfindlichkeit und des Kollisionsrisikos insgesamt neun Parameter ausgewertet: Die ausgewählten Parameter berücksichtigen das Flugverhalten, aber auch das allgemeine Verhalten, insbesondere die Flexibilität bei der Habitatwahl und Störungsempfindlichkeit jeder einzelnen Art. Ferner fließen aktuelle Erkenntnisse zur Größe der jeweiligen biogeographischen Population und zum Gefährdungsstatus mit ein. Aus Mangel an geeigneten Bewertungsinstrumenten für wird hier dieser Sensitivitätsindex zur Orientierung auch bei der Betrachtung von Seevogelarten in der Ostsee angewandt.

Zudem liegen inzwischen Ergebnisse aus den Begleituntersuchungen zum Vorkommen von Seevögeln der beiden dänischen Offshore-Windparks Horns Rev und Nysted vor (FOX et al., 2006).

Hinsichtlich der in der deutschen AWZ der Ostsee vorkommenden Arten des Anhangs I der VRL sowie anderen schützenswerten Arten lassen sich derzeit folgende Aussagen zu möglichen Beeinträchtigungen durch OWEA treffen:

#### *Seetaucher*

Seetaucher gelten als besonders störungsempfindlich. Mit einem Sensitivitätsindex von 44,0 (Prachtttaucher) bzw. 43,3 (Sterntaucher) werden beide Arten als besonders durch Windenergieanlagen gefährdet eingestuft (GARTHE und HÜPPOP, 2004).

Aus „Horns Rev“ gibt es zwar Beobachtungen, wonach Seetaucher noch im Abstand von zwei bis gelegentlich vier km Entfernung vom Windpark Meideverhalten zeigen (PETERSEN et al., 2005). Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass weitere Faktoren eine Rolle gespielt haben könnten und deshalb auf Grund der bisherigen Erkenntnisse keine eindeutigen Rückschlüsse über das Verhalten von Seetauchern gegenüber den Anlagen gezogen werden können.

Nach derzeitigem Kenntnisstand und dem Vorsorgeprinzip folgend wird für Seetaucher von einer vollständigen Meidung von Windparks einschließlich einer Zone von bis zu zwei km um den Windpark ausgegangen („worst case“). Ein Meideverhalten wird teilweise noch in einer Entfernung von bis zu vier km vom Windpark angenommen (Fox et al., 2006). Die Scheuchwirkung der Anlagen kann auch zu Barrierewirkungen innerhalb der Rastgebiete sowohl für schwimmende als auch fliegende Tiere führen. Ein Kollisionsrisiko kann für Seetaucher, aufgrund von Meideverhalten der Anlagen gegenüber, mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.

#### *Seeschwalben*

Brandseeschwalben gelten mit einem Sensitivitätsindex von 25,0 als besonders störungsempfindlich unter den Seeschwalben (GARTHE und HÜPPOP, 2004). Trauerseeschwalben weisen einen Sensitivitätsindex von 17,5 auf, gefolgt von Flusseeeschwalben mit 15,0 und Küstenseeschwalben mit 12,0. Bei den Untersuchungen der Betriebsphase in Horns Rev wurden bei gleichbleibender Abundanz keine Seeschwalben im Windpark festgestellt. Aufgrund von Unsicherheiten in der Basisaufnahme lassen sich jedoch keine signifikanten Trends ableiten (FOX et al., 2006).

Entsprechendes gilt für das Vogelschlagrisiko, von dem die Seevögel nicht nur als Nahrungs- und Rastgäste, sondern auch als Zugvögel betroffen sein können. Niederländische und belgische Untersuchungen an ufernahen Windparks zeigen, dass gerade auch Möwen und Seeschwalben trotz ihrer guten Manövrierfähigkeit und ihrer optisch orientierten Nahrungssuche am häufigsten als Kollisionsopfer gefunden werden (EVERAERT et al., 2002; WINKELMAN, 1989).

#### *Zwergmöwen*

Zwergmöwen gelten mit einem Sensitivitätsindex von 12,8 als wenig störungsempfindlich verglichen mit den meisten Seevögeln (GARTHE und HÜPPOP, 2004). Bei den Untersuchungen in der Betriebsphase in Horns Rev wurden bei gleichbleibender Abundanz keine Veränderungen in der Verteilung innerhalb und außerhalb des Windparks festgestellt. Zwergmöwen zeigten weder Meideverhalten noch Anlockeffekte durch den Windpark (Fox et al. 2006).

#### *Andere Möwenarten*

*Silbermöwen* mit einem Sensitivitätsindex von 11,0 und *Sturmmöwen* mit einem Wert von 12,0 gelten ebenfalls als wenig störungsempfindlich, genauso wie *Heringsmöwen* mit einem Sensitivitätsindex von 13,0. *Lachmöwen* mit einem Sensitivitätsindex von 7,5 zählen zu den am wenigsten störungsempfindlichen unter den Seevögeln (GARTHE und HÜPPOP, 2004). Mit einem Wert von 18,3 im mittleren Empfindlichkeitsbereich des Sensitivitätsindex, gelten dagegen *Mantelmöwen* als die störungsempfindlichste Art unter den Möwen.

Bei den Untersuchungen der Betriebsphase in Horns Rev wurden bei gleichbleibender Abundanz keine Veränderungen in der Verteilung der *Silbermöwen* festgestellt. Dabei gehören Silbermöwen zu den am häufigsten im Bereich von Horns Rev vorkommenden Möwen (Küstenmeer mit Wassertiefen unter 20 m). Silbermöwen zeigten weder Meideverhalten noch Anlockeffekte durch den Windpark (FOX ET AL. 2006).

#### *Meeresenten*

Samtenten mit einem Sensitivitätsindex von 27,0 gelten als die störungsempfindlichsten unter den Meeresenten. Eiderenten folgen mit einem Index von 20,4. Trauerenten schließlich mit einem Index von 16,9 gelten als weniger empfindlich (GARTHE und HÜPPOP, 2004). Die Untersuchungen in der Betriebsphase in Horns Rev und Nysted, beide typische Habitate für Meeresenten, haben verhältnismäßig wenig aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich des Verhaltens von Meeresenten erbracht (Fox et al. 2006). Aus den Ergebnissen in Nysted lässt sich bei Eiderenten ein Meidungsverhalten des Windparks und der unmittelbaren Umgebung ableiten. Bei Horns Rev, einem typischen Habitat für Trauerenten, deutete sich ebenfalls eine Vermeidung des Windparks an. Es lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass die jeweils beobachtete



Verteilung mit der wechselnden Nahrungsverfügbarkeit korreliert war. Der Frage, in wie fern die wechselnde Nahrungsverfügbarkeit die Verteilung von Seevögel beeinflusst hat, wurde im Rahmen der Untersuchungen von Horns Rev und Nysted nicht erörtert.

#### *Lappentaucher*

Haubentaucher und Rothalstaucher mit Sensitivitätsindex 19,3 bzw. 18,7 gelten ebenfalls als ziemlich störungsempfindlich.

#### *Trottellummen und Tordalken*

Mit einem Sensitivitätsindex von 15,8 weisen Tordalken eine höchstens mittlere Störungsempfindlichkeit gegenüber Windenergieanlagen auf. Trottellummen mit einem Sensitivitätsindex von 12,0 zählen zu den wenig störungsempfindlichen Arten (GARTHE und HÜPPOP, 2004).

Mit den begleitenden Untersuchungen im Windpark Horns Rev liegen erstmals Untersuchungen zum Verhalten von Alkenvögeln gegenüber den Auswirkungen von OWEA vor. Über Reaktionen von Trottellummen und Tordalken, auf die Errichtung von OWEA lassen sich jedoch keine abschließenden Aussagen treffen. Auf Grund der Untersuchungen während der Bauphase des Offshore-Windenergieparks „Horns Rev“ lässt sich eine Störsensitivität annehmen (PETERSEN et al., 2004). Aus Vorsorgegründen wird jedoch davon ausgegangen, dass Alkenvögel während der Bauphase das Pilotgebiet im Umkreis von zwei Kilometern meiden werden.

In der Betriebsphase wurde in Horns Rev nur bei wenigen Untersuchungen überhaupt ein Vorkommen von Alkenvögeln festgestellt. Bei einem Untersuchungstermin im Winter wurden einmalig Alkenvögel nordöstlich des Windparks gezählt (FOX et al., 2006). Diese Beobachtungen sind jedoch bei weitem nicht ausreichend, um Rückschlüsse über das Verhalten von Alkenvögeln anhand von statistisch signifikanten Daten ermitteln zu können. Zudem basieren die Beobachtungen auf flugzeuggestützten Untersuchungen, die keine oder nur eine geringe Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen Trottellummen und Tordalken bieten. Es gibt anhand der Untersuchungen kaum Anhaltspunkte, dass beide Arten das gleiche Habitat nutzen und sich Störungen gegenüber gleich verhalten.

Für Trottellummen und Tordalken gibt es damit keine eindeutigen Ergebnisse zum Meideabstand während der Betriebsphase. Allerdings sind die Bedingungen im küstennahen Gebiet „Horns Rev“ mit Wassertiefen zwischen sechs und vierzehn Metern und in 15 km Entfernung von der Küste nicht unbedingt vergleichbar mit denen in der AWZ der Ostsee über 20 m. Der küstennah und im flacheren Wasser errichtete Windpark Horns Rev zeigt im Gegensatz zu den zwei Vorranggebieten in der deutschen AWZ typische Habitate für küstennah lebende Vogelarten wie z. B. die Trauerente. Trottellummen bevorzugen küstenferne Gebiete des offenen Meeres (Entfernung von der Küste größer als 80 km). Trottellummen jagen bzw. verfolgen ihre Nahrung tauchend - bevorzugt in Tiefen zwischen 20 und 50 m. Die hydrographischen Bedingungen, die mit Wassertiefe und Entfernung von der Küste erheblich variieren, spielen bei der Verteilung von Hochseevogelarten wie der Trottellumme eine entscheidende Rolle. Außerdem wurden bei den verschiedenen zweijährigen Basisaufnahmen für Offshore-Windenergieprojekte übereinstimmend eine hohe zeitliche und räumliche Variabilität des Vorkommens von Trottellummen festgestellt. Insbesondere ist die sehr hohe kleinräumige Variabilität besonders deutlich. Eine solche hohe intra- und interannuelle kleinräumige Variabilität erschwert die Analyse des „Vorher-Nachher-Vorkommens“, wie bei den Beobachtungen aus „Horns Rev“, erheblich. Letztlich lassen sich auf Grund der kurzen Betriebsdauer des Windparks „Horns Rev“ noch keine belastbaren Schlussfolgerungen für die Betriebsphase ableiten.

#### *Kumulative Auswirkungen*

Für eine gebietsübergreifende Betrachtung der Auswirkungen fehlen zum einen noch ausreichende Ergebnisse und Beobachtungen aus Offshore-Windenergieprojekten, die sich auf die Verteilung der Seevögel kumulativ auswirken könnten. Zum anderen fehlen hierfür geeignete Bewertungskriterien.

Nach bisheriger Genehmigungspraxis werden jedoch Auswirkungen von Offshore- Windenergieanlagen aus Projekten, die sich in einem zusammenhängenden Lebensraum von zu schützenden und gefährdeten See- und Rastvogelarten befinden, anhand von Hilfskriterien kumulativ betrachtet.

Um die Bedeutung von kumulativen Effekten beurteilen und die Frage nach dem Vorliegen einer Gefährdung der Meeresumwelt beantworten zu können, müssen Auswirkungen artenspezifisch geprüft werden. Damit stellt sich die Frage nach populationsbiologischen Grenzwerten sowie nach der maßgeblichen Bezugsgröße für einen solchen Grenzwert.

In der Literatur wird für Seevögel vorgeschlagen, einen Eingriff als unzulässig anzusehen, wenn 1 % der biogeographischen Population von einem Lebensraumverlust betroffen ist. Dabei wird auf Kriterien des Ramsar-Übereinkommens von 1971 zur Bewertung von Wasservogel-Rastgebieten verwiesen, wonach ein Rastgebiet dann von internationaler Bedeutung ist, wenn es mindestens einmal pro Jahr 1 % der biogeographischen Population einer Wasservogelart beherbergt (DIERSCHKE et al., 2003). Dieses 1%-Kriterium findet sich auch bei der Klassifizierung von Important Bird Areas (IBA). Ein Gebiet wird von Birdlife International als IBA bezeichnet, wenn sich dort mehr als 1% der biogeographischen Population aufhalten (HEATH and EVANS, 2000). Dieser Schwellenwert des Ramsar-Übereinkommens von 1 % ist allerdings derzeit für die Frage nach der Beurteilung der Beachtlichkeit von Eingriffen oder Störungen populationsbiologisch nicht ableitbar (DIERSCHKE ET AL., 2003). Da das Ramsar-Übereinkommen das 1 %-Kriterium zur Beurteilung der Bedeutung eines Feuchtgebietes benutzt, erscheint es wegen der sehr unterschiedlichen Intentionen fachlich und wissenschaftlich nicht begründbar, dieses Kriterium auf die Beurteilung eines Eingriffs zu übertragen. Gleichwohl scheint das 1 %-Kriterium mangels anderer, verlässlicherer Kriterien zumindest geeignet, sich der Quantifizierung eines Eingriffs zu nähern.

Die Bezugsgröße bzw. die relevante Bezugspopulation wird bei kumulativen Betrachtungen von Auswirkungen artspezifisch definiert. So beträgt z. B. bei Seetauchern die Bezugsgröße der relevanten Winterrastpopulation Nordwesteuropas 110.000 Tiere (LEOPOLD et al., 1995; SKOV et al., 1995). Diese Zahl wurde den bisherigen Überlegungen und Entscheidungen der Genehmigungsbehörde zugrundegelegt. Nach aktuellem Kenntnisstand sind keine Hinderungsgründe ersichtlich, die der Vollziehbarkeit des Plans entgegenstehen.

Es ist ferner zu berücksichtigen, dass der Verlust eines Habitats, das für gefährdete See- und Rastvogelarten zumindest nicht von hoher Bedeutung ist, nicht automatisch mit der Mortalität der Vögel gleichzusetzen ist. Vielmehr wird einem Großteil der Vögel ein Ausweichen in benachbarte Habitate möglich sein. Die natürliche Verteilung und hohe Mobilität der Vögel führt bereits ohne Vertreibungseffekte durch Windparks zu partiell erhöhten Ansammlungen von Seevögeln.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bis heute ausreichende Beobachtungen und Ergebnisse über negative oder auch positive Effekte durch die Errichtung von Offshore-Windparks auf Seevögel sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene noch fehlen. Es gibt durch die Untersuchungen in den Windparks Horns Rev und Nysted Hinweise auf nachteilige Auswirkungen durch Habitatverlust für stöempfindliche Arten. Andere Auswirkungen von OWEA auf Seevögel durch ein Verbot oder eine Reduzierung der Schifffahrt und der Fischereiaktivitäten im Windpark sind weitgehend unerforscht. Es lässt sich lediglich eine Anreicherung des Arteninventars und dadurch der Nahrungsgrundlage für Seevögel in der Umgebung von Offshore-Plattformen feststellen und prognostizieren. Dies betrifft zum einen das Benthos aufgrund des Einbringens von Hartsubstrat sowie zum anderen die Fische aufgrund der Anreicherung des Benthos (FABI et al., 2004; LOKKEBORG et al., 2002).

Als Ergebnis lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Regionale, jedoch zeitlich begrenzte Auswirkungen bei störempfindlichen Arten durch Habitatverlust aufgrund von Schiffsverkehr um die Baustelle
- Geringe regionale und zeitlich begrenzte Auswirkungen aufgrund von Beeinträchtigung des Nahrungsangebots durch Sedimentfahnen in der Konstruktionsphase
- Regionale, zeitlich für die Dauer der Bauphase begrenzter Habitatverlust durch Verlassen des Baugebiets
- Regionale, permanente Auswirkungen für störungsempfindliche Arten durch Habitatverlust verursacht durch Meideverhalten den Anlagen gegenüber
- Regionale, permanente Anlockeffekte durch Anreicherung des Nahrungsangebots und der Rastmöglichkeit auf den Anlagen.

*Indirekte Auswirkungen:*

- Regionale, zeitlich auf die Konstruktionsphase begrenzte Auswirkungen von höchstens geringer Intensität über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen
- Regionale, permanente Auswirkungen von geringer bis mittlerer Intensität durch die Anlagen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen und Zunahme der verfügbaren Biomasse (Anlockeffekte)

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen von Offshore-Windenergie auf Seevögel in Relation zur Individuen- und Populationsebene wie folgt eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch Schiffsverkehr und Konstruktionsarbeiten während der Errichtung von OWEA möglich
- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte langanhaltende, artspezifisch auch permanente Auswirkungen, insbesondere Habitatverlust durch Meideverhalten gegenüber den OWEA bei störungsempfindlichen Arten, möglich
- Auf *Populationsebene* von See- und Rastvogelarten sind Auswirkungen durch OWEA bisher nicht bekannt, jedoch aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus vorhandenen Offshore-Windparks eher auszuschließen.

Die oben ausgeführten Auswirkungen durch die Errichtung und den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel in der AWZ der Ostsee können letztlich zum Habitatverlust führen und ließen sich im Feld erfassen und quantifizieren bzw. prognostizieren (Tabelle 39). Der Einsatz von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen in der Konstruktionsphase und der Einsatz von umweltfreundlichen Konstruktionen nach dem Stand der Technik soll zudem dazu beitragen, physische Störungen auszuschließen. Die Einschätzung basiert auf bisherigen Ergebnissen aus vorhandenen Offshore-Windparks (Horns Rev und Nysted) und aufgestellten Prognosen für konkrete Planungen in der deutschen AWZ der Ostsee.

Tabelle 38: Wesentliche Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von Offshore- Windenergieanlagen auf Seevögel

	Räumliche Ausdehnung	Zeitliche Wirkung	Wichtigste Auswirkung	Intensität der Auswirkung
<b>Bauphase</b>	Regional	Temporär	Habitatverlust	Mittel bis Hoch
<b>Betriebsphase</b>	Regional	Permanent	Habitatverlust artspezifisch (Monitoring)	Gering bis Mittel artspezifisch (Monitoring)

Die Beschreibung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen in der AWZ der Ostsee fällt jedoch für Seevögel standort- und projektspezifisch unterschiedlich aus. Eine nähere Betrachtung der Auswirkungen bzw. der Erheblichkeit ist daher nicht möglich.

*Standortbedingte Aspekte :*

- Funktion und Bedeutung des Teilgebiets für Seevögel, insbesondere für gefährdete oder andere schützenswerte Arten, sind ausschlaggebend für die Bewertung der Auswirkungen. So sind die Auswirkungen der Errichtung und möglicherweise auch des Betriebs von Anlagen innerhalb eines Hauptnahrungs-, Hauptüberwinterungs- und Hauptrastgebietes erheblich. Auch in Gebieten, die unter extremen Bedingungen, wie strengem Winter, Ausweichmöglichkeit bieten, können die Auswirkungen erheblich ausfallen. In Teilgebieten, die für Seevögel als Nahrungs- und Rasthabitate nur von geringer oder mittlerer Bedeutung sind, fallen dagegen die Auswirkungen unerheblich aus.
- Natürliche Eigenschaften von Baugebieten nehmen auf die Intensität der Auswirkungen Einfluss, u.a. Wassertiefe und Bodenbeschaffenheit, Entfernung zur Küste und den Brutkolonien, Nahrungsangebot.
- Schiffsverkehr und Fischereiaktivitäten spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Betrachtung der Erheblichkeit - z. B. die Nähe von vielbefahrenen Schifffahrtswegen, hohes Vorkommen von Fischkuttern.

*Projekt- bzw. anlagenbedingte Aspekte:*

- Zeitintervall der Errichtung
- Größe der Baustelle
- räumliche Ausdehnung des Windparks
- Größe und Anzahl der Anlagen
- räumliche Ausrichtung und Abstand der Anlagen untereinander
- technische Ausrüstung der Anlagen unter Berücksichtigung umweltfreundlicher Aspekte nach dem Stand der Technik.

Um die Bedeutung eines Gebietes für hochmobile Arten wie Seevögel feststellen zu können, sind Bewertungskriterien auf der Basis von überregionalen Verteilungsmustern, Abundanz- und Trendentwicklung der Population notwendig. Konkrete Bewertungskriterien von überregionaler Bedeutung fehlen jedoch zur Zeit. Eine erste Annäherung zur standortbezogenen Einschätzung der Auswirkungen von OWEA in Teilgebieten der deutschen AWZ kann hier nur anhand einiger Hilfskriterien (wie z.B. Funktion und Bedeutung des Gebiets, Schutzstatus und Populationstrend der Art) vorgenommen werden. Zugrunde gelegt werden aktuelle Erkenntnisse aus der deutschen AWZ

### **3.7.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Seevögel**

#### ***Fischerei***

Die Fischerei hat Auswirkungen auf das Vorkommen von Seevögeln. Eine der Hauptbedrohungen von Seevögeln ist der unerwünschte Beifang in Fischnetzen. DAGYS and ZYDELIS (2002) stellten fest, dass gerade Seetaucher und tauchende Enten sich sehr häufig in Fischereinetzen, überwiegend in Stellnetzen, verfangen.

Der Rückwurf (Discards) von Beifang bei fischereilichen Aktivitäten bietet für einige Seevogelarten zusätzliche Nahrungsquellen. So entstehen Konzentrationsschwerpunkte um Fischereischiffe. Insbesondere Möwen profitieren von Discards. In einer neuen Studie wurde der Trend zu einer erhöhten Anzahl an Vögeln (Herings-, Silber-, Sturm- und Lachmöwe) bei entsprechend erhöhter Anzahl an Fischereikuttern festgestellt (GARTHE et al., 2006).

Die Überfischung wichtiger Bestände, die Nahrungsgrundlage verschiedener Hochseevogelarten sind, führt zudem zur Nahrungslimitierung. Indirekte Effekte der Nahrungslimitierung bzw. des Wechsels zu anderen Fischarten als Nahrungsquelle sind Verminderung des Reproduktionserfolgs und Beeinträchtigung der Überlebenschance vieler Vogelarten. Insbesondere sind Auswirkungen der Überfischung und des Rückgangs der Dorsch-Bestände auf Seevögel in der Ostsee bekannt. Großräumige, langanhaltende Veränderungen des marinen Ökosystems verursacht überwiegend durch Überfischung und Bestandsrückgang des Dorsch, der sich hauptsächlich von Sprotten ernährt, haben schließlich über komplexe Wechselwirkungen Einfluss auf die Entwicklung der Trottellumme genommen (ÖSTERBLOM et al., 2006). Der Rückgang der Dorschbestände hat eine starke Zunahme der Sprottenbestände ausgelöst. Das Zooplankton, als Nahrungsgrundlage der Sprottenlarven hat allerdings limitierend auf das Wachstum der Sprotte gewirkt: Die häufig gewordenen Sprotten blieben in einem schwachen Ernährungszustand. Für die Trottellumme in der Ostsee stellen Sprotten die Hauptnahrungsgrundlage für die Jungvögel dar. Der niedrige energetische Gehalt der „unterernährten“ Sprotten hat dazu geführt, dass Trottellummen-Jungvögel beim Flüggewerden noch sehr schwach waren bzw. eine geringe Körpermasse hatten. Damit ist die Überlebenschance der Jungvögel deutlich gesunken. Mit der folgenden Reduzierung der Abundanz von Sprotten stieg jedoch deren energetischer Gehalt wieder. Die „guternährten“ Sprotten haben wiederum dazu geführt, dass auch die Trottellumme-Jungvögel beim Flüggewerden einen guten Ernährungszustand aufweisen.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel wie folgt festhalten:

*Direkte Auswirkungen:*

- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Beifang in Netzen
- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Nahrungslimitierung oder Verminderung der Nahrungsqualität als Folge der Überfischung
- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Meideverhalten stöempfindlicher Arten Fischereifahrzeugen gegenüber
- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Anlockeffekte bei Fischereiaktivitäten (Discards).

*Indirekte Auswirkungen:*

- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Einwirkung der Fischerei auf die marinen Nahrungsketten.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel fallen artspezifisch unterschiedlich aus.

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch Fischerei bekannt
- Auf *Populationsebene* von Seevögeln gibt es ebenfalls Hinweise auf erhebliche Auswirkungen der Fischerei durch Beeinträchtigung der Überlebenschance und des Reproduktionserfolgs.

**Marikultur**

Seevögel wären im Falle der Ansiedlung von Marikulturen, indirekt über Verschlechterung der Wasserqualität und über die Nahrungsketten betroffen: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika könnten durch Anreicherung in den Nahrungsketten auch oberen Prädatoren, wie Seevögel, beeinträchtigen. Eine direkte Beeinträchtigung könnte zudem durch Verfangen von nahrungssuchenden Seevögeln in Käfigen oder Halterungen der Marikultur entstehen.

Nach aktuellem Kenntnisstand und aufgrund von fehlenden konkreten Planungen ist es nicht möglich, Auswirkungen von Marikulturen in der AWZ einzuschätzen.

### **3.7.2 Entwicklung des Schutzgutes Seevögel bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Seevögel würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. Schifffahrt und Fischerei, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Durch einen unregelmäßigen Ausbau der Windparks auch in empfindlichen Bereichen wären erhebliche Auswirkungen auf die Bestände v.a. der besonders störungsempfindlichen Seetaucher zu erwarten. Wichtige Nahrungs- und Rasthabitats von Seevögeln könnten gefährdet werden. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen (Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika) kommen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten durch Anreicherung in den Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Seevögel, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Seevögel deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die betroffenen Arten sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere die Fische, betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.8 Zugvögel**

### **3.8.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Zugvögel**

#### **3.8.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Zugvögel**

Zu Auswirkungen der Schifffahrt auf die Umwelt kommt es durch Öleinträge auf See, antriebsbedingte Emissionen, Müllentsorgung, Lärmemissionen, Folgen von Schiffshavarien, Einbringung von toxischen Stoffen, wie bspw. TBT und Einschleppung gebietsfremder Arten (SCHOMERUS et al., 2006). Im Folgenden werden die für die Zugvögel relevanten Wirkungen beschrieben und eingeschätzt.

*Visuelle Wirkungen.* Bezüglich der Zugvögel sind hauptsächlich visuelle Wirkungen bekannt. Es ist möglich, dass Zugvögel in der Nacht durch die Schiffsbeleuchtung angelockt werden. Dies gilt besonders für Nächte mit schlechten Sichtbedingungen u.a. durch Wolken, Nebel und Regen. Die Folge sind mögliche Kollisionen.

*Öleintrag.* Eine Gefährdung durch Öleintrag ist für Zugvögel nicht sehr wahrscheinlich. Betroffen wären nur diejenigen Zugvögel z. B. Seevögel, die ihren Zug durch Wasserungen unterbrechen, sei es zur Nahrungsaufnahme oder um schlechte Witterungsbedingungen (wie Gegenwind und schlechte Sichtbedingungen) abzuwarten. Das Gefährdungspotenzial wäre dann in der Nacht im Falle eines Störfalles oder einer Havarie denkbar, wenn großflächige Ölteppiche entstehen und die Seevögel bedingt durch schlechte Witterungsbedingungen auf dem Wasser landen. Die Folge wäre, dass die Vögel durch die Verölung ihres Gefieders und der Aufnahme von Öl in den Magen-Darm-Trakt aufgrund ihres Putzverhaltens oder des Verzehrs verölter Nahrung unmittelbar den Tod erleiden können.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine Gefährdung der Zugvögel durch die Schifffahrt nur in Extremsituationen eintreten kann.

### **3.8.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Zugvögel**

#### ***Rohrleitungen***

Mögliche Auswirkungen beschränken sich hauptsächlich auf die Bauphase. Hier besteht ein Kollisionsrisiko mit den beleuchteten Baufahrzeugen während der Nacht bei schlechten Sichtbedingungen.

#### ***Seekabel***

Mögliche Auswirkungen beschränken sich hauptsächlich auf die Bauphase. Hier besteht ein Kollisionsrisiko mit den beleuchteten Baufahrzeugen während der Nacht bei schlechten Sichtbedingungen.

### **3.8.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Zugvögel**

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden. Für die Zugvögel können kurzfristige und kleinräumige visuelle und akustische Störwirkungen relevant sein. Darüber hinaus können Forschungsaktivitäten mit der Installation von Hochbauten verbunden sein. Durch diese wären in der Nacht bei schlechten Witterungsbedingungen Auswirkungen denkbar, wenn Zugvögel durch die beleuchtete Plattform angelockt werden und mit den Plattform-Strukturen kollidieren.

### **3.8.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Zugvögel**

Hinsichtlich der Auswirkungen von Bau und Betrieb von OWEA auf Zugvögel ist folgendes auszuführen:

*Bauphase.* Die Bautätigkeiten bewirken voraussichtlich Scheuch- und Barrierewirkungen auf Zugvögel. An den in Errichtung befindlichen Bauwerken kann ebenso wie in der nachfolgenden Betriebsphase an allen Anlagen der Windparks Vogelschlag auftreten. Durch eine etwaige nächtliche Beleuchtung der Baustelle können möglicherweise zusätzliche Anlockungs- und Blendeffekte entstehen, die das Risiko von Vogelschlag erhöhen.

*Anlage- und betriebsbedingt.* Der Betrieb der OWEA kann zu Scheuch- und Barrierewirkungen führen. Das Umfliegen oder sonstige Störungen des Flugverhaltens führt zu einem höheren Energieverbrauch, der sich auf die Fitness der Vögel und in Folge auf ihre Überlebensrate bzw. den Bruterfolg auswirken kann. Wie sich mögliche Barrierewirkungen größerer Windparkareale oder ein mehrfaches Ausweichen vor OWEA auf Zugvögel auswirkt, kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht sicher prognostiziert werden. Es ist aber davon auszugehen, dass die Empfindlichkeit und Reaktion gegenüber den Anlagen artspezifisch unterschiedlich ausgebildet ist.

An den Rotoren und Piles der OWEA können Vogelschlagereignisse auftreten. Schlechte Witterungsbedingungen - insbesondere bei Nacht und bei starkem Wind - sowie hohe Zugintensitäten erhöhen das Risiko für Vogelschlag. Dazu kommen mögliche Blend- oder Anlockeffekte durch die Sicherheitsbeleuchtung der Anlagen, die zur Orientierungslosigkeit von Vögeln führen können. Weiterhin könnten Vögel, die in Nachlaufströmungen und Luftverwirbelungen an den Rotoren geraten, in ihrer Manövrierfähigkeit stark beeinträchtigt werden. Für die vorgenannten Faktoren ist jedoch ebenso wie bei den Scheuch- und Barrierewirkungen davon auszugehen, dass die Empfindlichkeiten und Risiken artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt sind.

Beleuchtung und Bauwerke können etwa bei ziehenden Kranichen Reaktionen wie Irritation und Anlockung auslösen (RICHARDZ et al., 2001). Möglicherweise sind Kraniche als Thermiksegler besonders anfällig gegenüber den Nachlaufströmungen von OWEA, sofern sie die OWEA in entsprechender Höhe passieren. Hierzu fehlen jedoch Erkenntnisse aus Beobachtungen an bestehenden Anlagen.

Generell gilt, dass eine Gefährdung des Vogelzugs nicht schon dann vorliegt, wenn die abstrakte Gefahr besteht, dass einzelne Individuen bei ihrem Durchzug durch einen Offshore-Windenergiepark zu Schaden kommen. Eine Gefährdung des Vogelzugs ist erst dann gegeben, wenn ausreichende Erkenntnisse die Prognose rechtfertigen, dass die Anzahl der möglicherweise betroffenen Vögel so groß ist, dass unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Populationsgröße von einer signifikanten Beeinträchtigung einzelner oder mehrerer verschiedener Populationen mit einer hinreichenden Wahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann. Dabei ist die biogeografische Population der jeweiligen Zugvogelart Bezugsgröße für die quantitative Betrachtung.

Es besteht Einvernehmen darüber, dass nach der bestehenden Rechtslage einzelne Individuenverluste während des Vogelzuges akzeptiert werden müssen. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass der Vogelzug an sich schon viele Gefahren birgt und die Populationen einer harten Selektion unterzieht. Die Mortalitätsrate kann bei kleinen Vögeln ca. 60 bis 80 % betragen, bei größeren Arten ist die natürliche Sterblichkeitsrate geringer. Auch haben die einzelnen Arten unterschiedliche Reproduktionsraten, so dass der Verlust von Individuen für jede Art von unterschiedlicher Tragweite sein kann.

Ein gemeingültiger Akzeptanzgrenzwert konnte mangels hinreichender Erkenntnisse bisher noch nicht ermittelt werden. Zumindest als Orientierung kann jedoch der in Fachkreisen bei avifaunistischen Betrachtungen vielfach verwendete Schwellenwert von einem Prozent herangezogen werden.

Das Gefährdungspotenzial für die jeweilige biogeografische Population liegt dabei zum einen in dem Verlust durch Vogelschlag sowie zum anderen in sonstigen nachteiligen Auswirkungen, die sich durch erzwungene Flugroutenveränderungen ergeben können.

Wie bereits dargestellt, fliegen ziehende Vögel bei gutem Wetter generell höher als bei schlechtem. Unbestritten ist auch, dass die meisten Vögel ihren Zug gewöhnlich bei gutem Wetter starten und in der Lage sind, ihre Abflugbedingungen so zu wählen, dass sie mit einiger Wahrscheinlichkeit den Zielort bei bestmöglichem Wetter erreichen (KNUST et al., 2003).



Bei den von den Vögeln für ihren Zug bevorzugten klaren Wetterlagen ist daher die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit OWEA sehr gering, weil die Flughöhe der meisten Vögel weit über der Reichweite der Rotorblätter liegen wird und die Anlagen gut sichtbar sind.

Eine potenzielle Gefährdungssituation stellen dagegen überraschend auftretende Nebellagen und Regen dar, die zu schlechter Sicht und niedrigen Flughöhen führen. Problematisch ist insbesondere das Zusammentreffen von Schlechtwetterlagen mit sog. Massenzugereignissen. Massenzugereignisse, bei denen Vögel verschiedenster Arten gleichzeitig über die Ostsee fliegen, treten nach Informationen aus verschiedenen Umweltverträglichkeitsstudien ca. 5 bis 10 mal im Jahr ein. Im Durchschnitt sind zwei bis drei davon mit schlechtem Wetter gekoppelt.

Die Abschätzung des Konfliktpotenzials erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Lebensweise, des Navigationsvermögens und des Zugverhaltens (Tag-/Nachtzieher) der einzelnen Arten, welche das Kollisionsrisiko beeinflussen können, nach Artgruppen differenziert. Im Rahmen der durchzuführenden Sensitivitätsbewertung sind außerdem die Seltenheit, der Gefährdungsstatus einer Art und eine möglicherweise niedrige Reproduktionsrate einzubeziehen.

#### *Wasser- und Seevögel*

Kollisionsgefahr besteht generell für alle Vögel, die sich in Höhen unter 200 m bewegen. Im Rahmen verschiedener Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (Fachgutachten, 2003, 2005) wurden die insgesamt geringsten Flughöhen bei den Wasservögeln festgestellt. Demnach zogen ca. 40 % im Höhenband unter 50 m (Fachgutachten, 2003). Von den Meeresenten flogen sogar mehr als 70 % in Höhen unterhalb von 10 Metern (Fachgutachten, 2005). So flogen 64 - 70% der Eiderenten, 47 - 74 % der Trauerenten und 90 - 93% der Eisenten weniger als 10 m hoch. Ca. 35 % der Wasservögel zogen in Höhen zwischen 10 und 50 m (Fachgutachten, 2003). Die Seetaucher flogen etwa zu 55 % in Höhen unterhalb von 10 Metern (Fachgutachten, 2005). Nach Dierschke und Daniels (2003) konzentrierte sich der sichtbare Zug der Seetaucher in der Nordsee sogar zu 90 % in diesem Höhenband. Da die Rotorenblätter bis ca. 35 m über die Wasseroberfläche reichen, verbleiben bei den so niedrig ziehenden Individuen lediglich die einzelnen Gründungselemente als Hindernisse. Da die betroffenen Arten hauptsächlich Tagzieher sind, ist zu erwarten, dass sie die vertikalen Hindernisse aufgrund ihrer guten visuellen Fähigkeiten rechtzeitig erkennen und umfliegen können. So stellte bereits Hansen (1954) bei seinen Untersuchungen an dänischen Leuchttürmen fest, dass Tagzieher nur selten kollidieren.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf die besonders schützenswerten Arten nach Anhang I der VRL gilt im Einzelnen folgendes:

- *Weißwangengans (Branta leucopsis)*  
Der sichtbare Gänsezug konzentrierte sich im Seegebiet um „Kriegers Flak“ zu ca. 75 % unterhalb von 10 m. Nach DIERSCHKE und DANIELS (2003) konzentrierte er sich im Seegebiet um Helgoland mit deutlich über 60 % auf das Höhenband < 50 m . Da die betroffene Art hauptsächlich Tagzieher ist, und über gute visuellen Fähigkeiten verfügt, ist das Vogel-schlagrisiko für die Gänse als gering einzustufen.  
Aufgrund fehlender Erkenntnisse über das Ausweichvermögen der Weißwangengänse bei schlechten Witterungsbedingungen kann für den Fall eines Zusammentreffens von Massenzugereignissen und Schlechtwettersituationen eine Gefährdung des Weißwangenganzuges nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Daher sind für solche Fälle geeignete risikomindernde Maßnahmen zu ergreifen.
- *Singschwan (Cygnus cygnus)*  
Die biogeographische Population, die auf ihrem Zugweg die Ostsee quert, wird auf 59.000 Individuen geschätzt (WETLANDS International, 2006). Für ihren Zug über die Ostsee liegen derzeit keine ausreichenden Informationen vor. In den festgelegten besonderen Eignungsgebieten „Westlich Adlergrund“ und „Kriegers Flak“ wurden in einem Jahr 0,3 bzw. 0,03 % der biogeographischen Population registriert. Da die betroffenen Art hauptsächlich Tagzie-

her ist, und über gute visuellen Fähigkeiten verfügt, ist das Vogelschlagrisiko für die Schwäne als gering einzustufen.

- Artengruppe Seetaucher

Nach GARTHE et al. (2003) ist die mittlere Bestandsgröße der biogeografischen Population des Sterntauchers (*Gavia stellata*) 301.500 und des Prachtauchers (*Gavia arctica*) 525.000. Nach den neuen Zahlen von WETLANDS International (2006) liegt die mittlere Bestandsgröße des Sterntauchers bei 300.000 und die biogeographische Population wird als stabil bezeichnet. Die mittlere Bestandsgröße der biogeographischen Population des Prachtauchers hat auf 375.000 Individuen abgenommen und wird von WETLANDS International als *decreasing* eingestuft. Als vornehmliche Tagzieher und sehr störungsempfindliche Arten mit dem höchsten Sensitivitätsindex nach GARTHE und HÜPPOP (2004) weisen sie hohe Fluchtdistanzen gegenüber vertikalen Strukturen auf. Nach ersten Untersuchungen an dem großräumigen Offshore-Windpark „Horns Rev“ in der Nordsee ca. 14 km vor der dänischen Küste (CHRISTENSEN et al., 2004) wurde mittels Radar festgestellt, dass alle 13 sich dem Windpark nähernden Seetaucher ihre Flugrichtung änderten und den Windpark umflogen. Von 70 visuell beobachteten Seetauchern flog keiner der Seetaucher in den Windpark hinein. Kollisionen sind daher nicht zu erwarten. Aufgrund dieser geringen Kollisionswahrscheinlichkeit, verbunden mit der Populationsgröße und der sehr geringen Sichtungsrate, ist eine Gefährdung auszuschließen.

- Artengruppe Watvögel

Obwohl adulte Watvögel (Strandläufer, Regenpfeifer, u. a.) bekanntermaßen aus den arktischen Brutgebieten über die Ostsee ziehen, konnten sie im Rahmen der Untersuchungen zu den Offshore-Windparkprojekten „Kriegers Flak“ und „Ventotec Ost 2“ (Fachgutachten, 2003, 2005) nur in sehr geringen Zahlen registriert werden. Das gleiche ist trotz der bedeutenden Rastgebiete im angrenzenden dänisch-deutsch-niederländischen Wattenmeer in der AWZ der Nordsee festzustellen. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass die Mehrzahl der Watvögel in großen Höhen und/oder nachts (DIERSCHKE, 1989; GUDMUNDSSON, 1994; DAVIDSE et al., 2000) ziehen und sich somit den Sichtbeobachtungen entziehen. Nach GREEN (2005) beträgt ihre mittlere Flughöhe im Frühjahr ca. 2000 m. JELLMANN (1989) gibt mittlere Flughöhen je nach Saison von > 400m bzw. > 900 m an. Nach WETLANDS INTERNATIONAL (2006) umfasst die biogeographische Population der Puhlschnepfe 120.000, des Goldregenpfeifers 140.000 – 210.000 und des Alpenstrandläufers 1.330.000 Individuen. Zur Abschätzung eventueller negativer Auswirkungen ist u. a. die Zughöhe maßgebend. Wie bereits oben erwähnt findet der Watvogelzug vermutlich mehrheitlich in großen Höhen und damit außerhalb des Einflussbereiches von OWEA statt. Nach den Untersuchungen zu den o. g. Offshore-Windparkprojekten zeigt sich, dass nur ein geringer Teil des Zuges der drei Arten in sichtbaren Höhen und damit im Gefährdungsbereich von OWEA stattfindet. Aus diesem Grund sind nach derzeitigem Kenntnisstand erhebliche negative Auswirkungen auf Populationsniveau für alle drei Arten nicht zu erwarten.

Auf Individuenebene ist das Risiko für Watvögel durch Vogelschlag nicht auszuschließen, denn nach DIRKSEN et al. (1998a) findet der hauptsächlich nächtliche Zug von Watvogelarten in einer Höhe unter 100 Meter statt. Bei der Abschätzung des Kollisionsrisikos ist zu berücksichtigen, dass Watvögel als besonders empfindliche Vogelarten gelten. Bei Untersuchungen an Land wurde festgestellt, dass sie Abstände von z. T. über 500 Meter um OWEA einhalten (EXO et al., 2002). Von daher wird das Kollisionsrisiko tagsüber gering sein, da sie die Windenergieanlagen weiträumig umfliegen werden. Auch bei Nacht sind die OWEA in der Regel gut zu erkennen und werden gemieden bzw. umflogen (DIRKSEN et al., 1998b).

Insgesamt betrachtet sind nach dem aktuellen Erkenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf den Zug der drei Watvogelarten durch die Realisierung von Offshore-Windenergieparks zu erwarten.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf die nach Art. 4 Abs.2 VRL zu schützenden Arten gilt folgendes:

- Eiderente (*Somateria mollissima*), Eisente (*Clangula hyemalis*), Trauerente (*Melanitta nigra*) und Samtente (*Melanitta fusca*)  
Die biogeographische Population der Eiderente hat von 850.000 – 1.200.000 (DELANY and SCOTT, 2002) auf 760.000 (WETLANDS INTERNATIONAL, 2006) abgenommen, dementsprechend wird der Bestand als *decreasing* von WETLANDS INTERNATIONAL eingestuft. Der Bestand der biogeographischen Population der Trauerente ist im Vergleich von 2002 zu 2006 konstant bei 1.600.000 geblieben und gilt als *stable*. Das selbe gilt für die Eis- und Samtente deren Bestände konstant bei 4.600.000 bzw. 1.000.000 blieben. Da die Anteile an den jeweiligen biogeographischen Populationen im Bereich der beiden Vorranggebiete nur einen sehr geringen Teil (< 0,5 %) der jeweiligen biogeographischen Populationen repräsentieren, sind demzufolge erhebliche durch Windkraftanlagen bedingte Auswirkungen auf Populationsniveau relativ unwahrscheinlich.

Auf Individuenebene ist das Risiko für Meerestenten durch Vogelschlag nicht auszuschließen. Es ist allerdings als gering einzuschätzen, da ihr Zugverhalten - vorwiegend tagsüber und in geringer Flughöhe – bewirkt, dass sie den Anlagen leicht ausweichen können. Dies bestätigen die in den letzten drei Jahren durchgeführten Untersuchungen von Eiderenten an dänischen und schwedischen Offshore- bzw. Küstenwindparks. So wurde am OWP „Utgrunden“ im Kalmarsund (Schweden) beobachtet, dass ziehende Eiderenten dem Windpark ausweichen und die OWEA weiträumig umfliegen. 99,5 % der dort beobachteten Eiderenten hielten einen Abstand > 200 m (horizontal) bzw. > 50 m (vertikal) gegenüber den OWEA ein (PETTERSSON and STALIN, 2003). Auch Radarmessungen am OWP „Yttre Stengrund“ nahe dem OWP „Utgrunden“ im Kalmarsund zeigten, dass Eiderenten einen deutlichen Abstand zum Park einhielten (Sichtbeobachtungen: nur wenige näher als 500 m) bzw. diesen in wenigen Fällen überflogen. Ein Vorher-Nachher-Vergleich in diesem Park zeigte, dass die meisten Vögel den Park nach seiner Errichtung östlich umflogen und ihre Zugroute damit um maximal 10 km nach Osten verlagerten. Das Ausmaß der Ausweichbewegungen lag damit innerhalb der natürlichen, windbedingten Variabilität der Zugroute von Eiderenten im Kalmarsund (PETTERSSON, 2001). Allerdings wurde an Windenergieanlagen im Ijsselmeer beobachtet, dass Enten (Schwimm- und Tauchenten) bei schlechten Sichtbedingungen einen geringeren Abstand zu den OWEA wahren, als bei guter Sicht (DIRKSEN et al., 1998b).

Nach KAHLERT et al. (2004) führten von den per Radar erfassten Tracks, in Abhängigkeit von der Windstärke tagsüber 4 – 6 % und nachts 11 – 24 % durch den Park. Die übrigen Vögel umflogen das Windparkgebiet. Für die den Park durchquerenden Zugvögel wird das Vogelschlagrisiko von KAHLERT et al (2004) allerdings als nicht besonders hoch eingeschätzt, da die Tiere - soweit erkennbar - den offenen Korridor zwischen den OWEA-Reihen durchflogen.

Insgesamt betrachtet sind nach dem aktuellen Erkenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf den Meerestenzug durch die Realisierung von Offshore-Windenergieparks zu erwarten.

- Artengruppe Watvögel  
Nach dem sichtbaren Zugeschehen wurden im Rahmen der Untersuchungen zur UVS der Offshore Windparkprojekte in den besonderen Eignungsgebieten „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ noch der Kiebitzregenpfeifer (*Pluvialis squatarola*), Großer Brachvogel (*Numenius arquata*) sowie Rotschenkel (*Tringa totanus*) in geringer Anzahl beobachtet. Durch die Nachtzugverhöre mittels Ruferfassung wurde ebenfalls der Grünschenkel (*Tringa nebularia*) nachgewiesen. Die Bestandsgrößen der biogeographischen Population umfassen nach WETLANDS INTERNATIONAL (2006) beim Kiebitzregenpfeifer 247.000 Ind., Gro-

ßer Brachvogel 700.000 – 1.000.000 Ind., Rotschenkel 250.000 Ind., Grünschenkel 190.000 – 270.000 Ind.. Weiterhin weisen alle Arten nach BAUER et al. (2005) länderübergreifende Gefährdungs- bzw. Schutzkategorien auf. Großer Brachvogel und Rotschenkel werden in der Berner Konvention im Anhang III (= geschützte Art), in der Bonner Konvention im Anhang II (wandernde Vogelarten, für die Abkommen zu schließen sind) sowie in der AEWA-Liste geführt. Weiterhin weisen sie die SPEC(Species of European Conservation Concern)-Kategorie 2 (Art auf Europa konzentriert (> 50 % des Weltbestands) und mit ungünstigem Erhaltungsstatus) auf. Kiebitzregenpfeifer und Grünschenkel weisen den gleichen Schutzstatus auf, besitzen aber keine SPEC-Kategorie. Keine der genannten Arten weist einen europaweiten Rote-Liste-Status auf (BAUER et al., 2005). Hinsichtlich der Auswirkungen auf Populationsebene und das Vogelschlagrisiko auf Individuenebene gelten die Ausführungen zu den Watvogelarten der Anhang I-Arten der VRL.

#### **Landvögel**

- Nicht-Singvögel

*Kraniche.* Der Kranich (*Grus grus*) unterliegt als Vogelart des Anhang I der VRL einem besonderen Schutzstatus. Die biogeografische Population des Kranichs ist in den letzten Jahren von 75.000 (DELANY and SCOTT, 2002) auf 150.000 Individuen (WETLANDS International, 2006) angestiegen und wird mit 'increasing' eingestuft.

Wie bereits mehrfach erläutert, hat die Zughöhe der Vögel einen erheblichen Einfluss auf die Kollisionsrisiken. Kraniche zählen zu den so genannten Thermik-Seglern, die ihren Fortschritt beim Zug durch Ruderflug unterstützen. Über dem Meer gibt es keine Möglichkeit, Thermiksäulen zu nutzen. Deshalb sind Thermiksäulen im Küstenbereich von Bedeutung, in denen die Kraniche Höhen von 200 bis 700 m erreichen. Von dort aus fliegen sie im aktiven Ruderflug über die ca. 80 km breite Ostsee zwischen der Küste Südschwedens und der Insel Rügen. Bislang sind über der Ostsee Zughöhen zwischen 10 und 1.000 m beobachtet worden, wobei die meisten registrierten Vögel in einer Höhe von 200 bis 500 m flogen. Nach KARLSSON and ALERSTAM (1974) fliegen Kraniche auf dem Weg von der Mecklenburgischen Küste nach Südschweden vorzugsweise in Höhen von 200 bis 700 m. Kraniche ziehen wegen der Thermik bevorzugt bei Rückenwind und sonnigem Wetter. Daher konzentriert sich der Hauptzug auf wenige Tage pro Saison. Die Vögel fliegen stets unterhalb der Wolken. Ihre Zuggeschwindigkeit variiert zwischen 60 und 100 km/h. Die Ostseequerung dauert somit 1 bis 2 Stunden. Die Vögel fliegen vorrangig in den Mittagsstunden (beste Thermik). Nachtzug konnte bislang nicht nachgewiesen werden (pers. Mitt. IfAÖ, 600 Beobachtungstage 2002 bis 2005).

Nach den Sichtbeobachtungen der Umweltverträglichkeitsuntersuchungen im Bereich der besonderen Eignungsgebiete „Westlich Adlergrund“ und „Kriegers Flak“ flogen über 50 bzw. 84 % der Kraniche über 50 m hoch. Damit befand sich ein hoher Anteil der beobachteten Kraniche in den Eignungsgebieten im Einzugsbereich der Rotoren der OWEA. Allerdings wurden am 12./13. September 2002 („Kriegers Flak“), als der stärkste Kranichzug erfasst werden konnte, insgesamt 350 Individuen mittels Radar gesichtet und eine durchschnittliche Flughöhe von 242 m ermittelt. Nur 11,5 % dieser Vögel flogen niedriger als 150 m. Für den nicht unerheblichen Teil der Vögel, die sich in Höhen unter 200 m bewegen, besteht demnach ein Kollisionsrisiko mit den Rotoren der Windenergieanlagen. Außerdem sind Segelflieger gegenüber den von WEA verursachten Turbulenzen und Nachlaufströmungen sehr anfällig, so dass auch Störungen der Flugbewegungen bis hin zu einem Sturz ins Wasser durch Luftverwirbelungen nicht ausgeschlossen werden können. Es kommt hinzu, dass Kraniche bevorzugt unterhalb der Wolkendecke fliegen, so dass bei sehr tiefhängender Wolkendecke auch entsprechend tiefer geflogen wird. Solche Schlechtwettersituationen zeichnen sich jedoch regelmäßig durch ungünstige thermische Bedingungen aus, so dass dann nicht mit einem bedeutenden Zugaufkommen zu rechnen ist.

Gemindert wird das Kollisionsrisiko für Kraniche dadurch, dass sie als reine Tagzieher mit sehr guten visuellen Fähigkeiten ausgestattet sind und so auch aus größerer Entfernung WEA erkennen und ggf. ihre Flughöhe anpassen können. An Landstandorten halten Kraniche 300 m (BRAUNEIS, 2000) bis 700 m (KAATZ, 1999) Abstand von WEA, lösen z. T. ihre Flugformation auf und steigern einerseits ihre Flughöhe, um die Anlagen zu überfliegen. Andererseits umfliegen sie einen Park in Abständen von bis zu 1.500 m, um dann in ihrer ursprünglichen Richtung weiter zu fliegen. An großräumigen Offshore-Windparks liegen derzeit noch keine konkreten Beobachtungen vor, aber es ist ein ähnliches Verhalten wie an Landstandorten zu erwarten. Allerdings können bei plötzlich eintretenden Schlechtwettersituationen Gefährdungssituationen nicht ausgeschlossen werden. Allgemein wird die Kollisionsgefahr mit Windenergieanlagen für den Kranich dennoch als gering eingeschätzt, da Schlechtwettersituationen sich durch ungünstige thermische Bedingungen auszeichnen, so dass dann nicht mit bedeutendem Zugaufkommen zu rechnen ist.

*Greifvögel.* Greifvogelzug über der Ostsee findet zwar in nennenswertem Umfang statt, allerdings nutzen sie in der Mehrzahl von Falsterbo kommend die Vogelfluglinie über Fehmarn. Daher ist für keine der einbezogenen Arten ein relevanter Zuganteil in den Vorranggebieten an der jeweiligen Flyway-Population abzuleiten und damit kann eine negative Auswirkung auf Populationsebene der Arten nahezu ausgeschlossen werden. Individuenverluste durch Vogelschlag sind durchaus nicht auszuschließen aber auch sie können als vornehmliche Tagzieher mit guten visuellen Fähigkeiten den OWEA rechtzeitig ausweichen.

- Singvögel

Die Singvögel dominieren das Zugeschehen insgesamt. Die in besonders großer Anzahl das Gebiet überquerenden Singvogelarten entstammen sehr individuenreichen Populationen. Aufgrund der hohen nordeuropäischen Brutbestände hätten Zugverluste in den Vorranggebieten während des Zuges keine besondere Bedeutung. Außerdem sind auch bei Nacht die OWEA in der Regel gut zu erkennen und werden in der Regel gemieden bzw. umflogen (DIRKSEN et al., 1998a).

Dennoch ist nicht auszuschließen, dass die Beleuchtung der OWEA eine anlockende Wirkung insbesondere auf nachts ziehende Vögel ausübt und diese in die Anlagen hineinfliegen oder zumindest durch Blendwirkungen beeinträchtigt werden. Die Betreiber von WEA sind jedoch verpflichtet, die Anlagen zu befeuern, um die Sicherheit des Schiffs- und Luftverkehrs zu gewährleisten. Untersuchungen an Leuchttürmen in Dänemark haben ergeben, dass Lichtquellen selten von See- und Wasservögeln, aber vermehrt von Kleinvogelarten wie Staren, Singdrosseln und Feldlerchen angefliegen werden. Die Gefahr des Vogelschlags durch die Beleuchtung der OWEA ist daher eher bei den genannten individuenreichen Populationen wahrscheinlich, sie lässt aber eine Gefährdung des Vogelzuges nicht erwarten. Zur Vermeidung bzw. Minimierung dieses Risikos ist anzuordnen, dass die Anlagen so konstruiert werden, dass bei Errichtung und Betrieb Lichtemissionen vermieden werden, soweit diese nicht durch Sicherheitsanforderungen des Schiffs- und Luftverkehrs geboten und unvermeidlich sind.

---

Die artspezifische Einzelbetrachtung ergibt folglich, dass für den Großteil der in AWZ der Ostsee auftretenden Zugvogelarten bzw. deren biogeografische Populationen keine erheblichen negativen Auswirkungen zu erwarten sind. Zur Vermeidung etwaiger Gefahren für den Vogelzug, insbesondere der genannten Arten, sollten im Genehmigungsverfahren risikomindernde Maßnahmen angeordnet werden.

Neben der Gefährdung des Vogelzuges durch Vogelschlag kann ein weiteres Risiko für die ziehenden Vögel auch darin gesehen werden, dass der Zugweg durch die Präsenz von Windenergieanlagen umgelenkt und damit verlängert werden könnte. Hiervon betroffen ist allerdings nicht der Vogelzug in seiner Gesamtheit, da ein Großteil des Zuges in Höhen stattfindet,

der außerhalb des Einflussbereichs von Windenergieanlagen ist. So ziehen viele Singvögel im Höhenbereich von 1.000 bis 2.000 m. Auch von Watvögeln ist bekannt, dass sie in sehr großen Höhen ziehen (JELLMANN, 1989). Allerdings ziehen nennenswerte Anteile in Höhen <200 m und damit im Einflussbereich der Windenergieanlagen. Viele der niedrig ziehenden Arten gehören in die Gruppe der Wasser- und Seevögel, die in der Lage sind, auf dem Wasser zu landen um sich auszuruhen und ggf. zu fressen. Für diese Arten sind etwaige Umwege daher nur mit geringen Auswirkungen verbunden. Problematisch könnte es für ziehende Landvögel werden, die zu einer Landung auf dem Wasser nicht befähigt sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Zugvögel zu beeindruckenden Nonstop-Flugleistungen fähig sind, vor allem beim Zug von nicht wassernden Arten über Meere. So betragen die Nonstop-Flugleistungen bei vielen Arten, auch bei Kleinvögeln, über 1.000 km (TULP et al., 1994). Es ist daher nicht damit zu rechnen, dass der gegebenenfalls benötigte Mehrbedarf an Energie durch einen in der AWZ der Ostsee erforderlichen Umweg, unter der Voraussetzung, dass keine zusammenhängenden Querriegel in der Hauptzugrichtung entstehen, zu einer Gefährdung des Vogelzuges führen würde.

### **3.8.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Zugvögel**

#### ***Fischerei***

Die aus der Fischerei resultierenden Umweltwirkungen sind vielfältig und in ihren Auswirkungen zum Teil erheblich. Für Zugvögel gehen von der Fischerei visuelle und akustische Stör- und Scheuchwirkungen aus, die abhängig von der Frequentierung der Meeresgebiete durch die Fischerei sind. Für wassernde Zugvögel die ihren Zug zur Nahrungsaufnahme unterbrechen, besteht außerdem das Risiko, sich in den Fischereinetzen zu verfangen und zu ertrinken. So ertrinken z. B. auf der Rönnebank in der Pommerschen Bucht eine große Zahl von Seetaucher, Alken und Meeresenten in den Stellnetzen (JANSSEN und SORDYL, 2006).

#### ***Marikultur***

Die Bewirtschaftung von Marikulturanlagen ist mit Schiffstransporten und verschiedenen Offshore-Tätigkeiten in den Anlagen verbunden, die kleinräumige visuelle und akustische Stör- und Scheuchwirkungen hervorrufen. Erhebliche nachteilige Auswirkungen werden nicht erwartet.

### **3.8.2 Entwicklung des Schutzgutes Zugvögel bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Zug- und Seevögel würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. Fischerei und bestehender Hochbauten, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Durch einen unregelmäßigen Ausbau der Windenergie würde das Risiko einer Barrierewirkung für Zugvögel erhöht. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen (Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika) kommen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten durch Anreicherung in den Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Zugvögel, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Zugvögel deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die betroffenen Arten sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere die Fische, betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.9 Fledermäuse**

### **3.9.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fledermäuse**

#### **3.9.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Fledermäuse**

Auswirkungen des Schiffsverkehrs auf Fledermäuse sind bisher weitgehend unbekannt. Es gibt lediglich einzelne Berichte von Fledermausfunden auf Schiffen (siehe Kapitel 2, Fledermäuse). WALTER et al. (2005) haben solche einzelnen Beobachtungen/Funde auf Schiffen im Rahmen der Untersuchungen für Offshore-Windenergieprojekte zusammengefasst. Es wird danach angenommen, dass Anlockeffekte durch Schiffe eintreten können.

Durch Beleuchtung und Wärmeentwicklung können Insekten von Schiffen angelockt werden. Fledermäuse, die sich auf Nahrungssuche befinden, können dann von diesen Insekten angelockt werden. Zudem wird angenommen, dass wandernde Fledermäuse Schiffe auch zum Rasten aufsuchen. Eine Kollisionsgefahr ist jedoch dadurch nicht unbedingt gegeben. Möglicherweise besteht eine Kollisionsgefahr von Fledermäusen mit Schiffen bei widrigen Wetterbedingungen.

Weitere direkte oder indirekte Auswirkungen der Schifffahrt auf Fledermäuse sind nicht bekannt. Die bereits beschriebenen Anlockeffekte können höchstens regional und zeitlich begrenzt eintreten. Auswirkungen der Schifffahrt fallen bei Fledermäusen nach dem aktuellen Kenntnisstand sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene unerheblich aus.

#### **3.9.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Fledermäuse**

Der mit der Verlegung und dem Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln verbundene Schiffsverkehr könnte Auswirkungen auf Fledermäuse haben. Anlockeffekte wurden bereits in Kapitel 3.9.1.1 beschrieben. Bei Wartungsarbeiten sowie bei Störfällen ist auch ein erhöhter Schiffsverkehr möglich.

Sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene von Fledermäusen können erhebliche Auswirkungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

#### **3.9.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Fledermäuse**

Durch den mit wissenschaftlichen Forschungsaktivitäten verbundenen Schiffsverkehr können Fledermäuse angelockt werden (siehe Kapitel 3.9.1.1).

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung auf Fledermäuse mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

#### **3.9.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Fledermäuse**

Gefährdungen können für Fledermäuse durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks, insbesondere durch Kollisionen, verursacht werden.

Bei der Bewertung ist zwischen den Auswirkungen bei der Errichtung der OWEA (Bauphase) und denen während der Betriebsphase zu differenzieren.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten während der Errichtung von OWEA sind mit einem erhöhten Schiffsaufkommen verbunden. Die Beleuchtung der Schiffe und der Baustelle kann Anlockeffekte auf über das Meer wandernde Fledermäuse hervorrufen. Eine Kollisionsgefahr mit den Schiffen und der Baustelle wäre dann gegeben.

Die möglichen Belastungen durch die Bauphase für das Schutzgut Fledermäuse sind jedoch insgesamt regional, kurzfristig (für die Dauer der Errichtung der Anlagen) und von geringer Intensität.

*Anlage- und betriebsbedingt:* Die OWEA als solche und ihr Betrieb können Auswirkungen auf über das Meer wandernde Fledermäuse haben. Möglicherweise treten in der Betriebsphase Anlockeffekte auf. Zudem ist von einem Kollisionsrisiko auszugehen. Die Empfindlichkeit von Fledermäusen gegenüber Bauwerken an Land und das damit verbundene Risiko von Kollisionen ist bekannt; ebenso die Kollisionsgefahr mit Piles oder Rotoren von Windenergieanlagen. Ferner sind vom Land auch mögliche Barrierewirkungen sowie Habituations- oder Anlockeffekte bekannt (JOHNSON, 2004). Auswirkungen von OWEA auf Fledermäuse sind jedoch bis auf eine Pilotstudie aus Schweden und erste Beobachtungen aus dem Kalmarsund weitgehend unbekannt (AHLEN, 2003; AHLEN et al., 2005).

Aus der ersten Pilotstudie im Süden Schwedens über die eventuelle Gefährdung von Fledermäusen durch Onshore-Windenergieanlagen konnten erste Informationen zum Kollisionsrisiko gesammelt werden (AHLEN, 2003). Es wurde festgestellt, dass sowohl ziehende als auch nichtziehende Arten gelegentlich durch Kollisionen betroffen sind. Ein Vergleich zwischen Totfunden von Fledermäusen und Vögeln um die Turbinen zeigte, im Gegensatz zu bisherigen Meldungen aus den USA (JOHNSON, 2004), dass häufiger Vögel als Fledermäuse mit den Anlagen kollidieren.

Aus der schwedischen Pilotstudie ergeben sich auch erste Hinweise, dass Fledermäuse gelegentlich von den OWEA angelockt werden. Die Ursachen der Kollisionen blieben jedoch weitgehend ungeklärt. Da sich Fledermäuse im Gegensatz zu den Vögeln mit Hilfe ihrer hochspezialisierten Echoortung im Flug orientieren, sollten eigentlich Kollisionen ausgeschlossen sein. Es gibt jedoch häufiger Meldungen über Kollisionen mit Bauwerken wie Fernsehtürmen und Hochhäusern.

Von AHLEN (2003) wurden einige Hypothesen zu den Ursachen der Kollisionen aufgestellt. Die Hypothese, dass die Fledermäuse von den Betriebsgeräuschen der OWEA angelockt werden, konnte durch bisherige Untersuchungen weder bestätigt noch völlig ausgeschlossen werden. Die häufig aufgestellte Hypothese, dass Fledermäuse während des Zugs die Echoortung aussetzen, konnte bisher ebenfalls nicht völlig negiert werden. Es wurde jedoch festgestellt, dass viele Arten in sehr großen Höhen fliegen. Der ziehende Große Abendsegler fliegt z. B. in Höhen von ca. 1.200 m. Eine Echoortung ist in diesem Fall sehr unwahrscheinlich. Aufgrund der Beleuchtung und der Wärmeentwicklung von OWEA wurde in ihrer unmittelbaren Umgebung



gelegentlich Ansammlungen von Insekten festgestellt, die zu einer Anlockung von nahrungssuchenden Fledermäusen (ziehende und nichtziehende Arten) führte. Bei Insekten ist jedoch auch das sogenannte „hilltopping“ (Aufsuchen von hochliegenden, herausgehobenen Plätzen) bekannt: Insekten werden von hochragenden Strukturen, wie Hochhäusern und Türmen, angelockt. Diese Beobachtungen unterstützen die Hypothese, dass nahrungssuchende Fledermäuse gelegentlich von OWEA angelockt werden.

Die Pilotstudie gibt zudem eine Reihe von Empfehlungen, z. B. zu Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen bezüglich Anlockeffekten. Insgesamt wurde durch die Studie aufgezeigt, dass sehr große Informationslücken über das Zugverhalten und die Zugwege von Fledermäusen bestehen. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass derzeit geeignete Erfassungsmethoden fehlen.

Die Studie wurde im Zeitraum 15. August bis 10. Oktober 2005 an den OWEA in Kalmarsund fortgesetzt. Parallel zu diesen Untersuchungen wurden Untersuchungen zum Vorkommen von Fledermäusen in der Küstenregion vorgenommen. So wurden im o. g. Zeitraum 154 Fledermäuse in Kalmarsund und das zehnfache an Tieren (1.578) an der Küste gezählt (AHLEN et al., 2005). Insgesamt wurden zehn Arten von ziehenden aber auch nicht-ziehenden Arten in Kalmarsund erfasst. Der Große Abendsegler, die Zwergfledermaus und die Wasserfledermaus waren in Kalmarsund unter den am häufigsten erfassten Arten. Die meisten Fledermäuse im Gebiet der OWEA wurden nachts auf Nahrungssuche beobachtet - auf der Jagd nach den hier angesammelten Insekten. Im Bereich der Anlagen waren häufig Ansammlungen von Insekten zu sehen, bei bestimmten Wetterbedingungen waren sie besonders ausgeprägt. Die Ursachen der Ansammlung von Insekten an den OWEA blieben jedoch weitgehend unklar. Neben der Beleuchtung der Anlagen und die Wärmeentwicklung an Turbinen und Rotorblätter kommt auch das o.a. „hilltopping“ in Frage. Es bleibt jedoch weiterhin offen, in wie weit Fledermäuse die Anlagen auf See zur Nahrungssuche regelmäßig aufsuchen. Es ist von ziehenden Fledermäusen zudem bekannt, dass sie oft Brücken, Schiffe, Leuchttürme und möglicherweise Windkraftanlagen zum Rasten aufsuchen. Anhand der bisherigen Beobachtungen wird angenommen, dass Fledermäuse eher in Konzentrationen (Schwärmen) über das Meer ziehen, wahrscheinlich in erheblichen Flughöhen und auf regelmäßig genutzten Zugrouten. Die Autoren geben in dieser Studie zudem erste Hinweise zur Entwicklung von Methoden zur Beobachtung des Fledermauszuges über das Meer und ferner zur Erfassung möglicher Auswirkungen von OWEA auf Fledermäuse (AHLEN et al., 2005).

Aufgrund noch fehlender Informationen über den Fledermauszug in der Ostsee und des Fehlens von aussagekräftigen Ergebnissen über Auswirkungen von OWEA auf Fledermäuse, kann z. Zt. eine Bewertung des möglichen Gefährdungspotenzials durch OWEA nicht vorgenommen wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bis heute ausreichende Beobachtungen und Ergebnisse über negative oder auch positive Effekte durch die Errichtung von Offshore-Windparks auf Fledermäuse sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene noch fehlen. Es gibt zwar Hinweise über nachteilige Auswirkungen durch Kollisionen von Fledermäusen mit Windkraftanlagen an Land. Es fehlen z.Zt. jedoch geeignete Erfassungsmethoden für Untersuchungen zum Vorkommen von Fledermäusen auf dem Meer. Damit fehlen auch konkrete Informationen über ziehende Arten, Zugkorridore, Zughöhen und Zugkonzentrationen. Eine Einschätzung von möglichen Auswirkungen ist daher zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

### **3.9.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Fledermäuse**

#### ***Fischerei***

Fledermäuse können von Schiffen angelockt werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch Fischereischiffe oder Fischkutter Fledermäuse anlocken. Dies könnte insbesondere der Fall bei nächtlichen fischereilichen Aktivitäten sein. Anlockeffekte von Schiffen auf Fledermäuse wurden in Kapitel 3.9.1.1 beschrieben.

Nach aktuellem Kenntnisstand können direkte sowie indirekte Auswirkungen der Fischerei auf Fledermäuse sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

### ***Marikultur***

Auswirkungen der Marikultur auf Fledermäuse könnten allenfalls durch Anlockeffekte durch die Versorgungsschiffe des Betriebs eintreten (siehe Kapitel 3.9.1.1).

Nach aktuellem Kenntnisstand können direkte sowie indirekte Auswirkungen der Marikultur auf Fledermäuse sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

## **3.9.2 Entwicklung des Schutzgutes Fledermäuse bei Nichtdurchführung des Plans**

Über Bestände und Verbreitung der möglicherweise über die Ostsee ziehenden Fledermausarten sind v.a. aufgrund der hohen Wanderdynamik nicht abschließend erfasst. Auch Zugmuster sind weitgehend unbekannt. Die Bestandentwicklung lässt sich mit dem aktuellen Kenntnisstand nicht abschätzen oder prognostizieren. Über mögliche negative Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fledermäuse ist ebenfalls verhältnismäßig wenig bekannt (s. o.).

Vor diesem Hintergrund ist auch eine Abschätzung der voraussichtlichen Entwicklung des Schutzgutes bei Nichtdurchführung des Plans nur sehr eingeschränkt möglich.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Fledermausarten sind ebenfalls komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, in diesem Fall Insekten, betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.10 Luft**

### **3.10.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Luft**

#### **3.10.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Luft**

Durch die Schifffahrt kommt es zu Schadstoffemissionen insbesondere von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Kohlendioxid und Rußpartikeln. Diese können die Luftqualität negativ beeinflussen.

#### **3.10.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Luft**

##### ***Rohrleitungen***

Die Verlegung, Wartung und der Rückbau von Rohrleitungen sind mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, welche die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

#### ***Seekabel***

Die Verlegung, Wartung und der Rückbau von Seekabeln sind mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

### **3.10.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Luft**

Die meereswissenschaftliche Forschung ist mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Aufgrund der kleinräumigen, zeitlich begrenzten Aktivitäten der wissenschaftlichen Forschung lassen sich erhebliche Auswirkungen auf das Schutzgut Luft mit Sicherheit ausschließen.

### **3.10.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Luft**

Durch Bau und Betrieb von Offshore-Windparks wird es durch Baustellen- und Wartungsfahrzeuge zu Schadstoffemissionen kommen, die die Luftqualität beeinflussen können.

### **3.10.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Luft**

#### ***Fischerei***

Fischerei ist mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

#### ***Marikultur***

Installation und Betrieb von Marikulturen sind mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

### **3.10.2 Entwicklung des Schutzgutes Luft bei Nichtdurchführung des Plans**

Mit zunehmender Nutzungsintensität nimmt auch der Schiffsverkehr zu, was zu einer negativen Beeinflussung der Luftqualität führen kann. Diese Entwicklung ist jedoch weitestgehend unabhängig von der Durchführung bzw. Nichtdurchführung des Plans.

## **3.11 Klima**

### **3.11.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Klima**

#### **3.11.1.1 Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Klima**

Auswirkungen der Schifffahrt auf das Klima durch die in Kapitel 3.1.1 genannten Emissionen können nicht vollständig ausgeschlossen werden.

### **3.11.1.2 Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Klima**

Die durch den mit der Verlegung, Wartung und dem Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die Verlegung, Wartung und den Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln werden jedoch nicht erwartet.

### **3.11.1.3 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Klima**

Die durch den mit der meereswissenschaftlichen Forschung verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Aufgrund der kleinräumigen, zeitlich begrenzten Aktivitäten der wissenschaftlichen Forschung lassen sich erhebliche Auswirkungen auf das Klima mit Sicherheit ausschließen.

### **3.11.1.4 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Klima**

Die durch den mit dem Bau und Betrieb von Offshore-Windparks verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks werden jedoch nicht erwartet.

### **3.11.1.5 Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Klima**

#### ***Fischerei***

Die durch den mit der Fischerei verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die Fischerei werden jedoch nicht erwartet.

#### ***Marikultur***

Die durch den mit der Installation und dem Betrieb von Marikulturen verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die Installation und den Betrieb von Marikulturen werden jedoch nicht erwartet.

### **3.11.2 Entwicklung des Schutzgutes Klima bei Nichtdurchführung des Plans**

Laut Berichten des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC, 2001; 2007) sind als großräumige Folgen der Klimaänderungen auf die Ozeane der Anstieg der Meersoberflächentemperatur und des durchschnittlichen globalen Meeresspiegels zu erwarten. Viele Ökosysteme des Meeres reagieren empfindlich auf Klimaveränderungen (s. Kap.

3.14). Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **3.12 Landschaftsbild**

### **3.12.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Landschaftsbild**

#### **3.12.1.1 Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Landschaftsbild**

Die wissenschaftliche Meeresforschung kann mit der Errichtung von Hochbauten in Form von Forschungsplattformen verbunden sein, die zu visuellen Veränderungen des Landschaftsbildes führen können. Aufgrund der Entfernung sowie der geringen Anzahl können jedoch erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes, wie es von Land aus wahrgenommen wird, ausgeschlossen werden.

#### **3.12.1.2 Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Landschaftsbild**

Die Landschaft der AWZ der Ostsee ist bisher dadurch geprägt, dass über der Wassersäule bis auf die Forschungsplattform FINO 2 und den Messmast Arkona Becken keine Bauten herausragen. Durch die Realisierung von Offshore-Windparks werden Auswirkungen auf das Landschaftsbild eintreten, da es durch die Errichtung vertikaler Strukturen verändert wird. Die Anlagen müssen zudem nachts oder bei schlechter Sicht aus Sicherheitsgründen befeuert werden. Auch dadurch kann es zu optischen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes kommen.

Neben der reinen Veränderung des Landschaftsbildes ("freier Horizont") kann es auch zu einer Beeinträchtigung der subjektiven Landschaftswahrnehmung durch Betrachter an der Küste kommen. Die tatsächliche Sichtbarkeit wird bestimmt durch die Entfernung der Offshore-Windparks zur Küste bzw. zu Inseln, die flächenmäßige Größe des Windparks, die Höhe der WEA, die auf den konkreten Wetterbedingungen beruhende Sichtweite, die Höhe des Standorts des Betrachters (z.B. Strand, Aussichtsplattform, Leuchtturm) und die Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges.

Die theoretische Sichtweite ist wegen der Erdkrümmung von der Höhe des Betrachtungspunktes abhängig. Sie beträgt beispielsweise bei einer Augenhöhe von 10m über NN etwa 12 km, bei einer Augenhöhe von 100m über NN etwa 38 km (STRYBNY und SCHULZ). Hohe Objekte können auch jenseits des Horizontes gesehen werden. Rein rechnerisch könnte die Rotorblattspitze einer Offshore-WEA in 160m Höhe über NN noch aus einer Entfernung von etwa 60 km von einem Beobachter (6m Höhe über NN) gesehen werden (STRYBNY und SCHULZ). Bei diesen theoretischen Werten sind aber die meteorologischen Bedingungen nicht mit einbezogen. Eine Auswertung der Messungen der Wetterstation Norderney des Deutschen Wetterdienstes, die in den Jahren 1995 bis 1999 zwischen 9 und 15 Uhr durchgeführt wurden, ergibt, dass an ca. 30 % der Stunden Sichtweiten von 20 km und mehr sowie an 15% der Stunden Sichtweiten von 30 km und mehr herrschten. Die hohen Sichtweiten treten dabei besonders häufig in den Sommermonaten auf (STRYBNY und SCHULZ,).

Um eine Vorstellung von der tatsächlichen Sichtbarkeit von OWEA aus verschiedenen Entfernungen zu ermöglichen, werden untenstehende Aufnahmen des dänischen Windparks „Nysted“ vom Schiff aus in 5 sm (9,26 km) bzw. 9 sm (16,67 km) Entfernung abgebildet.



Abbildung 73: Offshore-Windpark Nystedt aus 9,26 km Entfernung



Abbildung 74: Offshore-Windpark Nystedt aus 16,67 km Entfernung

Hinsichtlich des besonderen Eignungsgebietes nach SeeAnIV „Westlich Adlergrund“ ist zu ergänzen, dass es im Sichtfeld von Betrachterstandorten entlang der landschaftlich herausragenden Kreidesteilküste der Halbinsel Jasmund, insbesondere des touristisch bedeutsamen Aussichtspunktes „Königsstuhl“, liegt.

Im Rahmen des Verfahrens zur Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach SeeAnIV „Westlich Adlergrund“ im Jahr 2005 wurde nach einer Forderung des Landkreises Rügen die ARCADIS Consult GmbH von der Festlegungsbehörde beauftragt, auf der Grundlage einer Visualisierung des geplanten besonderen Eignungsgebietes zu prüfen, ob und in welchem Maße die mind. ca. 33 km entfernten Windenergieanlagen vom Königsstuhl bzw. vom Strand am Fuß des Königsstuhls sichtbar sein werden, wenn das gesamte besondere Eignungsgebiet mit Windenergieanlagen bebaut wird (199 WEA mit einem Abstand von 700 m zueinander). Als Fotostandorte wurden dabei bevorzugte Aufenthaltsorte von Erholungssuchenden gewählt, die gleichzeitig eine freie Sicht in Richtung der geplanten Windenergieanlagen ermöglichen (ARCADIS, 2005).

Bei guten Sichtverhältnissen wurden am 10. März 2005 Fotos des derzeitigen Blicks auf den geplanten Standort der Windenergieanlagen im besonderen Eignungsgebiet nach SeeAnIV mit einer Brennweite von 50 mm aufgenommen. Die Fotoaufnahmen bildeten später die Grundlagen für die Visualisierung. Im Rahmen der Visualisierung wurde von der maximalen Sichtbarkeit der Anlage ausgegangen, d.h. der Betrachter blickt frontal auf den Rotor. Es wurden Abbildungen der vorgesehenen Windenergieanlagen dreidimensional und maßstabsgetreu erstellt. Dabei wurden Maße zugrunde gelegt, die für 5 MW-WEA infrage kommen.

---

Die Ergebnisse der Visualisierung sind wie folgt:

a) Standort Aussichtspunkt Königstuhl:

Da die Kimmsicht an diesem Standort ca. 42 km beträgt, sind alle Anlagen, deren Entfernung zum Land geringer als 42 km ist, vollständig sichtbar, wenn es die meteorologischen Bedingungen gestatten. Meteorologische Sichtweiten von 40 km und mehr treten an ca. 94 Tagen im Jahr (26 %) auf.

b) Standort Strand am Fuß des Königsstuhls:

Da die Kimmsicht an diesem Standort ca. 5 km beträgt und sich die Anlagen mindestens 33 km entfernt befinden, sind vom Strand aus maximal die Anlagenteile oberhalb von 52 m sichtbar, wenn es die meteorologischen Bedingungen gestatten. Meteorologische Sichtweiten von 40 km und mehr treten an ca. 94 Tagen im Jahr (26 %) auf.

---

Die Veränderung des Landschaftsbilds ist fotografisch in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 75: Visualisierung der Wahrnehmbarkeit von Offshore-Windenergieanlagen im besonderen Eignungsgebiet nach SeeAnIV "Westlich Adlergrund" am Aussichtspunkt Königsstuhl auf Rügen; Nabenhöhe der WEA 100m; Entfernung des Betrachters zur nächsten Windenergieanlagen ca. 33 km; Augenhöhe ca. 120m über NN





Abbildung 76: Visualisierung der Wahrnehmbarkeit von Offshore-Windenergieanlagen im besonderen Eignungsgebiet nach SeeAnIV "Westlich Adlergrund" am Strand am Fuß des Königsstuhls auf Rügen; Nabenhöhe der WEA 100m; Entfernung des Betrachters zur nächsten Windenergieanlagen ca. 33 km; Augenhöhe ca. 2 m über NN

Aufgrund der Entfernung der geplanten Windparks in den besonderen Eignungsgebieten nach SeeAnIV von mehr als 30 km zur Küste werden die WEA nur sehr eingeschränkt wahrnehmbar sein und dies auch nur bei guten Sichtverhältnissen. Dies gilt auch hinsichtlich der nächtlichen Sicherheitsbefeuerng.

### **3.12.2 Entwicklung des Schutzgutes Landschaftsbild bei Nichtdurchführung des Plans**

Für das Schutzgut Landschaftsbild wären die Entwicklungen bei Nichtdurchführung des Planes insbesondere für den Bereich der Offshore-Energie maßgeblich. So wäre hier bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete (ca. 56 % der Fläche der deutschen AWZ der Ostsee) nicht ausgeschlossen und das Risiko möglicher visueller Beeinträchtigungen erhöht.

Auch die Regelung weiterer möglicherweise beeinträchtigender Hochbauten wäre bei der Nichtdurchführung des Planes erheblich erschwert.

### **3.13 Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)**

#### **3.13.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Sachwerte, kulturelles Erbe**

Bei allen Nutzungen, die mit Eingriffen in das Sediment verbunden sind, lässt sich eine mögliche Beeinträchtigung auf dem Meeresgrund befindlicher Sachwerte bzw. kulturellen Erbes, welche im Vorfeld des Eingriffs nicht bekannt waren, nicht vollständig ausschließen. Hierbei handelt es sich um:

- Rohstoffgewinnung
- Rohrleitungen und Seekabel
- Wissenschaftliche Meeresforschung
- Offshore-Windenergienutzung
- Fischerei.

#### **3.13.2 Entwicklung des Schutzgutes Sachwerte, kulturelles Erbe bei Nichtdurchführung des Plans**

Hinweise auf mögliche Sachwerte oder kulturelles Erbe liegen insofern vor, als dass die räumliche Lage einer Vielzahl von Wracks bekannt ist und in den Seekarten des BSH verzeichnet ist. Zu Bodendenkmalen, auch zu Siedlungsresten, in der AWZ fehlen weitergehende Informationen. Bei Nichtdurchführung des Planes wäre eine Berücksichtigung der Belange dieses Schutzgutes erschwert.

### **3.14 Biologische Vielfalt**

Es ist mit großräumigen Folgen von Klimaänderungen auch auf die Ozeane zu rechnen (s. Kap. 3.11). Dieses hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, denn viele Ökosysteme des Meeres reagieren empfindlich auf Klimaveränderungen. So kann es zu einer Verschiebung im Artenspektrum kommen. Beispielsweise ist eine starke Beeinflussung der Populationsdichte und –dynamik von Fischen denkbar, welche wiederum bedeutende Folgen für die Nahrungsketten hätte. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **3.15 Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern**

Bezüglich der Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern bei Nichtdurchführung des Planes wird auf die Ausführungen in Kapitel 2.17 verwiesen.

## **4 Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt**

### **4.1 Schifffahrt**

Die Vorrang- und Vorbehaltsgebietsfestlegungen für die Schifffahrt basieren insbesondere auf im Verfahren zur Aufstellung des Raumordnungsplans identifizierten vorhandenen Schifffahrtsrouten. Diese Festlegungen dienen dazu, wichtige Schifffahrtsrouten von unverträglichen Nutzungen – insbesondere von baulichen Anlagen – freizuhalten, was ebenso wie die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten zur Verringerung von

Kollisionsrisiken beiträgt. Die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die Schifffahrt hat keine unmittelbare Konzentrations- und Lenkungswirkung der Schiffsverkehre zur Folge. Die Schifffahrt kann auch zukünftig weiterhin den gesamten Seeraum nutzen. Insofern haben die Gebietsfestlegungen für die Schifffahrt im Vergleich mit dem Ist-Zustand und der Nullvariante keine zusätzlichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Beachtung der Regelungen der IMO und der Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der Schifffahrt. Hierdurch werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Schifffahrt im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr insbesondere durch die Verringerung des Kollisionsrisikos nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

## **4.2 Rohstoffgewinnung**

Es werden für die AWZ der Ostsee im Raumordnungsplan keine Gebietsfestlegungen für die Rohstoffgewinnung getroffen. Die für den Sand- und Kiesabbau erforderlichen Rahmenbetriebspläne sind abgelaufen, es findet daher gegenwärtig keine Gewinnung statt. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind zwei Abbauvorhaben beantragt: „Adlergrund Nordwest“ und „Adlergrund Südost“. Ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren wird durchgeführt. Neben der bestehenden fachplanerischen Sicherung der Bewilligungsfelder ist es nicht erforderlich, diese zusätzlich planerisch durch eine Gebietsfestlegung zu sichern.

## **4.3 Rohrleitungen und Seekabel**

### **4.3.1 Rohrleitungen**

Im Raumordnungsplan werden im Bereich geplanter Rohrleitungen Schutzabstände von beiderseits 500 m als Vorbehaltsgebiete festgelegt, wobei darauf hingewiesen wird, dass die Verlegung unterseeischer Rohrleitungen die nach dem SRÜ gewährte Freiheit genießt. Die Umweltauswirkungen dieser Gebietsfestlegungen gehen daher nicht über die Auswirkungen der Nullvariante (Nichtdurchführung des Plans) hinaus. Vielmehr können mögliche negative Auswirkungen durch die Auswahl einer geeigneten Trasse reduziert werden.

Der Raumordnungsplan trifft Aussagen hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei Verlegung, Betrieb, Instandhaltung sowie Rückbau von Rohrleitungen. Dadurch können nachteilige Auswirkungen insbesondere auf das Benthos reduziert werden.

Grundsätzlich müssen Rohrleitungen nach Aufgabe ihrer Nutzung zurückgebaut werden, sofern sie eine Gefährdung des Lebens oder Gesundheit von Personen oder von Sachgütern oder eine Beeinträchtigung überwiegender öffentlicher Interessen zu befürchten ist. Letztere umfassen u.a. Belange der Schifffahrt sowie der Meeresumwelt. Im Fall von vergleichsweise größeren nachteiligen Umweltauswirkungen kann von einem Rückbau abgesehen werden und die Leitung im oder auf dem Meeresboden verbleiben, es sei denn, der Rückbau ist aus Grün-

den der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs erforderlich. Für diesen Fall sollen geeignete Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich möglicher Gefährdungen vorgesehen werden. Ausbreitungsvorgänge und weiträumige ökologische Wechselbeziehungen der Arten und ihrer Lebensräume sollen bei der Standortwahl berücksichtigt werden. Die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume sollen bei der Verlegung und dem Betrieb der Rohrleitungen vermieden werden. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Durch diese Regelungen werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt vermieden.

Die Festlegung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Rohrleitungen in den Raumordnungsplan führt dazu, dass sich bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter besser einschätzen und prognostizieren lassen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für Rohrleitungen im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.3.2 Seekabel**

Im Raumordnungsplan wird im Bereich der Ostsee zur Sicherstellung der geordneten Ableitung des in der AWZ gewonnenen Stroms ein Zielkorridor festgelegt, durch welchen die Seekabel zur Stromableitung zu führen sind. Darüber hinaus wird die Parallelführung von Kabeln zueinander und zu bestehenden Infrastrukturen als Grundsatz festgelegt. Mögliche Eingriffe insbesondere durch die Verlegung von Seekabeln werden so auf einige Bereiche begrenzt, wodurch weite Teile der AWZ von möglichen Beeinträchtigungen frei gehalten werden können. Hierdurch werden, insbesondere im Vergleich mit der Nullvariante, negative Auswirkungen auf die Schutzgüter sowie die Meeresumwelt insgesamt vermieden. Darüber hinaus sollen Verlegearbeiten zeitlich koordiniert werden, was zu einer Verminderung kumulativer Auswirkungen führt.

Negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt durch Wechselwirkungen bei größtmöglicher Bündelung und paralleler Führung zu bestehenden Infrastrukturen sind nicht zu erwarten, da Mindestabstände zwischen den jeweiligen Kabeln so ausgewählt werden, dass eine thermische Entkopplung sichergestellt ist und kumulative Wärmeeffekte ausgeschlossen werden können. Die weitgehende Vermeidung von Kreuzungen von Seekabeln untereinander und mit anderen bestehenden oder geplanten Leitungen dient zusätzlich der Reduzierung von negativen Auswirkungen auf die Meeresumwelt – insbesondere auf die Schutzgüter Boden und Benthos, weil dadurch die Schaffung künstlicher Hartsubstrate in Form von Steinschüttungen (Grobkies und Gerölle) insbesondere in Seegebieten mit überwiegend homogenem sandigen Meeresboden, vermieden werden kann.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der Verlegung und dem Betrieb von Seekabeln unter. Dadurch können nachteilige Auswirkungen insbesondere auf das Benthos reduziert werden.

Die Verlegung von Seekabeln kann u.a. dadurch möglichst umweltfreundlich gestaltet werden, dass unter Berücksichtigung der Belange der Schifffahrt die Seekabel nur so tief wie erforderlich verlegt werden. Dadurch werden eine erhöhte Beanspruchung des Sediments und um-

fangreicher Bodenaushub vermieden. Mit dem Schutz des Sedimentes wird gleichzeitig der Siedlungsraum der benthischen Lebensgemeinschaften geschützt.

Durch die Meidung artspezifisch besonders störanfälliger Zeiträume können bei der Querung von sensiblen Habitaten während des Verlegens von Rohrleitungen und Seekabeln mögliche Beeinträchtigungen vermieden werden. So sollen bspw. Bereiche mit hoher Bedeutung für Seevögel lediglich in den Zeiträumen beansprucht werden, in denen mit keinen Rastvogelvorkommen zu rechnen ist.

Grundsätzlich müssen Seekabel wie Rohrleitungen nach Aufgabe ihrer Nutzung zurückgebaut werden, sofern sie zu Beeinträchtigungen (s.o.) führen können. Im Fall von vergleichsweise größeren nachteiligen Umweltauswirkungen kann von einem Rückbau abgesehen werden und die Leitung im oder auf dem Meeresboden verbleiben, es sei denn, der Rückbau ist aus Gründen der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs erforderlich. Der Rückbau ist auch dann erforderlich, wenn mit der Rohrleitung oder dem Seekabel toxische Stoffe in wirkungsrelevanter Art und Weise oder Menge in der Meeresumwelt verbleiben. Ausbreitungsvorgänge und weiträumige ökologische Wechselbeziehungen der Arten und ihrer Lebensräume sollen bei der Standortwahl berücksichtigt werden. Die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken und Riffen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume sollen bei Verlegung und Betrieb von Seekabeln ebenfalls vermieden werden. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Durch diese Regelungen werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für Seekabel im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.4 Wissenschaftliche Meeresforschung**

Zur Sicherung bestehender Langzeitforschungsreihen im Bereich der Fischereiforschung, werden Vorbehaltsgebiete festgelegt. Damit sollen diese Gebiete von Nutzungen frei gehalten werden, welche die Langzeitforschungsreihen entwerten könnten. Da es hier um die Sicherung des Bestandes geht, haben die Gebietsfestlegungen gegenüber dem Ist-Zustand und der Nullvariante keine weiteren Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der wissenschaftlichen Forschung. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse meereswissenschaftlicher Forschung zur möglichst flächendeckenden Erklärung ökosystemarer Zusammenhänge fortlaufend erfasst und somit eine wichtige Grundlage zu einer nachhaltigen Entwicklung der AWZ geschaffen werden. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Hierdurch sind werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Die Festlegung der Vorbehaltsgebiete für wissenschaftliche Forschung im Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee führt dazu, dass sich bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter besser einschätzen lassen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die wissenschaftliche Forschung im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

## 4.5 Offshore-Windenergie

Die besonderen Eignungsgebiete „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ werden nach Einbeziehung weiterer Belange und abschließender Abwägung auf Ebene der Raumordnung als Vorranggebiete für Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen, wie es auch § 18a Abs. 3 Satz 2 ROG 1998 vorsieht. Für die Bewertung der Vorranggebietsfestlegungen wird von einer vollständigen Bebauung der Gebiete ausgegangen. Dabei ist hinsichtlich möglicher erheblicher Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu berücksichtigen, dass bereits vor Inkrafttreten des Raumordnungsplans Windenergieparks in den Vorranggebieten genehmigt worden sind (siehe auch Kapitel 3.1.5).

### 4.5.1 Boden und Wasser

Die Offshore-Windenergie hat im Hinblick auf die Schutzgüter Boden und Wasser eine lokale Umweltauswirkung. Während der Boden (Sediment) nur im unmittelbaren Nahbereich permanent durch das Einbringen der Gründungselemente und parkinternen Verkabelung betroffen ist, wird das Schutzgut Wasser temporär im Umfeld der Anlagen durch verhältnismäßig geringe Strömungsverwirbelung, Dämpfung des Seegangs und Bildung von bodennahen Trübungsfahnen beeinflusst. Die Auswirkungen der Anlagen auf die Strömung sind gering und lokal auf das Nahfeld begrenzt. Da die Vorranggebiete "Kriegers Flak" und "Westlich Adlergrund" im direkten Ausbreitungsweg des salzreichen Bodenwassers liegen, könnten die Unterwasserkonstruktionen der OWEA bei mittelstarken Einstromereignissen durch erhöhte Reibung mit der Strömung zu einer erhöhten Vermischung von Oberflächen- und Bodenwasser und somit zu einer Verdünnung des Bodenwassers führen. Dieses nunmehr leichtere Bodenwasser würde sich auf seinem weiteren Weg in die tieferen Becken der Ostsee etwas höher in der Wassersäule einschichten und somit in geringerem Maße zur Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers beitragen. Im Bereich der Vorranggebiete liegen die charakteristische Tiefe der oberen Grenzfläche solcher mittelstarker Salzwasserzungen bei 25 m. Anlagen, die in geringeren Tiefen errichtet werden, dürften daher einen relativ geringen Einfluss auf die Salzwasstransformation des einströmenden Wassers haben. Bei starken Salzwassereintrüben kann die Grenzfläche zwar deutlich höher liegen, jedoch kann es wegen der großen Mengen an Salzwasser nur zu insignifikanter Verdünnung des Bodenwassers kommen. Mit einem möglichen Einfluss ist zudem erst bei einem massiven Ausbau von Offshore-Windparkprojekten zu rechnen (BURCHARD und LASS, 2004), was jedoch im Rahmen der Festlegungen des Raumordnungsplans nicht möglich ist.

Modelluntersuchungen von BURCHARD et al. (2005) haben darüberhinaus ergeben, dass der überwiegende Teil des über die Drogdenschwelle einströmenden Wassers im Uhrzeigersinn um das „Kriegers Flak“ fließt. Daraus folgt nach Einschätzung des IOW, das im Rahmen des vom BMU geförderten Forschungsprojektes QuantAs-Off<sup>13</sup> Untersuchungen über den möglichen Einfluss von OWEA auf Salzwassereintrüben in der Arkonasee durchführt, dass der in der deutschen AWZ liegende Bereich der Ostsee noch geringere Bedeutung für die Salzwassereintrüben hat, als bislang veröffentlichte Beobachtungen und Modellergebnisse es nahe legen.

---

<sup>13</sup> Quantifizierung von Wassermassen-Transformationen in der Arkona-See: Über die Auswirkungen von Offshore-Windparks.

Für die Festlegungen der Vorranggebiete zur Nutzung von Offshore-Windenergie ist neben den oben dargestellten geringen Auswirkungen von keinen weiteren Wirkungen auf die Schutzgüter Wasser und Sediment auszugehen.

Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten werden negative Auswirkungen auf Wasser und Boden vermindert, indem die für die Errichtung von OWEA in Frage kommenden Gebiete reduziert werden.

Der nach Aufgabe der Nutzung vorgesehene Rückbau von Windenergieanlagen führt zu einer positiven Wirkung insbesondere in Bezug auf das Schutzgut „Wasser“, da die räumlich eng begrenzten Änderungen in Strömungsfeld und Seegang aufgehoben werden. Ferner wird die durch die Gründung von baulichen Anlagen hervorgerufene kleinräumige Sedimentverdichtung rückgängig gemacht.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Boden und Wasser zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.5.2 Phyto- und Zooplankton**

Die Festlegung der Vorranggebiete für Windenergie "Kriegers Flak" und "Westlich Adlergrund" wird keine erheblichen Auswirkungen auf Phyto- und Zooplankton haben.

#### **4.5.3 Benthos**

Die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das marine Makrozoobenthos wurden im Kapitel 3.4.1.4 diskutiert und eingeschätzt.

Während der Bauphase treten durch die Sedimentaufwirbelungen und die Ausbildung von Trübungsfahnen regionale Individuenverluste auf, die kurzfristig durch eine Wiederbesiedlung ausgeglichen werden können. In Teilbereichen der beiden Vorranggebiete können die Belastungen auch mittelfristig sein, denn Im Vorranggebiet „Kriegers Flak“ siedelt im nördlichen Teil auf regional isolierten Geröll- und Steinhabitaten ein ökologisch bedeutsamer Benthosbestand mit ausgeprägten Muschelbänken und im Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“ ist im südöstlichen Teil ein Lebensraumtyp „Riff“ im Sinne der FFH-Richtlinie mit Muschelbänken vorhanden. Bauliche Eingriffe führen zu Beeinträchtigungen über die Bauzeit hinaus, da für die hier vorkommenden langlebigen Muschelarten Regenerationszeiten von 5 – 10 Jahren als realistisch angesehen werden. Diese Gefährdung kann in beiden Vorranggebieten vermieden werden, indem OWEA-Standorte so geplant werden, dass ein ausreichender Abstand zu den dortigen Stein- und Blockvorkommen bzw. Muschelbänken gewährleistet ist. Anlagebedingt gehen durch Überbauung regional und dauerhaft Siedlungsräume für das Benthos verloren. Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten sowie einer möglichst flächensparenden Anordnung der einzelnen OWEA in den Festlegungen für die Windenergie wird einem Verlust weiterer Siedlungsräume entgegen gewirkt. Allerdings wird durch die Fundamente und den Kolkenschutz auch neuer Siedlungsraum geschaffen, der kleinräumig Auswirkungen auf die natürlicherweise vorkommenden Benthosgemeinschaften haben kann. Dies gilt besonders für die Weichbodengemeinschaften. Betriebsbedingt ist mit kleinräumigen und permanenten Auswirkungen geringer Intensität zu rechnen.

Die mit dem Betrieb der parkinternen Verkabelung möglicherweise verbundene Erwärmung des Sediments wird bei den kurzen Strecken innerhalb des Parks voraussichtlich keine Auswirkungen auf die benthischen Lebewesen haben. Zum einen wird der widerstandsbedingte

Verlust des Stroms aufgrund der kurzen Strecken bis zur Umspannstation sehr gering sein und zum anderen wird auch durch die Zusammenfassung nur einiger OWEA zu (Kabel-) Gruppen nicht annähernd die Kapazität erreicht, wie durch das stromabführende Kabel für einen gesamten Windpark mit 80 OWEA. Die mit dem Betrieb der parkinternen Verkabelung verbundene Erwärmung der Umgebung wird daher bei der vorzuziehenden Variante der Drehstromübertragung und vollständiger Überdeckung als vernachlässigbar angesehen.

Indirekt kann die Festlegung auch positive Effekte für die Benthoslebensgemeinschaften haben, da innerhalb der Offshore-Windenergieparks eine Schleppnetzfischerei nur eingeschränkt möglich sein wird. Dies kann zu einer lokalen Verbesserung der Lebensbedingungen benthischer Arten führen, die empfindlich gegenüber dem Einfluss der Schleppnetzfischerei sind. Hierbei werden besonders Effekte für langlebige Arten erwartet (SCHOMERUS et al., 2006). Nach RUMOHR (2003) könnte dadurch ein Großteil der Rote-Liste-Arten positiv beeinflusst werden.

Für beide Vorranggebiete gilt gleichermaßen, dass durch den Bau, die Anlage, den Betrieb und den Rückbau der Windenergieanlagen im Vorranggebiet keine erheblichen Auswirkungen (siehe Tabelle 41) auf Populationsebene zu erwarten sind, da wegen der meist schnellen Regenerationsfähigkeit der meisten vorkommenden Populationen von Benthosorganismen mit kurzen Generationszyklen und ihrer weiträumigen Verbreitung in der Ostsee eine schnelle Wiederbesiedlung sehr wahrscheinlich ist.

Tabelle 39: Zusammenfassung der Auswirkungen und ihrer Bewertung

Vorranggebiet	Bedeutung	Auswirkungen	Bewertung
Westlich Adlergrund	Hoch aufgrund des Artenreichtums, der seltenen Reliktarten und der Anzahl an Rote Liste-Arten	Baubedingt: regionale, temporäre, geringe bis mittlere Belastung	Unerheblich
		Anlagebedingt: regionale, permanente, geringe bis mittlere Belastung	Unerheblich
		Betriebsbedingt: regionale, permanente, geringe Belastung	Unerheblich
Kriegers Flak	Hoch aufgrund des Artenreichtums, der seltenen Reliktarten und der Anzahl an Rote Liste-Arten	Baubedingt: regionale, temporäre, geringe Belastung	Unerheblich
		Anlagebedingt: regionale, permanente, geringe Belastung	Unerheblich
		Betriebsbedingt: regionale, permanente, geringe Belastung	Unerheblich

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Benthos zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### 4.5.4 Fische

In den beiden Vorranggebieten für Windenergienutzung sind die habitattypischen Fisch-Lebensgemeinschaften vorhanden. Die pelagische Fischgemeinschaft, vertreten durch Hering, Sprotte und Meerforelle wurde ebenso nachgewiesen wie die demersale Fischgemeinschaft,



bestehend aus großen Fischarten wie Dorsch, Scholle, Flunder und Kliesche. Zusätzlich konnten verschiedene Kleinfischarten wie Grundeln und Sandaale nachgewiesen werden. Daher gilt für beide Vorranggebiete gleichermaßen, dass durch den Bau, die Anlage, den Betrieb und den Rückbau der Windenergieanlagen keine erheblichen Auswirkungen auf Populationsebene zu erwarten sind.

Während der Bauphase treten durch die Sedimentaufwirbelungen und die Ausbildung von Trübungsfasern kurzfristige Individuenverluste durch Scheuchwirkungen auf. Weiterhin kann regional eine temporäre Schädigung von Fischlaich und -larven auftreten. Die baubedingten Lärmimmissionen sind ebenfalls regional und temporär. Anlagebedingt ist mit regionalen, auf das Umfeld der OWEA beschränkten, aber permanenten Lebensraumverlusten durch die Überbauung mit OWEA, Umspannplattform und Kolkenschutz zu rechnen. Im Betrieb geht von den Anlagen keine Gefährdung für die Fische aus. Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten sowie die angestrebte möglichst flächensparende Anordnung der einzelnen OWEA in den Festlegungen für die Windenergie werden negative Auswirkungen auf das Schutzgut Fische vermindert, indem die für die Errichtung von OWEA in Frage kommenden Gebiete reduziert werden.

Indirekt kann die Festlegung auch positive Effekte für die Fischgemeinschaften haben, da innerhalb der Offshore-Windenergieparks eine Schleppnetzfisherei nur eingeschränkt möglich sein wird. Die Vorranggebiete zur Energiegewinnung können daher zu Rückzugsgebieten für Fische werden, sofern die entsprechenden Arten nicht durch Betriebsgeräusche abgeschreckt werden. Durch die anzunehmende Besiedlung der Anlagen mit Bewuchs von Algen und Muscheln wird in allen bisher bekannten Untersuchungen eine Erhöhung der lokalen Biomasse prognostiziert, die zu einer Erhöhung der Artenvielfalt führen kann.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Fische zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.5.5 Marine Säugetiere**

Die Auswirkungen der OWEA auf marine Säugetiere durch die Festlegung der zwei Vorranggebiete werden voraussichtlich insgesamt unerheblich sein. Dies gilt auch bei kumulativer Betrachtung.

Funktion und Bedeutung von Teilgebieten der deutschen AWZ der Ostsee für Schweinswale werden nach aktuellem Kenntnisstand aus den Projekten MINOS, MINOS+ und aus zahlreichen Umweltverträglichkeitsstudien eingeschätzt.

Durch die Ausschlusswirkung in Natura 2000-Gebieten und mit der Festlegung von zwei Vorranggebieten für Offshore-Windenergie an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten werden negative Auswirkungen auf marine Säugetiere vermindert. Etwaige Habitatverluste werden reduziert. Auf Grund der Ausschlusswirkung werden etwaige Barriereeffekte bei der Wanderung mariner Säugetiere vermieden und Gebiete mit besonderer Bedeutung als Nahrungs- und Aufzuchtgrund von weiteren Planungen ausgespart. Darüber hinaus wurden zum Schutz der Meeresumwelt Festlegungen hinsichtlich der Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik getroffen. In diesem Zusammenhang sind auf Zulassungsebene u.a. Regelungen zur Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von OWEA auf marine Säugetiere. In Form von Maßgaben zur Schallminimierung zu treffen, die auch eine Koordinierung der Bauarbeiten bei gleichzeitig errichteten Projekten vorsehen kann. Dieses entspricht der aktuellen Genehmigungspraxis.

Auf der Basis der funktionsabhängigen Bedeutung der Vorranggebiete für Schweinswale, der getroffenen Regelungen im Raumordnungsplan und insbesondere der Maßgaben zur Reduzierung der Schalleinträge werden in Tabelle 42 die Auswirkungen von OWEA eingeschätzt.

Tabelle 40: Einschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Schweinswale in Bezug zur Funktion und Bedeutung der Vorranggebiete

Auswirkungen	Vorranggebiet	Funktion	Bedeutung	Einschätzung
<b>Bauphase</b> (regionale, temporäre mittlere bis hohe Belastung)	Kriegers Flak	Durchzugsgebiet	Gering	Unerheblich
		Nahrungsgrund	Gering	Unerheblich
		Aufzuchtsgrund	Gering	Unerheblich
	Westlich Adlergrund	Durchzugsgebiet	Mittel	Unerheblich
		Nahrungsgrund	Mittel	Unerheblich
		Aufzuchtsgrund	Gering	Unerheblich
<b>Betriebsphase</b> (regionale permanente geringe Belastung)	Kriegers Flak	Durchzugsgebiet	Gering	Unerheblich
		Nahrungsgrund	Gering	Unerheblich
		Aufzuchtsgrund	Gering	Unerheblich
	Westlich Adlergrund	Durchzugsgebiet	Mittel	Unerheblich
		Nahrungsgrund	Mittel	Unerheblich
		Aufzuchtsgrund	Gering	Unerheblich

Direkte Störungen mariner Säugetiere auf Individuenebene durch Schallemissionen in der Konstruktionsphase, insbesondere während der Rammarbeiten, sind regional und zeitlich begrenzt zu erwarten. Aufgrund der hohen Mobilität der Tiere und der o.g. Maßgaben zur Vermeidung und Verminderung von intensiven Schallemissionen können j erhebliche Auswirkungen mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies gilt auch unter dem Aspekt, dass die Schifffahrt Auswirkungen auf stöempfindliche marine Säuger haben könnte, da diese Auswirkungen nur sehr kurz und lokal wirken. Mit der Entstehung von Sedimentfahnen ist weitgehend auf lokaler und zeitlich begrenzter Ebene zu rechnen. Ein Habitatverlust für marine Säugetiere könnte dadurch lokal und zeitlich begrenzt auftreten. Auswirkungen durch Sediment- und Benthosveränderungen sind für marine Säugetiere unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen überwiegend in der Wassersäule in weit ausgedehnten Arealen suchen. Auswirkungen auf die Populationsebene sind nicht bekannt und aufgrund von überwiegend kurzfristigen und lokalen Effekten in der Konstruktionsphase eher unwahrscheinlich.

Erhebliche Auswirkungen der OWEA in der Betriebsphase auf marine Säugetiere können ebenfalls mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Sollte sich das Benthosartenspektrum im Bereich der OWEA verändern, so würde die Veränderung möglicherweise Fische und dann auch vermehrt marine Säuger anlocken.

Alle bisherige Erkenntnisse über Auswirkungen des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere, insbesondere Schweinswale, beziehen sich auf die Individuenebene. Auswirkungen auf Populationsebene sind noch weitgehend unbekannt. Nach aktuellem Kenntnisstand sind Auswirkungen auf Populationsebene jedoch nicht zu erwarten.

Zusammenfassend gilt, dass die Festlegung von Vorranggebieten außerhalb von Hauptnahrungs- und Aufzuchtsgebieten für Schweinswale mittelbar dem Schutz der Art dient. Gleichzeitig werden durch den Ausschluss von Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten Gefährdungen von Schweinswalen in wichtigen Nahrungs- und Aufzuchtgründen vermieden. Für Seehunde und Kegelrobben führen die Gebietsfestlegungen ebenfalls zu keinen negativen Auswirkungen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Übernahme der besonderen Eignungsgebiete für

Offshore-Windenergie „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ in den Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee auch unter grenzüberschreitender Betrachtung keine erheblichen Auswirkungen auf marine Säugetiere zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### 4.5.6 Seevögel

Die Auswirkungen von OWEA auf Seevögel, insbesondere Arten des Anhangs I der VRL, in den Vorranggebieten werden voraussichtlich insgesamt unerheblich sein. Dies gilt auch bei kumulativer Betrachtung. Für Brutvögel haben die Vorranggebiete, aufgrund der Entfernung zur Küste und den Inseln mit den Brutkolonien als Nahrungsgrund, keine Bedeutung.

Funktion und Bedeutung von Teilgebieten der deutschen AWZ der Ostsee für Seevögel wurden in Kapitel 2.8 nach aktuellem Kenntnisstand auf der Basis der Erkenntnisse aus den Projekten MINOS und MINOS+ sowie aus zahlreichen Umweltverträglichkeitsstudien eingeschätzt. Auswirkungen von OWEA auf Rastvögel generell wurden unter 3.7.1.4 diskutiert und ihre artspezifische Erheblichkeit, u.a. mit Hilfe des WSI-Indexes, in Relation zur gebietspezifischen Funktion und Bedeutung eingeschätzt.

Auf Grund der Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten und der Festlegung der zwei Vorranggebiete für Offshore-Windenergie an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten werden negative Auswirkungen auf die Seevögel vermindert, indem Habitatverluste reduziert werden. Gleichzeitig werden Gebiete mit besonderer Bedeutung als Nahrungsgrund von weiteren Planungen bzw. Errichtungen von Offshore-Windparks ausgespart bzw. etwaige Barriereeffekte vermieden..

Es wurde zudem darauf geachtet, dass die Vorranggebiete nicht im Weg zwischen Brutkolonien und Nahrungsgründen oder zwischen wichtigen Nahrungsgründen liegen. Barriereeffekte bei der Nahrungssuche der Vögel werden so vermieden. Darüber hinaus wurden Festlegungen hinsichtlich der Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik getroffen. In diesem Zusammenhang sind auf Zulassungsebene u.a. Regelungen zur Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von WEA auf Seevögel insbesondere in Form von Maßgaben zur Minimierung von Schadstoff- und Lichtimmissionen zu treffen. Dieses entspricht der aktuellen Genehmigungspraxis.

Auf Basis der funktionsabhängigen Bedeutung der Vorranggebiete für Seevögel, der getroffenen Regelungen im Raumordnungsplan und der o.g. zu treffenden Maßgaben zur Vermeidung negativer Auswirkungen werden in Tabelle 43 die Auswirkungen von OWEA auf See- und Rastvögel nach Anhang I der VRL und auf Arten, die in der deutschen AWZ häufig vorkommen (Kap. 2.9 und Kap. 3.7.1.4) eingeschätzt.

Tabelle 41: Bewertung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen für Seevögel im Bezug zur Funktion und Bedeutung der Vorranggebiete

Auswirkungen	Vorranggebiet	Funktion	Bedeutung	Einschätzung
Bauphase (lokale, temporäre Auswirkungen mittlerer bis hoher Intensität)	Kriegers Flak	Rasthabitat	Gering	Unerheblich
		Nahrungshabitat	Gering	Unerheblich
		Überwinterungs-Habitat	Gering	Unerheblich
		Ausweichhabitat	Gering	Unerheblich
	Westlich Adlergrund	Rasthabitat	Mittel	Unerheblich
		Nahrungshabitat	Mittel	Unerheblich

		Überwinterungs-Habitat	Gering	Unerheblich
		Ausweichhabitat	Gering	Unerheblich
<b>Betriebsphase</b> (anlagenbedingte regionale, permanente Auswirkungen)	Kriegers Flak	Rasthabitat	Gering	Unerheblich
		Nahrungshabitat	Gering	Unerheblich
		Überwinterungs-Habitat	Gering	Unerheblich
		Ausweichhabitat	Gering	
	Westlich Adlergrund	Rasthabitat	Mittel	Unerheblich
		Nahrungshabitat	Mittel	Unerheblich
		Überwinterungs-Habitat	Gering	Unerheblich
		Ausweichhabitat	Gering	Unerheblich

Direkte Störungen von rastenden und nahrungssuchenden Vögeln auf Individuenebene in der Bauphase, insbesondere während der Rammarbeiten, sind lokal und zeitlich begrenzt zu erwarten. Aufgrund der hohen Mobilität der Vögel und der Maßgaben zur Vermeidung und Verminderung von intensiven Störungen können erhebliche Auswirkungen jedoch mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Mit der Entstehung von Sedimentfahnen ist weitgehend lokal und ebenfalls zeitlich begrenzt zu rechnen. Ein Habitatverlust für Seevögel könnte dadurch bedingt ebenfalls lokal und zeitlich begrenzt auftreten. Auswirkungen durch Sediment- und Benthosveränderungen sind für See- und Rastvögel in den Vorranggebieten unerheblich, da diese ihre Beuteorganismen überwiegend in der Wassersäule in weit ausgedehnten Arealen suchen. Auswirkungen auf der Populationsebene sind nicht bekannt und aufgrund von überwiegend kurzfristigen und lokalen Effekten in der Bauphase eher unwahrscheinlich.

Erhebliche Auswirkungen der Offshore-Windenergieanlagen in der Betriebsphase in den festgelegten Vorranggebieten auf rastende und nahrungssuchende Vögel können ebenfalls mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies gilt auch unter dem kumulativen Aspekt, dass die Schifffahrt zwar Auswirkungen auf stöempfindliche Seevögel hat, diese Auswirkungen aber nur sehr kurz und lokal wirken. Sollte sich das Benthosartenspektrum im Bereich der OWEA verändern, so würde die Veränderung möglicherweise Fische und dann auch Prädatoren wie Seevögel verstärkt anlocken.

Alle bisherigen Erkenntnisse über Auswirkungen des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel beziehen sich auf die Individuenebene. Auswirkungen auf Populationsebene sind noch weitgehend unbekannt. Nach aktuellem Kenntnisstand sind jedoch Auswirkungen auf die Populationsebene einzelner Arten mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen. Hinderungsgründe für die Entwicklung von Offshore-Windparks in den Vorranggebieten für Windenergie bestehen daher auch unter Berücksichtigung weiterer bereits genehmigter Projekte hinsichtlich der Beeinträchtigung von Populationen einzelner Seevogelarten nicht.

Zusammenfassend gilt, dass die Festlegung von Vorranggebieten außerhalb von Hauptnahrungs- und Hauptrasthabitaten für Vogelarten nach Anhang I VRL und gefährdete Arten mittelbar dem Schutz der Arten dient. Gleichzeitig werden durch den Ausschluss neuer Vorhaben für Offshore-Windenergie innerhalb der Natura 2000-Gebiete Gefährdungen von Seevögeln in wichtigen Nahrungs- und Rasthabitaten vermindert.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Seevögel zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### 4.5.7 Zugvögel

Die Auswirkungen von OWEA auf Zugvögel wurden im Kapitel 3.8.1.4 diskutiert und eingeschätzt. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass von Offshore-Windenergieparks in den beiden Vorranggebieten „Westlich Adlergrund“ und „Kriegers Flak“ keine Gefährdung des Vogelzugs zu erwarten ist. Eine Gefährdung ergibt sich auch nicht aufgrund etwaiger kumulativer Auswirkungen.

Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten und die Festlegung von Vorranggebieten zur Windenergiegewinnung in aus ökologischer Sicht geeigneten Gebieten werden negative Auswirkungen auf Zugvögel vermindert, indem Barrierewirkungen reduziert werden. Für den Fall einer etwaigen Festlegung zusätzlicher Gebiete für die Windenergie beabsichtigt der Raumordnungsplan, dass Windparks großräumig so angeordnet werden sollen, dass Barrierewirkungen in Bezug auf den Vogelzug auch weiterhin minimiert werden können.

Die beiden Hauptkonflikte für Zugaktivitäten sind Kollisionsrisiken mit den einzelnen OWEA und eine Barrierewirkung infolge der flächenhaften Wirkung eines Offshore-Windenergieparks. Das Konfliktpotenzial beider Aspekte wird durch eine Höhenbegrenzung für OWEA, die in Sichtweite von Inseln und der Küste errichtet werden, auf eine Nabenhöhe von 125 m über NN, die zur Minimierung etwaiger Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes festgelegt wird, weiter reduziert.

Bei der Betrachtung des Vogelschlagrisikos sind die Hauptzugrichtungen zu berücksichtigen. Nach derzeitigem Kenntnisstand ziehen die Nachtzieher unter den Zugvögeln hauptsächlich von N nach S im Breitfrontzug über die Ostsee. Viele am Tag ziehende Arten nutzen Zugkorridore wie z. B. die Vogelfluglinie von Falsterbo kommend nach Fehmarn. Unter den Wasservögeln ist allerdings auch ein küstenorientierter Ost-West-Zug und umgekehrt verbreitet. Unter dieser Annahme ist es vorstellbar, dass die von Ost nach West ziehenden Arten auf beide Vorranggebiete für Windenergie treffen könnten. Diese zu betrachteten Gebiete befinden sich in ausreichender Entfernung zueinander. Der räumliche Abstand zwischen diesen Gebieten ist so groß, dass ausreichend Platz zum Umfliegen bleibt.

Kumulative Auswirkungen der in den Vorranggebieten geplanten Offshore-Windparks könnten darüber hinaus zu einer Verlängerung des Zugweges für die ziehenden Vögel führen. Durch eine mögliche Barrierewirkung von Windenergieanlagen könnte der Zugweg erheblich umgelenkt und damit verlängert werden. Es ist bekannt, dass Windenergieparks von Vögeln vermieden, das heißt, horizontal umflogen oder überflogen werden. Dieses Verhalten wurde neben Beobachtungen an Land ebenfalls im Offshore-Bereich nachgewiesen (z.B. KAHLERT et al., 2004). Seitliche Ausweichreaktionen sind offenbar die häufigste Reaktion (HORCH und KELLER, 2005). Dabei traten Ausweichreaktionen in unterschiedliche Richtungen auf, ein Umkehrzug wurde aber nicht festgestellt (KAHLERT et al., 2004).

Das Vorranggebiet „Kriegers Flak“ erstreckt sich in Ost-West-Richtung über 9 km sowie in Nord-Süd-Richtung über ca. 9 km und das Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“ erstreckt sich in Ost-West-Richtung über ca. 10 km und in Nord-Süd-Richtung über ca. 13 km. Demzufolge wäre für die Zugvögel, die beide Vorranggebiete umfliegen müssten, ein maximaler Umweg von ca. 50 km möglich. Davon betroffen wären allerdings nur diejenigen Arten, die von Osten kommend das Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“ nördlich umfliegen und dann ihre Zugrichtung beibehalten. Berücksichtigt man, dass sich die Nonstop-Flugleistungen des Großteils der Zugvogelarten in Größenordnungen von über 1000 km (BERTHOLD, 2000) bewegen, ist nicht damit zu rechnen, dass der gegebenenfalls benötigte Mehrbedarf an Energie durch einen maximal erforderlichen Umweg von ca. 100 km zu einer Gefährdung des Vogelzuges führen würde. Bestätigt wird dies durch Ergebnisse eines F+E-Vorhabens zur Entwicklung geeigneter Analyse- und Bewertungsmethoden von kumulativen Auswirkungen von OWEA auf den Vogelzug (HÜPPOP et al., in Vorb.). Anhand von dreizehn überwiegend nachts ziehenden Singvogelarten, worunter Kurz-, Mittel- und Langstreckenzieher sind, untersuchten HÜPPOP et

al. die konditionellen Voraussetzungen, mit denen diese die Deutsche Bucht überqueren. Im Ergebnis zeigt sich, dass Kurz- bis Mittelstreckenzieher mit durchschnittlich geringeren Körperreserven ausgestattet und daher von potenziellen Barriereeffekten vermutlich stärker betroffen sind als Langstreckenzieher. Für eine durch Barriereeffekte um ca. 110 km verlängerte Zugstrecke über See (bei Windstille) berechneten die Autoren einen Verlust an Körperreserven, der bei ausbleibender Kompensation (zusätzliche Rast von 1 bis 2 Tagen) eine geringere Reproduktionsleistung zur Folge haben könnte. Die Autoren gehen also lediglich von einer potenziell geringeren Reproduktionsleistung aus, die allerdings noch kompensiert werden kann. Von einer Mortalitätserhöhung der ziehenden Vögel selbst ist nicht die Rede.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden prognostischen Kernaussagen festhalten:

- Spezielle Zugkorridore sind für tagziehende Zugvogelarten im Bereich der AWZ der Ostsee außerhalb der Vorranggebiete vorhanden. Der Nachtzug erfolgt im Breitfrontzug von Nord nach Süd bzw. umgekehrt.
- Unter normalen, von den Zugvogelarten bevorzugten Zugverhältnissen lassen sich bisher für keine Art Hinweise darauf finden, dass die Vögel ihren Zug typischerweise im Gefahrenbereich der Anlagen einschließlich der Rotoren der OWEA durchführen und/oder diese Hindernisse nicht erkennen und nicht ausweichen. Gefahren entstehen potenziell bei unerwartet aufkommenden schlechten Wetterbedingungen.
- Ein etwaiges Umfliegen der Vorranggebiete lässt keinen erheblichen negativen Effekt auf die weitere Entwicklung der Populationen entstehen.

Die Betrachtung der vorhandenen Erkenntnisse über die Zugverhaltensweisen der verschiedenen Vogelarten, die üblichen Flughöhen und die tageszeitliche Verteilung des Vogelzugs lässt den Schluss zu, dass ein Großteil der ziehenden Vögel durch die Realisierung möglicher Vorhaben in den Vorranggebieten nicht betroffen sein wird und eine Gefährdung des Vogelzuges durch die Errichtung und den Betrieb der OWEA auch unter kumulativer Betrachtung der auf dem Zugweg liegenden, (in benachbarten AWZ) bereits errichteten oder in den Vorranggebieten geplanten Windenergieparks nicht eintreten wird. Es ist allerdings einzuräumen, dass diese Prognose nach dem bisherigen Stand von Wissenschaft und Technik unter Prämissen abgegeben wird, die noch nicht geeignet sind, die Grundlage für das Schutzgut auf befriedigende Weise abzusichern. Dieses ist auf Zulassungsebene zu regeln. Auf diese Weise kann eine Gefährdung des Vogelzuges dauerhaft mit der erforderlichen Sicherheit ausgeschlossen werden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Zugvögel zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.5.8 Fledermäuse**

Die Auswirkungen möglicher OWEA in den Vorranggebieten auf Fledermäuse, die möglicherweise über Meer ziehen, lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund von fehlenden adäquaten Erfassungsmethoden und Informationen nicht einschätzen.

Die Festlegung von Vorranggebieten in Entfernungen von mehr als 30 km vom Festland (Küstenlinie) lässt jedoch die Annahme zu, dass die in großen Konzentrationen entlang der Küste ziehenden Fledermäuse ungefährdet bleiben. Gleichzeitig werden durch den Ausschluss neuer Planungen für Offshore-Windenergie innerhalb der Natura 2000-Gebiete Gefährdungen von Fledermäusen weiter vermindert. Gefährdungen einzelner Individuen durch Kollisionen lassen sich nicht völlig ausschließen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Fledermäuse zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **4.5.9 Klima**

Negative Auswirkungen auf das Klima durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks in den Vorranggebieten für Windenergie werden nicht erwartet. Vielmehr ergeben sich durch den Ausbau des regenerativen Energieträgers Windenergie und der hierdurch möglichen Substitution fossiler Energieträger erhebliche Vorteile für das Klima. Es kann ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der in der "Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See" definierten Ausbauziele für die Offshore-Windenergie geleistet werden.

#### **4.5.10 Landschaftsbild**

Die Landschaft in den Vorranggebieten für Windenergie ist bisher dadurch geprägt, dass in der näheren Umgebung über der Wassersäule bis auf die Forschungsplattform FINO 2 und den Messmast Arkona Becken keine Bauten herausragen. Durch die Realisierung von Offshore-Windparks werden Auswirkungen auf das Landschaftsbild eintreten, da es durch die Errichtung vertikaler Strukturen verändert wird. Die Anlagen müssen zudem nachts oder bei schlechter Sicht aus Sicherheitsgründen befeuert werden, auch dadurch kann es zu optischen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes kommen.

Das Maß der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Windenergieanlagen ist stark abhängig von den jeweiligen Sichtverhältnissen, aber auch von subjektiven Empfindungen sowie der grundsätzlichen Einstellung des Betrachters zur Offshore-Windenergie als Form der erneuerbaren Energien. Die für das gewohnte Landschaftsbild an der Küste atypischen vertikalen Strukturen können teilweise als störend, teils aber auch als technisch interessant empfunden werden. In jedem Fall bewirken sie eine Veränderung des Landschaftsbildes. Hierdurch wird auch der Charakter des Gebietes grundlegend modifiziert.

Aufgrund der Entfernung der Vorranggebiete von mind. 30 km zur Küste werden die WEA, wie die Fotos und Visualisierungen zeigen (s. Kapitel 3.13.2; Abb. 74-77), nur sehr eingeschränkt wahrnehmbar sein und dies auch nur bei guten Sichtverhältnissen. Dies gilt auch hinsichtlich der nächtlichen Sicherheitsbefeuern.

Die mit Windenergieanlagen verbundenen Beeinträchtigungen werden dadurch gemindert, dass im Raumordnungsplan die Nabenhöhe der WEA, die in Sichtweite der Inseln und der Küste errichtet werden, auf 125 m über NN begrenzt wird. Zur Minimierung der Sichtbarkeit trägt ebenfalls bei, dass im Rahmen der Genehmigungen von Einzelprojekten standardmäßig ein blendfreier und reflexionsarmer Anstrich zur Auflage gemacht wird. Darüber hinaus trägt die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten (ca. 56% der Fläche der deutschen AWZ der Ostsee) dazu bei, dass weite Teile der AWZ frei von WEA bleiben.

Im Ergebnis ist die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch die Festlegung der Vorranggebiete zur Windenergiegewinnung als gering einzustufen.

#### **4.5.11 Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)**

Aufgrund der vorliegenden hydroakustischen Untersuchungen sowie nach Auswertung der Unterwasserhindernis-Datenbank liegen keine Erkenntnisse über Sachwerte oder kulturelles Erbe in den Vorranggebieten vor.

Sollten in Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Offshore-Windparks bei der vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsstudie und Baugrunderkundung kulturell bedeutsame Funde oder Sachwerte festgestellt werden, so sind geeignete Maßnahmen zu deren Erhaltung anzustreben. Hierfür wurde eine entsprechende textliche Festlegung getroffen.

### ***Zusammenfassung der Bewertungen im Hinblick auf die Festlegungen im Raumordnungsplan:***

Zusammenfassend gilt hinsichtlich der Offshore-Windenergie, dass die Festlegung von Vorranggebieten in vergleichsweise wenig sensiblen Bereichen in der AWZ mittelbar auch dem Schutz bestimmter Lebensgemeinschaften bzw. Arten dient. Gleichzeitig werden durch den Ausschluss neuer Vorhaben für Offshore-Windenergie innerhalb der Natura 2000-Gebiete Gefährdungen dieser Arten bzw. Habitatverluste vermindert.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik. Die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume sollen ebenfalls vermieden werden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend auch hinsichtlich etwaiger grenzüberschreitender Auswirkungen festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

## **4.6 Fischerei und Marikultur**

### **4.6.1 Fischerei**

Gebietsfestlegungen werden für die Fischerei nicht getroffen. Daher kann es hier zu keinerlei Veränderungen der Umweltauswirkungen gegenüber der Nullvariante kommen.

Aussagen trifft der Raumordnungsplan jedoch hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch die Fischerei unter Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik. Darüber hinaus sollen zur dauerhaften Sicherung der fischereilichen Nutzung die Fischbestände unter Berücksichtigung des von der EU-Kommission entwickelten Konzeptes des höchstmöglichen Dauerertrags möglichst nachhaltig bewirtschaftet werden. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Hierdurch werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Fischerei im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.



#### 4.6.2 Marikultur

Gebietsfestlegungen werden für die Marikultur nicht getroffen. Daher kann es hier zu keinerlei Veränderungen der Umweltauswirkungen gegenüber der Nullvariante kommen.

Aussagen trifft der Raumordnungsplan jedoch hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch die Marikultur unter Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik. Darüber hinaus sollen Anlagen für die Marikultur bevorzugt in Kombination mit bereits vorhandenen Installationen erfolgen. Hierdurch werden ebenfalls negative Auswirkungen auf die Schutzgüter im Vergleich zur Nichtdurchführung des Planes vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Marikultur im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### 4.7 Meeresumwelt

In den obigen Kapiteln 4.1 bis 4.6 sind die im Raumordnungsplan getroffenen räumlichen und textlichen Festlegungen zu bestimmten Nutzungen und ihre voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt beschrieben und bewertet worden. Diese Beschreibung und Bewertung ist auch für die Festlegungen zur Meeresumwelt durchzuführen.

Hinsichtlich der Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt gilt die Besonderheit, dass der Raumordnungsplan zum Schutz und zur Entwicklung der Meeresumwelt sowohl quellenbezogene Festlegungen bei den einzelnen Nutzungen (Kapitel 3.1 bis 3.6) als auch eigenständige textliche Festlegungen im Kapitel 3.7 (Meeresumwelt) vorsieht.

Die für die Meeresumwelt zu erwartenden, ausschließlich positiven Auswirkungen der quellenbezogenen Festlegungen sind bei den einzelnen Nutzungen im Kapitel 4 des Umweltberichts dargestellt worden, worauf verwiesen wird.

Die im Kapitel 3.7 des Raumordnungsplans formulierten textlichen Grundsätze zielen zum einen auf den Schutz und die Entwicklung der Meeresnatur sowie zum anderen auf die Sicherung der Meereslandschaft bzw. den Erhalt der großflächigen Freiraumstruktur ab. So soll die AWZ als Naturraum in ihren jeweiligen typischen, natürlichen Ausprägungen und mit ihren Austauschbeziehungen und Wechselwirkungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt dauerhaft gesichert und entwickelt werden. Die Naturgüter sollen dabei entsprechend der Leitvorstellung der Nachhaltigkeit sparsam und schonend in Anspruch genommen werden. Beeinträchtigungen des Naturhaushalts sollen unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips sowie des Ökosystemansatzes vermieden und vermindert werden. Auf dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen sollen die Funktionen des Naturhaushalts in ihrem ursprünglichen Zustand wiederhergestellt oder in einem den neuen Lebensverhältnissen angepassten Zustand eines neuen ökologischen Gleichgewichts in ihrer Leistungsfähigkeit gesichert werden.

Hinsichtlich der Meereslandschaft wird angestrebt, diese in ihrer natürlichen Eigenart zu sichern und ihre charakteristische großflächige Freiraumstruktur weitgehend zu erhalten. Die AWZ soll großflächig als ökologisch intakter Freiraum dauerhaft erhalten, entwickelt und in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Meeresböden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt (Biodiversität) und das Klima gesichert werden. Zudem soll der Freiraum von

Nutzungen, insbesondere von baulichen Anlagen, die vergleichbar auch an Land möglich wären, freigehalten werden. Dieses umfasst nicht die Nutzungen, die grundsätzlich auch an Land möglich sind, aber auf dem Meer besondere Standortvoraussetzungen finden.

Diese Grundsätze verfolgen einen integrativen Ansatz zum Schutz und zur Entwicklung der Meeresumwelt sowie zur Minimierung möglicher negativer Beeinträchtigungen durch bestimmte Nutzungen. Sie berücksichtigen sowohl den Nachhaltigkeitsgedanken als auch den ökosystemaren Ansatz mit seiner ganzheitlichen Betrachtungsweise sowie mögliche kumulative Auswirkungen, Wechselwirkungen und Austauschbeziehungen.

Vor diesem Hintergrund ist für die Gesamtheit der Schutzgüter mit positiven Auswirkungen auf die Meeresumwelt auf Grund der Festlegungen des Raumordnungsplans zur Meeresumwelt zu rechnen.

## **4.8 Wechselwirkungen der Nutzungen auf die Meeresumwelt**

### **4.8.1 Meeresumwelt**

Die Veränderungen von einzelnen Komponenten innerhalb der marinen Nahrungsketten hängen mit den Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen. Anthropogene Einflüsse und der Klimawandel steuern, neben der natürlichen Variabilität, die Veränderungen des Ökosystems.

Die Festlegungen im Raumordnungsplan greifen im wesentlichen bereits bestehende Nutzungen und genehmigte Planungen auf. Räumliche und/oder textliche Festlegungen zu Schifffahrt, Rohstoffgewinnung, Forschung sowie Fischerei werden daher keine neuen oder zusätzlichen negativen Auswirkungen auf die belebte Meeresumwelt haben. Weitergehende Regelungen trifft der Raumordnungsplan für die Windenergienutzung sowie für die Verlegung und den Betrieb von Seekabeln zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie. Es werden daher im Wesentlichen die Auswirkungen der Windenergienutzung einschließlich der Verlegung und des Betriebs von stromabführenden Seekabeln auf die belebte Meeresumwelt betrachtet.

Allgemein führen Auswirkungen auf ein Schutzgut zu verschiedenen Folge- und Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern. So besitzen Auswirkungen auf den Boden, den Wasserkörper oder die Luft meist auch Folgewirkungen für die belebten (biotischen) Schutzgüter in diesen Lebensräumen. Die unbelebten (abiotischen) Schutzgüter stellen somit hauptsächlich Übertragungsmedien dar, die aber auch direkt durch wirtschaftliche Aktivitäten beeinträchtigt werden können. Zum Beispiel können Schadstoffaustritte die Wasser- und/oder Sedimentqualität mindern und von den benthisch und pelagisch lebenden Organismen aus dem umgebenden Medium aufgenommen werden. Schallemissionen und Vibrationen werden ebenfalls über Sedimente, Wasser oder Luft weitergeleitet und können von den biotischen Schutzgütern wahrgenommen werden.

Die wesentliche Verflechtung der Schutzgüter besteht über die Nahrungsketten. Aus diesem Grund können sich von den Windenergieanlagen ausgelöste Veränderungen der Bestandsgrößen einzelner Arten und der Dominanzverhältnisse einer Lebensgemeinschaft auch auf andere Schutzgüter auswirken. Letztendlich sind in der Meeresumwelt die einzelnen Schutzgüter über vielfältige Beziehungen eng miteinander vernetzt, so dass diese komplexen, multi-kausalen Zusammenhänge nur vereinfacht dargestellt werden können. Die folgenden beschriebenen Wechselwirkungen stellen daher nur einen kleinen Ausschnitt dar.

#### *Sedimentumlagerung und Trübungsfahnen*

Während der Bauphase eines Windparks bzw. der Verlegung eines stromabführenden Kabels kommt es zu einer Vielzahl kleinräumiger Eingriffe in das Sediment und den Meeresboden. Sedimentumlagerungen und Trübungsfahnen werden die Folgen sein. Fische werden vor-

übergehend verscheucht. Das Makrozoobenthos und Makrophyten werden lokal überdeckt. Somit verändern sich kurzzeitig auch die Nahrungsbedingungen für benthosfressende Fische und für fischfressende Seevögel und Schweinswale (Abnahme des Angebotes an verfügbarer Nahrung).

#### *Geräuschemissionen*

Die stärkste Lärmemission wird wahrscheinlich durch das Rammen der Fundamente der OWEA hervorgerufen und kann wahrscheinlich zu zeitweiligen Fluchtreaktionen und einer temporären Meidung des Gebietes durch einige Fischarten, viele Seevogelarten sowie Meeressäuger führen. Großmäwen dagegen werden von den Bauaktivitäten angezogen. Eine Meidung störepfindlicher Seevögel würde allerdings das Vogelschlagrisiko mindern. Des Weiteren würde die mögliche Meidung von Windparks aufgrund betriebsbedingter Wirkfaktoren durch störepfindliche Vogelarten oder auch marine Säuger den Fraßdruck auf die Fischarten im Vorranggebiet verringern.

#### *Flächennutzung*

Mit dem Einbringen von Fundamenten kommt es zu einem Entzug von Besiedlungsfläche für die Benthoszönose, welche für die innerhalb der Nahrungspyramide folgenden Fische, Vögel und Meeressäuger eine potenzielle Verschlechterung der Nahrungsbasis zur Folge haben kann. Allerdings ist für benthosfressende Seevögel in tieferen Wasserbereichen keine Beeinträchtigung durch den Verlust von Nahrungsflächen durch die Flächenversiegelung gegeben, da das Wasser für einen effektiven Nahrungserwerb zu tief ist. Die möglichen Auswirkungen werden aufgrund der geringen Flächeninanspruchnahme kaum mess- und nachweisbar sein.

#### *Einbringung von künstlichem Hartsubstrat*

Die Einbringung von künstlichem Hartsubstrat (Fundamente, Mast, Umspannstation) führt lokal zu einer Veränderung der Bodenbeschaffenheit und der Sedimentverhältnisse (Veränderung des Schutzgutes Boden). Die Folge ist eine Änderung der Zusammensetzung des Makrozoobenthos. Nach KNUST et al. (2003, Seite 29) führt das Einbringen künstlichen Hartsubstrats in Sandböden zu einer Ansiedlung von zusätzlichen Arten, wobei sich insbesondere Filtrierer wie die Miesmuschel ansiedeln werden. Die Rekrutierung dieser Arten wird mit großer Wahrscheinlichkeit aus den natürlichen Hartsubstrathabitaten, wie oberflächlich anstehendem Geschiebemergel und Steinen, erfolgen. Damit ist die Gefahr einer negativen Beeinflussung der benthischen Sandbodengemeinschaften durch gebietsuntypische Arten gering. Allerdings gehen Siedlungsbereiche der Sandbodenfauna an diesen Stellen verloren.

Durch die Änderung der Artenzusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaft kann die Nahrungsgrundlage der Fischzönose am Standort beeinflusst werden (bottom-up Regulation). Monitoring-Untersuchungen der Betriebsphase des dänischen Offshore-Windenergieparks „Horns Rev“ zeigten eine Anreicherung des Nahrungsangebots für Fische durch die Einbringung von Hartsubstrat mit einer fast 60-fachen Zunahme der verfügbaren Biomasse (LEONHARD und PEDERSEN, 2005). Allerdings könnten dadurch bestimmte Fischarten angelockt werden, die wiederum durch Prädation den Fraßdruck auf das Benthos erhöhen und somit durch Selektion bestimmter Arten die Dominanzverhältnisse prägen (top-down Regulation). Weiterhin könnte der Bewuchs auf dem Hartsubstrat (Piles der OWEA) den benthosfressenden Meeresenten als eine neue Nahrungsquelle dienen.

Infolge veränderter Bestandsgrößen und –strukturen innerhalb der Fischzönose könnte wiederum die Nahrungsgrundlage der Meeressäuger oder der fischfressenden Vogelarten verändert werden. Sollte aufgrund der positiv veränderten Fischfauna in Offshore-Windenergieparks eine quantitative und eventuell qualitative Verbesserung der Nahrungsgrundlage für Schweinswale eintreten, wäre eine vermehrte Nutzung der Gebiete durch Schweinswale nicht auszuschließen.

#### *Nutzungs- und Befahrensverbot*

Der durch ein mögliches Befahrens- und Nutzungsverbot bedingte Wegfall der Fischerei im Bereich der Offshore-Windenergieparks wird zu einer Erhöhung des Bestandes sowohl bei fischereilichen Zielarten als auch bei den nicht genutzten Fischarten führen. Durch die verbesserten Wachstumsmöglichkeiten innerhalb dieser etwaigen fischereifreien Zone könnte eine Verschiebung im Längenspektrum dieser Fischarten stattfinden. Auch könnten sich Arten, die auf hohen Fischereidruck empfindlich reagieren, in diesem Raum ansiedeln. Im Falle einer Zunahme der Fischbestände ist eine Anreicherung des Nahrungsangebots für Schweinswale zu erwarten.

Weiterhin wird erwartet, dass sich eine von fischereilicher Aktivität ungestörte Makrozoobenthosgemeinschaft entwickeln wird. Dies könnte bedeuten, dass sich die Diversität der Artgemeinschaft erhöht, indem empfindliche und langlebige Arten der derzeitigen Epi- und Infauna bessere Überlebenschancen bekommen und stabile Bestände entwickeln.

Von einer Reduzierung der Fischerei können bestimmte Vogelarten, insbesondere Möwenarten direkt betroffen sein, die sich als Schiffsfolger zum großen Teil von Beifang ernähren und die in den drei Vorranggebieten bislang zu den dominanten Arten gehörten.

Bei Nichtdurchführung des Raumordnungsplans lässt sich nicht ausschließen, dass sich insbesondere durch wirtschaftliche Aktivitäten verursachte Veränderungen, negativ auf die belebte Meeresumwelt auswirken könnten.

Mit Durchführung des Raumordnungsplans für die AWZ der Ostsee besteht die Möglichkeit, Aktivitäten umweltverträglich zu gestalten. Es ist durch die quellenbezogenen Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt bei den o.g. Nutzungen und durch räumliche aber auch zeitliche Planung und Koordinierung der Aktivitäten davon auszugehen, dass sich bei Durchführung des Raumordnungsplans der Zustand der belebten Meeresumwelt eher positiv entwickelt.

Die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen innerhalb von Natura 2000-Gebieten und die Festlegung von Vorranggebieten für Windenergiegewinnung außerhalb von Gebieten mit herausragender Bedeutung für Vogelarten des Anhangs I der VRL und gefährdete Arten trägt mit dazu bei, eine Beeinträchtigung dieser Arten zu vermeiden.

Positiv ist zu vermerken, dass eine übergreifende Betrachtung im Raumordnungsplan unter Berücksichtigung etwaiger Wechselwirkungen aller bereits bestehenden und geplanten Nutzungen für die deutsche AWZ der Ostsee dazu führt, dass sich bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter besser einschätzen und ggf. prognostizieren lassen.

Auf der Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen im Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee keine erheblichen Auswirkungen durch Wechselwirkungen der Nutzungen auf die belebte Meeresumwelt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden können.

#### **4.8.2 Biologische Vielfalt**

Die „Biologische Vielfalt“ im Sinne des § 2 Abs.1 Nr. 8 BNatSchG umfasst die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten. Die Betrachtung der möglichen erheblichen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt durch die festgelegten Nutzungen im Raumordnungsplan erfolgt deshalb jeweils im Hinblick auf diese Teilaspekte unter Bezugnahme auf die Ausführungen zu den betrachteten biotischen Schutzgütern Plankton (Phyto- und Zooplankton), Benthos, Fische, Vögel (See-, Rast- und Zugvögel) und marine Säuger.

Bei den im Raumordnungsplan behandelten Nutzungen in der AWZ Schifffahrt, Rohstoffgewinnung, Rohrleitungen und Seekabel wissenschaftliche Meeresforschung, Offshore-Windenergie sowie Fischerei und Marikultur sind folgende Ursachen für etwaige Auswirkungen auf die biologische Vielfalt denkbar, wobei eine Vielzahl durch raumordnerische Festlegungen nur mittelbar oder gar nicht beeinflusst werden können:

- Akustische und visuelle Belastungen
- Öleinträge
- Emissionen
- Eintrag von toxischen Stoffen
- Einschleppung gebietsfremder (exotischer) Arten
- Substratentfernung und Veränderung der Bodentopographie
- Veränderung hydrographischer Verhältnisse
- Trübungsfahnen
- Remobilisation chemischer Stoffe
- Sedimentation und Übersandung
- Sedimenterwärmung.

Sowohl temporäre als auch permanente akustische und visuelle Belastungen, die von einer Reihe von Nutzungen ausgehen können, führen zwar bezüglich der Schutzgüter Fische, Vögel und marine Säuger zu Beeinträchtigungen einzelner Arten, aber Auswirkungen auf die biologische Vielfalt sind derzeit nicht vorstellbar, da ein Verlust von Arten nicht zu erwarten ist. Selbiges gilt für Öleinträge und Emissionen, obwohl es hierbei unter Umständen zu lokalen Individuenverlusten einzelner Arten sowie zu Verschiebungen der Abundanzverhältnisse innerhalb von Lebensgemeinschaften kommen kann.

Durch die Einschleppung gebietsfremder Arten sind Auswirkungen möglich, denn bei einer dauerhaften Etablierung dieser Arten können einheimische Arten dauerhaft verdrängt werden. Die Folgen hinsichtlich der biologischen Vielfalt sind Änderungen in der Artzusammensetzung und des Genpools. Ob es insgesamt gesehen zu einem Verlust der Artendiversität bzw. der genetischen Vielfalt kommt, ist zur Zeit nicht abschätzbar, ist allerdings unabhängig von der Raumordnung.

Die Substratentfernung und Veränderung der Bodentopographie und hydrographischer Verhältnisse gehen vor allem auf die Rohstoffgewinnung, Offshore-Windenergie und Fischerei zurück und sind in der Regel lokal begrenzt. Eine Auswirkung auf die biologische Vielfalt der AWZ ist auch hierbei eher unwahrscheinlich. Das gleiche gilt auch für die Trübungsfahnen und etwaige Remobilisation chemischer Stoffe, die zudem auch noch nur temporär sind. Bei der Sedimentation und Übersandung sowie der Sedimenterwärmung handelt es sich ebenfalls nur um lokale Beeinträchtigungen.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass mit Nutzungen, die im Rahmen eines Raumordnungsplans festgelegt werden, auch Auswirkungen auf die biologische Vielfalt des betrachteten Raumes verbunden sind. Bezüglich des vorliegenden Raumordnungsplans ist festzustellen, dass bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die Schifffahrt lediglich an bestehende Schifffahrtswege angeknüpft wird. Auch für die Festlegung zu den Rohrleitungen gilt, dass bestehende Planungen übernommen werden. Für die Seekabel wird im Raumordnungsplan ein Zielkorridor festgelegt. Daher ist für die vorgenannten Nutzungen mit keinen neuen oder zusätzlichen Auswirkungen auf die „Biologische Vielfalt“ zu rechnen. Darüber hinaus soll der Grundsatz zum Schutz der belebten Meeresumwelt aus der Festlegung des Raumordnungsplans, wonach die Belastung für die Meeresumwelt durch die Schifffahrt sowie die Verlegung und der Betrieb von Rohrleitungen und Seekabel unter Berücksichtigung der besten Umweltspraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des

jeweiligen Standes der Technik reduziert werden soll, mögliche Auswirkungen weiter vermindern.

Nach Einbeziehung weiterer Belange und abschließender Abwägung auf Ebene der Raumordnung werden die besonderen Eignungsgebiete „Kriegers Flak“ und "Westlich Adlergrund" als Vorranggebiete in den Raumordnungsplan übernommen.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass mit dem Bau von OWEA in den Vorranggebieten auch Auswirkungen auf die biologische Vielfalt des betrachteten Raumes verbunden sind. Es ist davon auszugehen, dass die in Bezug auf die einzelnen Schutzgüter vorgeschlagenen Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen auch die möglichen negativen Effekte auf die biologische Vielfalt vermindern. Darüber hinaus soll die Festlegung der Vorranggebiete und die gleichzeitige Ausschlusswirkung in Natura 2000-Gebieten den Bau der OWEA in ökologisch verträgliche Gebiete lenken, wodurch der mögliche Einfluss auf die biologische Vielfalt weiter reduziert würde.

Durch den Betrieb von OWEA und den damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei der Stromerzeugung ist langfristig mit positiven Auswirkungen auf den globalen Klimaschutz und den Erhalt der biologischen Vielfalt zu rechnen.

#### *Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften*

Auswirkungen auf die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften sind durch den Bau der OWEA grundsätzlich nicht auszuschließen, z. T. sogar zu erwarten (Riffeffekte). Veränderungen können durch bauliche Tätigkeiten am Meeresboden und Überbauung, durch die Neuschaffung von Hartsubstratflächen (Kolkschutz), die bis in die euphotische Zone hineinreichen (Piles), auftreten. Eine Gefährdung der biologischen Vielfalt ist allerdings aufgrund der lokalen Begrenzungen und der Kleinräumigkeit im Verhältnis zum Betrachtungsraum (AWZ der Ostsee) nahezu auszuschließen.

Für die Vorranggebiete Windenergie „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ sind keine Verluste von Lebensräumen bzw. Lebensgemeinschaften zu erwarten, die erhebliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt erwarten lassen. Beeinträchtigungen ökologisch wertvoller benthischer Gemeinschaften sollten in den Vorranggebieten durch Anpassung der Anlagenstandorte vermieden werden. Ebenso kann durch eine Anpassung der Verlegetiefe der parkinternen Verkabelung eine Erwärmung des Meeresbodens und damit eine mögliche Veränderung der Lebensraumbedingungen - und in Folge dessen der Artenzusammensetzung - vermieden werden.

Die Ansiedlung von Hartsubstratarten konnte an bestehenden OWEA in Dänemark bereits nachgewiesen werden. Aufgrund der dort erzielten Untersuchungsergebnisse erscheinen Anlockeffekte auf Fische naheliegend.

#### *Artenvielfalt*

Auswirkungen auf die für den betreffenden Raum typische Artenvielfalt wären bei dauerhafter Verdrängung oder Neuansiedlung von Arten zu erwarten. Mögliche Effekte sind sowohl eine Verringerung (z. B. durch Scheuchwirkungen auf Seevögel) als auch ein Anstieg der Artenvielfalt im betrachteten Raum (z. B. Anlockeffekte auf Fische, Ansiedlung von Benthosarten auf eingebrachten Hartsubstraten). Allerdings beschränken sich diese Effekte auf die Vorranggebiete selbst und die unmittelbare Umgebung. Dadurch wird aber die Artenvielfalt der in der AWZ auftretenden Vogelgemeinschaften nicht beeinträchtigt, da genügend nutzungsfreier Raum in der AWZ für die Vogelgemeinschaft, insbesondere der Seevögel, bestehen bleibt. Lokal kann allerdings durch eine Verdrängung besonders störeffempfindlicher Arten aus den Vorranggebieten für Windenergie und ggf. Störzonen die Artenvielfalt beeinflusst werden.

Die eventuell angelockten Fischarten sowie die sich ansiedelnden Benthosarten rekrutieren sich aus dem Umfeld der Vorranggebiete, so dass letztlich keine Änderungen hinsichtlich der Artenvielfalt in der AWZ eintreten.

Beeinträchtigungen und Veränderungen der Artenvielfalt der in den Vorranggebieten vorkommenden benthischen Lebensgemeinschaften können durch bauliche Tätigkeiten am Meeresboden, durch die Neuschaffung und Besiedlung von Hartsubstratflächen bis in die euphotische Zone auftreten. Dies könnte zu einer Erhöhung der Artenvielfalt in der AWZ führen. Die Rekrutierung dieser Arten (Makroalgen) erfolgt mit größter Wahrscheinlichkeit aus den Beständen im Küstenbereich, sodass eine Beeinflussung der Artenvielfalt der deutschen Ostsee auszuschließen ist. Letztlich können die Beeinträchtigungen durch Überbauung bzw. mögliche Erwärmung des Meeresbodens durch entsprechende Anpassung der Anlagenstandorte bzw. entsprechende Verlegetiefe vermieden werden.

#### *Genetische Vielfalt*

Auswirkungen auf die genetische Vielfalt wären nur dann zu erwarten, wenn der Bau und Betrieb von OWEA erhebliche Auswirkungen auf genetisch getrennte Teilpopulationen nach sich ziehen würde, langfristige Veränderungen des natürlichen Lebensraums hervorriefe, die unmittelbar den Austausch genetischer Informationen innerhalb von Populationen/ Teilpopulationen beeinträchtigen, oder der natürliche Selektionsdruck auf vorkommende Arten dauerhaft verändert würde. Davon ist jedoch nicht auszugehen.

Für die Fischerei und die Marikultur werden räumliche Festlegungen nicht getroffen. Nach den festgelegten textlichen Grundsätzen sollen nachteilige Auswirkungen auf die Meeresumwelt durch die Fischerei und Marikultur möglichst vermieden werden. Die beste Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie der jeweilige Stand der Technik sollen berücksichtigt werden.

Die räumliche Festlegung von Vorbehaltsgebieten für Forschungshandlungen führen zu keinen neuen nachteiligen Auswirkungen auf die Meeresumwelt. Auf den Grundsatz zum Schutz der belebten Meeresumwelt aus der Festlegung des Raumordnungsplans (Kapitel 3.4.1), wonach die Belastung für die Meeresumwelt durch die Forschungshandlungen unter Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik reduziert werden soll, soll mögliche Auswirkungen weiter vermindern.

Positiv ist zu vermerken, dass die Festlegungen des Raumordnungsplans für die deutsche AWZ der Ostsee dazu führen, dass sich bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter und die biologische Vielfalt besser einschätzen und ggf. prognostizieren lassen.

Auf der Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen hinsichtlich der Schifffahrt, der Rohstoffgewinnung, der Rohrleitungen und Seekabel, der wissenschaftlichen Meeresforschung, der Offshore-Windenergie sowie der Fischerei und Marikultur im Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee keine erheblichen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

## **5 Verträglichkeitsprüfung bzgl. der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. bzgl. Europäischer Vogelschutzgebiete**

Nach § 7 Abs.7 ROG 1998 (vgl. § 7 Abs. 6 ROG) ist zu prüfen, ob die Erhaltungsziele oder die Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. der Europäischen Vogel-

schutzgebiete durch die Festlegungen des Raumordnungsplans erheblich beeinträchtigt werden können. Die entsprechende Verträglichkeitsprüfung richtet sich nach § 38 i.V.m. § 34 BNatSchG. Bei der Verträglichkeitsprüfung in der AWZ sind auf Grund der Vorgaben des SRÜ hinsichtlich der Festlegungen des Plans Besonderheiten zu beachten. Aus § 38 Abs.1 Nr.1 BNatSchG folgt, dass eine Verträglichkeitsprüfung für die Schifffahrt sowie für Vorhaben der wissenschaftlichen Meeresforschung im Sinne des Artikels 246 Abs. 3 SRÜ entbehrlich ist. Beschränkungen bei der Verlegung von unterseeischen Kabeln und Rohrleitungen sind gemäß § 38 Abs. 1 Nr.4 BNatSchG nur nach § 34 BNatSchG und in Übereinstimmung mit Art. 56 Abs. 3 i.V.m. Art. 79 SRÜ zulässig. Alle Staaten haben das Recht, in Übereinstimmung mit Art. 79 SRÜ auf dem Festlandsockel unterseeische Kabel und Rohrleitungen zu legen. Beschränkungen der Fischerei sind nur in Übereinstimmung mit dem Recht der Europäischen Gemeinschaften und nach Maßgabe des Seefischereigesetzes zulässig, was aus § 38 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG folgt. Beschränkungen bei der Energieerzeugung aus Wind sowie bei der Aufsuchung und Gewinnung von Bodenschätzen sind nach § 38 Abs. 1 Nr. 5 BNatSchG nur nach § 34 BNatSchG zulässig.

Es wird im übrigen allgemein darauf hingewiesen, dass nach der Vorgabe des Raumordnungsplans auch außerhalb von Natura 2000-Gebieten die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdigen Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume bei der Rohstoffgewinnung, bei Verlegung und Betrieb von Rohrleitungen und Seekabel sowie der Windenergie vermieden werden sollen (siehe Kapitel 3 des Raumordnungsplans).

In der deutschen AWZ der Ostsee befinden sich das durch Verordnung vom 15.09.2005 festgesetzte Naturschutzgebiet "Pommersche Bucht" (EU-Vogelschutzgebiet) sowie die fünf FFH-Gebiete "Fehmarnbelt", "Kadetrinne", "Westliche Rönnebank", "Adlergrund" sowie "Pommersche Bucht mit Oderbank". Diese FFH-Gebiete sind von der EU-Kommission 2007 auf die Gemeinschaftsliste aufgenommen worden. Weitere FFH- bzw. Vogelschutzgebiete sind von Deutschland nicht gemeldet worden.

Maßstab für eine Verträglichkeitsprüfung sind die Erhaltungsziele der jeweiligen Schutzgebiete. Die Erhaltungsziele werden für die Schutzgebiete, die im Rahmen der nachfolgenden Prüfung maßgeblich sind, dargestellt:

**Naturschutzgebiet „Pommersche Bucht“ (Europäisches Vogelschutzgebiet)**

In der Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes "Pommersche Bucht" wird der Schutzzweck des Gebietes definiert:

§ 3 – Schutzzweck:

- (1) Die Unterschutzstellung dient der dauerhaften Erhaltung und Wiederherstellung des Meeresgebietes in seiner Funktion als Nahrungs-, Überwinterungs-, Mauser-, Durchzugs- und Rastgebiet für die dort vorkommenden Arten nach Anhang I der Richtlinie 79/409/EWG, insbesondere für Sterntaucher, Prachtaucher, Ohrentaucher, Zwergmöwe, Flusseeiswalbe, Küstenseeschwalbe und für die regelmäßig auftretenden Zugvogelarten, insbesondere für Rothalstaucher, Eisente, Trauerente, Samtente, Sturmmöwe, Heringsmöwe, Trottellumme, Tordalk und Gryllteiste.
- (2) Zur Sicherung des Überlebens und der Vermehrung der in Abs.1 genannten Vogelarten und zur Sicherung ihrer Lebensräume ist insbesondere erforderlich die Erhaltung und Wiederherstellung:
  1. des qualitativen und quantitativen Bestandes der Vogelarten mit dem Ziel der Erreichung eines günstigen Erhaltungszustandes unter Berücksichtigung der natürlichen Populationsdynamik und Bestandsentwicklung; Vogelarten mit einer negativen Bestandsentwicklung ihrer biogeographischen Population sind besonders zu berücksichtigen,



2. der wesentlichen direkten und indirekten Nahrungsgrundlagen der Vogelarten, insbesondere natürlicher Bestandsdichten, Altersklassenverteilungen und Verbreitungsmuster der den Vogelarten als Nahrungsgrundlage dienenden Organismen,
3. der für das Gebiet charakteristischen Merkmale, insbesondere im Hinblick auf den Salzgehalt, die Eisfreiheit auch in strengen Wintern sowie die geo- und hydromorphologische Beschaffenheit mit ihren artspezifischen ökologischen Funktionen und Wirkungen,
4. unzerschnittener Lebensräume im Naturschutzgebiet mit ihren jeweiligen artspezifischen ökologischen Funktionen, räumlichen Wechselbeziehungen sowie des ungehinderten Zugangs zu angrenzenden und benachbarten Meeresbereichen,
5. der natürlichen Qualität der Lebensräume, insbesondere ihre Bewahrung vor Verschmutzungen und Beeinträchtigungen sowie der Schutz der Vogelbestände vor erheblichen Belästigungen.

#### **FFH-Gebiet „Westliche Rönnebank“**

Das BfN hat die allgemeinen Erhaltungsziele für das FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank" vorläufig wie folgt formuliert:

- Erhaltung und Wiederherstellung der spezifischen ökologischen Funktionen, der biologischen Vielfalt und der natürlichen Hydrodynamik des Gebietes;
- Erhaltung und Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes des Lebensraumtyps "Riffe" (EU-Code 1170) mit seinen charakteristischen und gefährdeten Lebensgemeinschaften und Arten;
- Erhaltung und Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der FFH-Art Schweinswal und seiner Habitate (u.a. durch ASCOBANS Recovery Plan of Harbour Porpoise in the Central Baltic).

Um bestehende Verpflichtungen, insbesondere durch das Abkommen zum Schutz der Schweinswale (ASCOBANS<sup>14</sup>) und der FFH-Richtlinie nachkommen zu können, werden derzeit vom BfN folgende vorläufige Erhaltungsziele für marine Säugetiere formuliert:

- Mindestens Erhaltung des zum Zeitpunkt der Meldung vorliegenden qualitativen und quantitativen Zustandes des Schweinwalbestandes im Schutzgebiet unter Berücksichtigung der natürlichen Populationsdynamik und Unterstützung natürlicher Bestandsentwicklungen.
- Erhaltung der ökologischen Qualität der Nahrungshabitate und Migrationsräume des Gebietes für Schweinswale in der östlichen Ostsee.

Folgende Wiederherstellungs- und Entwicklungsziele werden vorläufig angegeben:

- Vor dem Hintergrund der anhaltenden sehr starken Bestandsbedrohung in weiten Teilen des Gesamtareals der östlichen Ostseepopulation sollen im Schutzgebiet die für die Schweinswale wichtigen Habitate qualitativ verbessert, quantitativ soweit möglich entwickelt und eine ungestörte Nutzung durch die Tiere gewährleistet werden.
- Die abiotischen und biotischen Faktoren im Gebiet sollen einen Zustand erreichen, der es den vorhandenen Beständen ermöglicht, sich hin zu einem guten Erhaltungszustand zu entwickeln und diesen dauerhaft zu erhalten. Besonderes Augenmerk ist auf die Entwicklung eines mindestens guten Gesundheitszustandes, einer hohen Vitalität der Individuen, einer langfristig erfolgreichen Reproduktion und einer arttypischen Altersstruktur des Bestandes zu legen.
- Die Bestände der den Schweinswalen als Nahrungsgrundlage dienenden Fischarten sollen natürliche Bestandsdichten, Altersklassenverteilungen und Verbreitungsmuster erreichen.

Für die weiteren FFH-Gebiete in der Ostsee gelten die für das Gebiet "Westliche Rönnebank" genannten Schutz- und Erhaltungsziele entsprechend.

<sup>14</sup> „Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic and North Seas“ von 1991

Außerdem treffen die EU-Mitgliedstaaten für Arten des Anhangs IV der FFH-RL gemäß Art. 12 FFH-RL die notwendigen Maßnahmen, um ein strenges Schutzsystem für die genannten Tierarten in deren natürlichem Verbreitungsgebiet einzuführen. Hierunter fallen gemäß der FFH-RL alle Walarten. Durch die FFH-Gebiete sollen Teile des Nahrungshabitats erhalten werden. Bei der Bewertung der möglichen Auswirkungen der geplanten Nutzungen auf die Schutzzwecke und die Erhaltungsziele ist zwischen der temporär begrenzten Bau- und der dauerhaften Betriebsphase zu differenzieren.

Prioritäre Arten bzw. prioritäre Biotop gem. § 10 BNatSchG finden sich in der deutschen AWZ der Ostsee nach jetzigem Kenntnisstand nicht.

## **5.1 Rohrleitungen und Seekabel**

### **5.1.1 Rohrleitungen**

Zum jetzigen Zeitpunkt befinden sich in der deutschen AWZ der Ostsee keine Rohrleitungen, jedoch befinden sich drei Projekte unterschiedlich weit im Genehmigungsverfahren. Für eine dieser drei Gas-Rohrleitungen wird im Rahmen der Raumordnung die derzeit geplante Leitungstrasse als Vorbehaltsgebiet gesichert. Dieses hat eine Ausdehnung von 8 km<sup>2</sup>. Diese für das Projekt BGI vorgesehene Trasse liegt in räumlicher Nähe zum FFH-Gebiet "Kadetrinne" (ca. 6 km).

Durch Verlegung und Betrieb der BGI-Pipeline sind auf Grund der Entfernung von ca. 6 km keine Fernwirkungen auf das FFH-Gebiet "Kadetrinne" bezüglich des Lebensraumtyps „Riff“ zu erwarten. Erhebliche Beeinträchtigungen von Meeressäugern können ausgeschlossen werden. Die Verlegearbeiten, die zu Lärmemissionen führen, werden an nur wenigen Tagen und kleinräumig durchgeführt. Von möglichen erheblichen Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele und der Schutzzwecke dieses FFH-Gebietes ist folglich nicht auszugehen.

### **5.1.2 Seekabel**

In der Ostsee wird ein Zielkorridor festgelegt, durch den die stromabführenden Kabel der Offshore-Windenergieparks im Vorranggebiet "Westlich Adlergrund" zu führen sind. Dieser Zielkorridor befindet sich in ca. 1 km Abstand zu dem FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank" und kann daher keine Auswirkungen auf den Lebensraumtyp Riff haben, zumal Auswirkungen von Seekabeln auf die Verlegephase (Sedimentfahnen, Schallemissionen) beschränkt und damit zeitlich und räumlich begrenzt sind. Auch für die beantragten Verläufe der Kabel vom Vorranggebiet Windenergie zum Zielkorridor gilt, dass Auswirkungen auf den Lebensraumtyp Riff nicht auftreten werden.

Auch hinsichtlich des Schutzgutes marine Säuger gilt, dass mögliche Auswirkungen von Kabeln in der Regel auf die Verlegephase (Lärmemissionen) beschränkt und somit zeitlich und räumlich begrenzt sind. Fernwirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele des FFH-Gebietes „Westliche Rönnebank“ können daher ausgeschlossen werden.

Auswirkungen der Festlegungen des Zielkorridors auf den Schutzzweck des EU-Vogelschutzgebietes „Pommersche Bucht“ (s.o.) durch Verlegung und Betrieb der Kabel sind wegen der Entfernung von ca. 10 km nicht zu befürchten.

## **5.2 Offshore-Windenergie**

### **Vorranggebiet „Kriegers Flak“**

Das besondere Eignungsgebiet nach § 3a SeeAnIV "Kriegers Flak", das im Dezember 2005 durch das BSH festgelegt wurde, wurde als Vorranggebiet Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen. Dieses Vorranggebiet befindet sich in ca. 52 km Entfernung zum FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank". Im Rahmen des Verfahrens zur Festlegung als besonderes Eignungsgebiet wurde eine Verträglichkeitsprüfung nach § 34 BNatSchG anhand der oben genannten vorläufigen Erhaltungsziele des FFH-Gebietes durchgeführt.

Die Verträglichkeitsprüfung in der Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach § 3a SeeAnIV „Kriegers Flak“ kommt zu dem Ergebnis, dass die Errichtung von Windenergieanlagen in diesem Gebiet unter Berücksichtigung auswirkungsminimierender und schadensbegrenzender Maßnahmen keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" haben wird.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse dargestellt.

#### *Riffe und Sandbänke (Fernwirkungen)*

Durch den Bau und Betrieb von Offshore-Vorhaben im Vorranggebiet "Kriegers Flak" sind aufgrund der Entfernung keine Auswirkungen auf die Lebensraumtypen "Riffe" EU-Code 1170 und "Sandbank" EU-Code 1110 mit ihren charakteristischen und gefährdeten Lebensgemeinschaften und Arten zu erwarten.

#### *Marine Säuger (Fernwirkungen)*

Als eine erhebliche Beeinträchtigung des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" kommt der Bau der Offshore-Windenergieanlagen und hier insbesondere die lärmintensive Einbringung der Gründungselemente in den Seeboden in Betracht, da sich Schall unter Wasser schneller ausbreitet als in der Luft. Untersuchungen – insbesondere im Rahmen der UVP zum Windpark Kriegers Flak – kamen zu dem Ergebnis, dass Rammarbeiten im Vorranggebiet "Kriegers Flak" von Schweinswalen, die sich im Bereich des Schutzgebietes "Westliche Rönnebank" in 52 km Entfernung aufhalten, gehört werden könnten. Eine Maskierung von Kommunikationslauten durch die Rammgeräusche wäre jedoch unwahrscheinlich. Die Betriebsgeräusche der Anlagen wären von Schweinswalen im Bereich des Schutzgebietes nicht mehr zu hören. Es wird zudem darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Untersuchungen ein sehr seltenes Vorkommen von Schweinswalen im FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank" ergeben haben. Dieses Vorkommen beschränke sich allerdings auf die Sommermonate, also den Zeitraum der Rammarbeiten.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Wahrscheinlichkeit, dass sich während der Rammarbeiten Schweinswale im FFH-Gebiet aufhalten, nach heutigem Kenntnisstand sehr gering ist. Es kann sicherlich nicht ausgeschlossen werden, dass im Zuge von angedachten oder bereits eingeleiteten Schweinswalschutzmaßnahmen (ASCOBANS, Jastarnia Plan, 2002) künftig ein häufigeres Vorkommen von Schweinswalen im FFH-Gebiet möglich ist. Jedoch ist zu erwarten, dass mehrere Jahre oder Jahrzehnte vergehen, bis das Gebiet regelmäßig als Nahrungsgrund oder sogar als Aufzuchtgebiet einer sich durch die Schutzmaßnahmen erholenden Schweinswalpopulation dienen würde.

Beeinträchtigungen während der Bauphase sind insbesondere durch die Rammarbeiten zu erwarten. Jedoch zeigen Erfahrungen aus Rammarbeiten für Offshore-Windparks, dass die möglichen Auswirkungen auf Schweinswale jedenfalls nur vorübergehender Natur sind. Im Rahmen der Festlegungen hinsichtlich der Berücksichtigung des Standes der Technik sowie der besten Umweltpraxis sind auf Zulassungsebene u.a. Regelungen zur der Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von WEA auf marine Säugetiere insbesondere in Form von Maßgaben zur Schallminimierung zu treffen. Dieses entspricht der ständigen Genehmigungspraxis. Dauerhafte Schädigungen von Schweinswalen können nicht eintreten.

Es kann außerdem ausgeschlossen werden, dass aufgrund des Betriebes der genehmigten Anlagen negative Langzeitwirkungen auf die Schweinswale eintreten. Untersuchungen zufolge sind die Geräusche, die aus dem Betrieb der Windenergieanlagen entstehen werden, von den Schweinswalen innerhalb des FFH-Gebietes zwar hörbar, allerdings werden in keinem Fall Werte, die zur Gefährdung von Schweinswalen durch Hörschwellenverschiebung oder durch Maskierung führen könnten, überschritten. Darüber hinaus wird in der Betriebsphase entsprechend der o.g. Festlegungen sowie nach der ständigen Genehmigungspraxis nur die Technologie zum Einsatz kommen, die den geringst möglichen Schalleintrag in den Wasserkörper gewährleistet.

Die Vorgaben und Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung von Auswirkungen der Schalleinträge der Bau- und der Betriebsphase auf marine Säuger stellen die ständige Genehmigungspraxis dar und wurden als Maßgaben in die Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach SeeAnIV übernommen und gelten somit entsprechend für die Realisierung von Vorhaben in diesem Vorranggebiet.

Dadurch ist auch gewährleistet, dass auch etwaige kumulative Auswirkungen durch den Betrieb der Offshore-Windparks keine erheblichen Beeinträchtigungen hervorrufen.

#### **Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“**

Das besondere Eignungsgebiet nach § 3 a SeeAnIV "Westlich Adlergrund", das im Dezember 2005 vom BSH festgelegt wurde, wurde als Vorranggebiet Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen. Dieses Vorranggebiet befindet sich in ca. 100 m Entfernung zum FFH-Gebiet "Adlergrund" sowie dem Europäischen Vogelschutzgebiet "Pommersche Bucht". Zudem sind die FFH-Gebiete "Westliche Rönnebank" sowie "Pommersche Bucht mit Oderbank" 2,3 km bzw. 27 km vom Vorranggebiet entfernt. Im Rahmen des Verfahrens zur Festlegung als besonderes Eignungsgebiet wurde eine Verträglichkeitsprüfung nach § 34 BNatSchG anhand der oben genannten vorläufigen Erhaltungsziele des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" durchgeführt: Diese Verträglichkeitsprüfung gilt analog für die weiteren FFH-Gebiete.

Die Verträglichkeitsprüfung in der Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach § 3a SeeAnIV „Westlich Adlergrund“ kommt zu dem Ergebnis, dass die Errichtung von Windenergieanlagen in diesem Gebiet unter Berücksichtigung auswirkungsminimierender und schadensbegrenzender Maßnahmen keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele der FFH-Gebiete "Adlergrund", "Westliche Rönnebank" und "Pommersche Bucht mit Oderbank" sowie das EU-Vogelschutzgebiet "Pommersche Bucht" haben wird.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse dargestellt.

#### *Riffe und Sandbänke (Fernwirkungen)*

Durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen im Vorranggebiet "Westlich Adlergrund" sind aufgrund der Kleinräumigkeit der für Riffe und Sandbänke relevanten Auswirkungen, wie etwa Trübungsfahnen beim Bau und der Entfernung, keine Auswirkungen auf die Lebensraumtypen "Riffe" EU-Code 1170 und "Sandbank" EU-Code 1110 mit ihren charakteristischen und gefährdeten Lebensgemeinschaften und Arten zu erwarten.

#### *Marine Säuger (Fernwirkungen)*

Als eine erhebliche Beeinträchtigung des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" kommt der Bau der Offshore-Windenergieanlagen und hier insbesondere die lärmintensive Einbringung der Gründungselemente in den Seeboden in Betracht, da sich Schall unter Wasser schneller ausbreitet als in der Luft. Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass Rammarbeiten im Vorranggebiet "Westlich Adlergrund" von Schweinswalen, die sich im Bereich des Schutzgebietes "Westliche Rönnebank" Entfernung aufhalten, gehört werden könnten. Eine Maskierung von Kommunikationslauten durch die Rammgeräusche ist dadurch wahrscheinlich. Die Be-

triebsgeräusche der Anlagen wären von Schweinswalen im Bereich des Schutzgebietes zwar zu hören, eine Maskierung der Kommunikation aufgrund von Betriebsgeräuschen ist jedoch unwahrscheinlich. Es wird zudem darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Untersuchungen ein sehr seltenes Vorkommen von Schweinswalen im FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank" ergeben haben. Dieses Vorkommen beschränkt sich allerdings auf die Sommermonate, also den Zeitraum der Rammarbeiten.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Wahrscheinlichkeit, dass sich während der Rammarbeiten Schweinswale im FFH-Gebiet aufhalten, nach heutigem Kenntnisstand sehr gering ist. Es kann sicherlich nicht ausgeschlossen werden, dass im Zuge von angedachten oder bereits eingeleiteten Schweinswalschutzmaßnahmen (ASCOBANS, Jastarnia Plan, 2002 oder Ausweisung von FFH-Gebieten) künftig ein häufigeres Vorkommen von Schweinswalen im FFH-Gebiet möglich ist. Jedoch ist zu erwarten, dass mehrere Jahre oder Jahrzehnte vergehen, bis das Gebiet regelmäßig als Nahrungsgrund oder sogar als Aufzuchtgebiet einer sich durch die Schutzmaßnahmen erholenden Schweinswalpopulation dienen würde.

Beeinträchtigungen während der Bauphase sind insbesondere durch die Rammarbeiten zu erwarten. Jedoch zeigen Erfahrungen aus Rammarbeiten für Offshore-Windparks, dass die möglichen Auswirkungen auf Schweinswale jedenfalls nur vorübergehender Natur sind. Im Rahmen der Festlegungen hinsichtlich der Berücksichtigung des Standes der Technik sowie der besten Umweltpraxis sind auf Zulassungsebene u.a. Regelungen zur Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von WEA auf marine Säugetiere insbesondere in Form von Maßgaben zur Schallminimierung zu treffen. Dieses entspricht der ständigen Genehmigungspraxis. Dauerhafte Schädigungen von Schweinswalen können nicht eintreten.

Es kann außerdem ausgeschlossen werden, dass aufgrund des Betriebes der genehmigten Anlagen negative Langzeitwirkungen auf die Schweinswale eintreten. Untersuchungen zufolge sind die Geräusche, die aus dem Betrieb der Windenergieanlagen entstehen werden, von den Schweinswalen innerhalb des FFH-Gebietes zwar hörbar, allerdings werden in keinem Fall Werte, die zur Gefährdung von Schweinswalen durch Hörschwellenverschiebung oder durch Maskierung führen könnten, überschritten. Darüber hinaus wird in der Betriebsphase entsprechend der o.g. Festlegungen sowie nach der ständigen Genehmigungspraxis nur die Technologie zum Einsatz kommen, die den geringst möglichen Schalleintrag in den Wasserkörper gewährleistet.

Die Vorgaben und Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung von Auswirkungen der Schalleinträge der Bau- und der Betriebsphase auf marine Säuger stellen die ständige Genehmigungspraxis dar und wurden als Maßgaben in die Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach SeeAnIV übernommen und gelten somit entsprechend für die Realisierung von Vorhaben in diesem Vorranggebiet.

Dadurch ist auch gewährleistet, dass etwaige kumulative Auswirkungen durch den Betrieb der Offshore-Windparks keine erheblichen Beeinträchtigungen hervorrufen.

### **Naturschutzgebiet „Pommersche Bucht“ (EU-Vogelschutzgebiet)**

Die Errichtung von WEA im Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“ wird voraussichtlich keine erheblichen Auswirkungen bzw. Fernwirkungen auf die zu schützenden Vogelarten haben. Erhebliche Verluste an Populations- und Habitatsanteilen für wichtige Seevogelarten durch die Errichtung und den Betrieb von WEA können mit der erforderlichen Sicherheit ausgeschlossen werden. Sollte es im nord-nordwestlichen Randbereich des Naturschutzgebietes in unmittelbarer Nähe des Vorranggebietes für Windenergie zu Meidereaktionen einiger stöempfindlicher Arten kommen, so würden diese zu einem sehr geringen Habitatverlust für gefährdete Arten des Naturschutzgebietes führen.

Auch hinsichtlich etwaiger Auswirkungen auf die Avifauna ist auf die Maßgaben der Festlegung des besonderen Eignungsgebietes nach § 3a SeeAnIV „Westlich Adlergrund“ zur auswirkungsminimierenden Ausgestaltung von Offshore-Windparks hinzuweisen.

## **6 Maßnahmen, um erhebliche negative Auswirkungen durch die Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt zu verhindern, zu verringern und soweit wie möglich auszugleichen**

Grundsätzlich gilt, dass die Raumordnung zu einer Verbesserung der Berücksichtigung der Belange der Meeresumwelt führt. Durch die getroffenen raumordnerischen Festlegungen sind positive Auswirkungen auf die Entwicklung des Umweltzustandes zu erwarten. Dieses liegt insbesondere an der Tatsache, dass sich die untersuchten Nutzungen auch ohne Raumordnungsplan in einem mindestens gleichen Umfang entwickeln würden (s. Kapitel 3 "Voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Plans"). In diesem Fall würde dieses jedoch ohne die Steuerungs- und Minimierungswirkung der Raumordnung geschehen, bei deren Entwicklung die Belange der Meeresumwelt einen wichtigen Abwägungsbestandteil darstellten. Darüber hinaus unterliefen die raumordnerischen Festlegungen einem kontinuierlichen Optimierungsprozess, da die fortlaufend gewonnen Erkenntnisse aus der parallel zur Aufstellung des Raumordnungsplanes durchgeführten SUP berücksichtigt wurden (vgl. Kap. 9 des Raumordnungsplans).

Konkret sind im Raumordnungsplan räumliche und textliche Festlegungen getroffen worden, die entsprechend der in Kapitel 1.3 des Umweltberichts dargelegten Umweltschutzziele dazu dienen, erhebliche negative Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt zu vermeiden und zu vermindern. Wegen der Vorgaben des Raumordnungsplans sind daher keine erheblichen negativen sondern vielmehr positive Auswirkungen auf die Meeresumwelt durch die Durchführung des Raumordnungsplans zu erwarten.

Zur Vermeidung und Verminderung von erheblichen negativen Auswirkungen auf die Meeresumwelt ist bei der Auswahl der Festlegungen insbesondere Folgendes berücksichtigt worden:

- Ergebnisse der SUP hinsichtlich der Bedeutung einzelner Teilbereiche für biologische Schutzgüter bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die einzelnen Nutzungen, insbesondere bei der Offshore-Windenergie (inkl. Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den biologischen Schutzgütern bei der Wahl des Standortes für die jeweilige Nutzung)
- Ergebnisse projekt- und standortbezogener Umweltverträglichkeitsstudien (Basisaufnahme) sowie Ergebnisse aus Verträglichkeitsprüfungen bezüglich der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. bezüglich Europäischer Vogelschutzgebiete
- Kumulative Wirkungen einer Nutzung (schutzgutbezogen regional und/oder überregional).

Zudem werden im Raumordnungsplan zum einen quellenbezogene Festlegungen getroffen, die bei den einzelnen Nutzungen deren möglichst umweltverträgliche Ausgestaltung sicherstellen sollen. Diese beinhalten im wesentlichen:

- Berücksichtigung des jeweiligen Standes der Technik sowie der besten Umweltpraxis („best environmental practice“) gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen
- Vermeidung der Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als sensible Lebensräume
- Flächensparende Ausübung der jeweiligen Nutzung

- Berücksichtigung kritischer Lebensphasen der biologischen Schutzgüter bei der Koordinierung von Bauaktivitäten, z.B. durch Einschränkung des Verlegezeitraums von Rohrleitungen und Seekabeln bei der direkten und indirekten Inanspruchnahme sensibler Habitate
- Rückbau baulicher Anlagen, soweit die Auswirkungen des Rückbaus für die Meeresumwelt geringer sind als der Verbleib
- Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten
- 
- Nachhaltige Bewirtschaftung der Fischerei und Minimierung von Stoffeinträgen durch Marikultur.

Zum anderen werden neben den dargestellten quellenbezogenen Festlegungen weitere Grundsätze zu Schutz und Pflege von Meeresumwelt und –landschaft getroffen, welche ebenfalls auswirkungsminimierende Wirkung entfalten. Diese umfassen insbesondere:

- Vermeidung und Verminderung von Beeinträchtigungen des Naturhaushalts unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips sowie des Ökosystemansatzes
- Im Fall dauerhaft nicht mehr genutzter Flächen: Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes der Funktionen des Naturhaushalts bzw. Sicherung der Leistungsfähigkeit dieser Funktionen des Naturhaushalts in einem den neuen Lebensverhältnissen angepassten Zustand des neuen ökologischen Gleichgewichts
- Sicherung der natürlichen Eigenart der Meereslandschaft
- Freihalten des Meeres von Nutzungen, insbesondere von baulichen Anlagen, die vergleichbar auch an Land möglich wären
- Dauerhafte, möglichst großflächige Erhaltung, Entwicklung und Sicherung der AWZ als ökologisch intakter Freiraum.

Weitergehende Regelungen werden zudem für die Nutzung Offshore-Windenergie getroffen. In Kapitel 4.4 wurde u.a. eine Reihe von bau-, anlagen- und betriebsbedingten Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt ohne Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung diskutiert. Insbesondere wurden Flächeninanspruchnahme, Einbringung von Hartsubstrat, Schadstoffeinträge, Schalleinträge, Sedimenterwärmung, Erzeugung von magnetischen und elektrischen Feldern, Barrierewirkung und Kollisionsrisiko erörtert.

Allgemein gilt, dass Festlegungen des Raumordnungsplans von der jeweils zuständigen Genehmigungsbehörde auf der Projektebene für Planungs-, Bau- und Betriebsphase zu konkretisieren sind.

Insbesondere im Hinblick auf eine möglichst umweltverträgliche Ausgestaltung möglicher Fortschreibungen des Raumordnungsplans werden folgende Maßnahmen angestrebt:

- Untersuchung und Darlegung der Auswirkungen der Nutzung auf die Meeresumwelt im Rahmen eines Monitorings (Kap. 8)
- Bewertung der Monitoring-Ergebnisse bezüglich kumulativer Wirkungen einer Nutzung in verschiedenen Teilbereichen
- Bewertung der Monitoring-Ergebnisse bezüglich kumulativer oder Wechselwirkungen verschiedener Nutzungen
- Berücksichtigung der Ergebnisse des Monitorings und ggf. Anpassung der Nutzungsstrategie.

## **7 Alternativenprüfung und Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung**

### **7.1 Alternativenprüfung**

Der Umweltbericht enthält gemäß der Kriterien im Anhang I der SUP-Richtlinie eine Kurzdarstellung der Gründe für die Wahl der geprüften Alternativen. Diese werden nachfolgend erläutert.

Für die einzelnen Nutzungen werden im Raumordnungsplan geeignete Gebiete ausgewiesen und textliche Festlegungen getroffen. Diese Vorgaben dienen der Verminderung des Konfliktpotenzials zwischen den einzelnen Nutzungen sowie der umweltverträglichen Ausgestaltung dieser Nutzungen. Entsprechend den Leitlinien im Kapitel 2.4 (Langfristige Sicherung und Nutzung der besonderen Eigenschaften und Potenziale der AWZ durch Reversibilität von Nutzungen, sparsame Flächeninanspruchnahme sowie Priorität für meerespezifische Nutzungen) und 2.5 des Raumordnungsplans (Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen durch die Vermeidung von Störungen und Verschmutzungen der Meeresumwelt) werden sowohl quellenbezogen bei den einzelnen Nutzungen in den Kapiteln 3.1 bis 3.6 als auch im Kapitel 3.7 (Meeresumwelt) diesbezügliche textliche Festlegungen getroffen. Zu dieser Gesamtheit textlicher Festlegungen sind umsetzbare Alternativen, die in objektiv nachvollziehbarer Weise signifikant geringere Umweltauswirkungen erwarten lassen können, nicht ersichtlich. Daher bezieht sich die nachfolgende Alternativenprüfung lediglich auf mögliche Gebietsfestlegungen.

#### **7.1.1 Schifffahrt**

Um die in Art. 58 Abs. 1 SRÜ verankerte Freiheit der Schifffahrt und die im Sinne des Art. 60 Abs. 7 SRÜ anerkannten und für die internationale Schifffahrt wichtigen Schifffahrtswege auch raumordnerisch zum Ausdruck zu bringen, wird ein Grundnetz von Routen für die Schifffahrt gesichert, vor allem um Abwehransprüche gegenüber Nutzungen zu begründen, die mit der Schifffahrt unverträglich sind. Eine Nullvariante, d.h. ein Verzicht auf Gebietsfestlegungen für die Schifffahrt, stellt daher keine Alternative dar. Diese Nullvariante würde zudem zu keinen Veränderungen hinsichtlich der Umweltauswirkungen führen, da sich am Schiffsverkehr nichts ändern würde.

Ausgangspunkte für die gewählten Gebietsausweisungen für die Schifffahrt waren die gegenwärtigen Verkehrsströme. Die Dimensionierung wurde dabei am raumordnerisch notwendigen Sicherungsbedarf ausgerichtet. Zu der Auswahl der Routen, welche die aufgrund der vorhandenen wirtschaftlichen Verflechtungen existierenden Transportwege darstellen, besteht in der Ostsee keine grundsätzliche Alternative. Diese Routen spiegeln im übrigen wider, dass die Schifffahrt aus Kosten- und Zeitgründen bestrebt ist, den günstigsten Weg zu nehmen.

#### **7.1.2 Rohstoffgewinnung**

In der Ostsee wurden keine Gebietsfestlegungen für die Rohstoffgewinnung getroffen. Zur Zeit findet hier keine Gewinnung von Sand oder Kies statt, da die Rahmenbetriebspläne abgelauften sind. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind 2008 zwei Abbaufelder beantragt worden, für die ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren zur Wiederaufnahme der Gewinnung durchgeführt wird. Angesichts der bestehenden fachplanerischen Sicherung der Bewilligungsfelder würde eine zusätzliche raumordnerische Gebietsfestlegung kein weiteres Steuerungspotenzial beinhalten, so dass von einer Festlegung als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiet abgesehen wird.



### 7.1.3 Rohrleitungen und Seekabel zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie

#### *Rohrleitungen*

Das Legen und die Unterhaltung von Rohrleitungen genießen die nach Art. 58 SRÜ gewährte Freiheit, wobei gemäß Art. 79 Abs. 5 SRÜ auf bereits vorhandene Rohrleitungen gebührend Rücksicht zu nehmen ist. Insbesondere dürfen die Möglichkeiten der Reparatur vorhandener Rohrleitungen nicht beeinträchtigt werden. Um diesen Umständen gerecht zu werden, ist es nötig, Gebietsfestlegungen zum Schutz vorhandener und geplanter Rohrleitungen zu treffen, u.a. um Abwehransprüche gegenüber unverträglichen Nutzungen zu begründen. Eine Nullvariante kommt hier nicht in Betracht. Diese würde jedoch auch zu keinen Veränderungen hinsichtlich der Umweltauswirkungen im Vergleich mit den getroffenen Festlegungen führen.

Die Festlegungen in der Ostsee orientieren sich an dem Verlauf der im Genehmigungsverfahren befindlichen Rohrleitungen. Folglich gibt es keine räumlichen Alternativen zu den gewählten Gebietsfestlegungen.

#### *Seekabel zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie*

Durch den geplanten Ausbau der Offshore-Windenergie in der AWZ ergibt sich eine entsprechende Anzahl von anzuschließenden Offshore-Windparks bzw. Kabeln zur Ableitung in der AWZ erzeugter Energie. Zur benötigten Anbindung an das landseitige Stromnetz ist es erforderlich, die Trassierung der Kabel zu geeigneten Übergabepunkten an der Grenze zum Küstenmeer sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund ist die Festlegung eines Zielkorridors, durch welche die Kabel zur Ableitung der in der AWZ gewonnenen Energie zu führen sind, notwendig. Eine Nullvariante kommt nicht in Betracht. Diese würde aufgrund des Entfallens der Bündelungswirkung des Zielkorridors durch den erhöhten Flächenverbrauch zudem vermehrt negative Umweltauswirkungen nach sich ziehen.

Die räumliche Lage des Zielkorridors in der Ostsee ergibt sich aus den raumordnerischen Festlegungen bzw. sonstigen landesplanerischen Erwägungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (welche sich wiederum an der Trassenführung zu geeigneten Stromeinspeisepunkten des Hoch-/Höchstspannungsnetzes orientieren), an welche sich die Planungen in der AWZ anschließen. Unter diesen gegebenen Voraussetzungen gibt es keine räumlichen Alternativen zu dem gewählten Zielkorridor.

### 7.1.4 Wissenschaftliche Meeresforschung

In der AWZ werden vielfältige Forschungsaktivitäten durchgeführt. Häufig sind diese aufgrund ihrer geringen räumlichen Ausdehnung sowie der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität als nicht raumbedeutsam und daher nicht als raumordnungsrelevant einzustufen. Darüber hinaus gibt es jedoch großräumige Untersuchungsgebiete, in denen Langzeitforschungsreihen insbesondere zur Untersuchung von Fischbeständen durchgeführt werden. Um diese Forschungsreihen nicht zu entwerten, ist die Festlegung von Vorbehaltsgebieten notwendig. Die Nullvariante kommt nicht in Frage, da sie die Fortsetzung der Untersuchungsreihen gefährden könnte.

Da die Festlegungen den Bestand übernehmen, gibt es keine räumlichen Alternativen.

### 7.1.5 Energiegewinnung insbes. Windenergie

In ganz Europa und insbesondere in den Staaten der EU besteht Konsens dahingehend, die Offshore-Windenergie aus Gründen des Klimaschutzes und zur weiteren Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung zu fördern. Vor diesem Hintergrund entwickelte die Bundesregierung im Jahre 2002 eine Strategie zur Windenergienutzung auf See, in der unter Beteili-

gung aller betroffenen Ressorts konfliktarme Flächen als potenzielle Eignungsgebiete für Windenergie identifiziert wurden. Diese Gebiete wurden im Rahmen des Festlegungsverfahrens nach § 3a SeeAnIV näher untersucht.

Bis zum 31.12.2005 traten in der Ostsee die Festlegungen als besondere Eignungsgebiete nach SeeAnIV für die Gebiete 'Kriegers Flak' und 'Westlich Adlergrund' in Kraft. Nach Einbeziehung weiterer Belange neben der Schifffahrt und der Meeresumwelt und abschließender Abwägung konnte auch auf Ebene der Raumordnung eine besondere Eignung dieser Flächen für die Nutzung für die Windenergieerzeugung festgestellt werden, so dass die Gebiete als Vorranggebiete für Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen wurden. Da es zudem aufgrund dieser Eignungsgebietsfestlegung nach SeeAnIV zu einer Konzentration von Windparkplanungen in diesen Gebieten gekommen ist, von denen eine Reihe bereits genehmigt ist, stellt die Nullvariante keine Alternative dar.

Aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung der deutschen AWZ der Ostsee in Verbindung mit einem hohen Schiffsverkehrsaufkommen und mit der Ausschlusswirkung in den fünf großflächigen FFH-Gebieten bzw. der Festsetzung des Naturschutzgebietes „Pommersche Bucht“ (Europäisches Vogelschutzgebiet) kommt die Alternative, in der Ostsee weitere Vorranggebiete zur Energieerzeugung festzulegen, nicht in Betracht.

#### **7.1.6 Fischerei und Marikultur**

Gebietsfestlegungen für die Fischerei sind wegen der Regelungskompetenz der EU für die Fischereipolitik sowie wegen räumlich nicht abgrenzbarer Fanggebiete nicht möglich. Insofern wurden für die Fischerei keine Gebietsfestlegungen erwogen.

Für die Marikultur sind Gebietsfestlegungen denkbar. Da es aber für das Gebiet der AWZ weder belastbare Erfahrungen noch sich abzeichnende Entwicklungstrends im Bereich der Marikultur gibt, wurde von räumlichen Festlegungen abgesehen.

#### **7.1.7 Meeresumwelt**

Für den Schutz und die Entwicklung der Meeresumwelt werden keine eigenständigen Gebietsfestlegungen getroffen. Dieses hat verschiedene Gründe. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Raumordnung nicht an Stelle der Fachbehörden naturschutzfachliche Festlegungen treffen darf. So kommt den fachrechtlich bestimmten Natura 2000-Gebieten bereits Schutzstatus zu. Eine zusätzliche raumordnerische Gebietsfestlegung würde demgegenüber kein weiteres Steuerungspotenzial beinhalten, so dass von einer Festlegung von Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten abgesehen wird.

Bei der in Betracht gezogenen Festlegung von Gebieten mit besonderer Bedeutung für benthische Lebensgemeinschaften stellte sich zudem die Schwierigkeit der eindeutigen räumlichen Abgrenzbarkeit der Gebiete. Daher wurde der Schutz von Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften quellenbezogen bei den einzelnen Nutzungen als textlicher Grundsatz verankert und von Gebietsfestlegungen abgesehen.

Auch bei möglichen Gebieten mit besonderer Bedeutung für den Vogelzug stellte sich das Problem der eindeutigen räumlichen Abgrenzbarkeit der Gebiete, so dass hierfür ebenfalls keine Gebietsfestlegungen getroffen werden konnten. Eine Berücksichtigung dieses Belanges wird jedoch durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten und die Vorranggebietsfestlegungen für Windenergie sowie durch die Aufnahme eines textlichen Grundsatzes zur Minimierung von Barrierewirkungen bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen sichergestellt.

## **7.2 Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung einschließlich etwaiger Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der erforderlichen Informationen**

### **7.2.1 Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung**

Gemäß § 7 Abs.5 ROG 1998 (vgl. § 9 Abs 1 ROG) ist bei der Aufstellung und Änderung von Raumordnungsplänen eine Umweltprüfung im Sinne der SUP-Richtlinie durchzuführen. In dem dabei gemäß den Kriterien des Anhangs I der SUP-Richtlinie zu erstellenden Umweltbericht sind die voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen, die die Durchführung des Raumordnungsplans auf die Umwelt hat, sowie anderweitige Planungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der wesentlichen Zwecke des Raumordnungsplans zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten.

Im vorliegenden Umweltbericht wird zum einen der derzeitige Zustand der Umwelt beschrieben und bewertet, sowie die voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Plans dargestellt. Zum anderen werden die durch die Festlegungen des Plans bedingten voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen prognostiziert und bewertet.

Grundlage für die Einschätzung möglicher Auswirkungen des Raumordnungsplanes ist eine ausführliche Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustandes (Kapitel 2). Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich aus der Besonderheit des Planungsraums AWZ: Zum einen wird hier erstmals eine flächendeckende Planung betrieben, so dass es auch hinsichtlich der Schutzgüter gilt, erstmalig eine umfassende Bestandsaufnahme zu erstellen. Zum anderen erfordert die besondere Beschaffenheit des Planungsraums Meer eine umfassende Analyse des Ist-Zustandes.

Die Beschreibung und Bewertung des derzeitigen Zustandes der Umwelt sowie der voraussichtlichen Entwicklung bei Nichtdurchführung des Planes ist im Hinblick auf die folgenden Schutzgüter vorgenommen worden:

- Boden
- Wasser
- Phytoplankton
- Zooplankton
- Biotoptypen
- Benthos
- Fische
- Marine Säugetiere
- Rastvögel
- Zugvögel
- Fledermäuse
- Biologische Vielfalt
- Luft
- Klima
- Landschaftsbild
- Sachwerte, kulturelles Erbe
- Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern.

Die Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt (Kapitel 4) beziehen sich ebenfalls auf die dargestellten Schutzgüter. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der

Raumordnung in der AWZ um eine einstufige Planung handelt, d.h., dass nachfolgend bereits die Projektebene folgt.

Es werden alle Planinhalte untersucht, die möglicherweise erhebliche Umweltauswirkungen entfalten können. Die Bewertung erfolgt verbal-argumentativ.

Hinsichtlich der Festlegungen bei denen die Möglichkeit der erheblichen Beeinträchtigung der Erhaltungsziele oder der Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung und der Europäischen Vogelschutzgebiete nicht völlig ausgeschlossen werden kann, wird eine entsprechende Prüfung gem. § 38 i.V.m. § 34 BNatSchG bzw. analog Art. 6 Abs. 3 FFH-Richtlinie für die FFH-Gebiete durchgeführt. Maßstab für diese Prüfungen sind die jeweiligen Schutzzwecke und Erhaltungsziele der durch Verordnung festgelegten Naturschutzgebiete (EU-Vogelschutzgebiete) bzw. FFH-Gebiete. Soweit vorhanden, werden die Ergebnisse von bereits durchgeführten Verträglichkeitsprüfungen im Rahmen von Planfeststellungs- bzw. Festlegungsverfahren einbezogen (Kapitel 5).

Entsprechend der Anforderungen der SUP-Richtlinie werden die Maßnahmen dargestellt, die geplant sind, um erhebliche negative Umweltauswirkungen aufgrund der Durchführung des Planes zu verhindern, zu verringern und soweit wie möglich auszugleichen (Kapitel 6). Hierfür wird die Gesamtheit der Festlegungen des Plans hinsichtlich ihres Minderungspotenzials untersucht.

Hinsichtlich der Untersuchung von Alternativen zu den Planinhalten werden deren Umweltauswirkungen in dem Maße untersucht, wie dieses für eine ggf. zu treffende Auswahlentscheidung auf Raumordnungsebene notwendig ist (Kapitel 7.1).

Für die Beschreibung der geplanten Maßnahmen zur Überwachung (Kapitel 8) werden bestehende Monitoringmaßnahmen sowie nationale und internationale Überwachungsprogramme hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für die Raumordnung untersucht.

Der Umweltbericht schließt mit einer nichttechnischen Zusammenfassung.

### **7.2.2 Informationslücken**

Aus der Beschreibung der biologischen Schutzgüter (Kap. 2) wurde deutlich, dass teilweise Kenntnislücken bestehen, insbesondere im Hinblick auf folgende Punkte:

- Ursachen der Variabilität von Verteilungsmustern und Abundanzen können bei fast allen biologischen Schutzgütern nicht mit Sicherheit definiert werden.
- Wechselwirkungen zwischen abiotischen und biotischen Faktoren sind weitgehend unbekannt.
- Wechselwirkungen zwischen den biologischen Schutzgütern sowie Steuerungsmechanismen der marinen Nahrungsketten sind weitgehend unbekannt.

Die aufgezeigten Kenntnislücken begründen sich teilweise durch fehlende Daten. Insbesondere ist hier das Fehlen von Langzeit-Datenreihen zu nennen. Darüber hinaus fehlen geeignete Analysen, um alle bereits vorhandenen Daten zur Einschätzung des Zustands der Meeresumwelt einsetzen zu können:

- Adäquate Überwachungsprogramme im Küstenmeer und in der AWZ zur Erfassung von Langzeitveränderungen und Entwicklungstrends des marinen Ökosystems in Folge natürlicher Variabilität und anthropogener Einflüsse.
- Eine gemeinsame Auswertung von Daten aus verschiedenen Quellen (Forschung, Überwachung, Projektbasis) nach entsprechender Harmonisierung und Qualitätsprüfung würde den Kenntnisstand erheblich verbessern.

- Eine Verschneidung umfangreicher Informationen zu biotischen und abiotischen Faktoren würde in einem Folgeschritt einen Beitrag leisten, komplexe Prozesse des marinen Ökosystems besser verstehen zu können.

Auf Grund noch weitergehender fehlender Informationen bezüglich natürlicher Prozesse oder Auswirkungen bereits bestehender Nutzungen bleibt auch die Prognose der Entwicklung der belebten Meeresumwelt bei Nicht-Durchführung des Raumordnungsplans (Kap. 3) sehr unsicher.

Die Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen (Kap. 3) auf die belebte Meeresumwelt verdeutlicht ebenfalls das Fehlen umfänglicher Informationen:

- Auswirkungen von Nutzungen auf die belebte Meeresumwelt sind häufig unbekannt
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen verschiedener Nutzungen auf die biologischen Schutzgüter können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Prognosen zur Entwicklung der belebten Meeresumwelt nach Durchführung des Raumordnungsplans bleiben mit Unsicherheiten behaftet.

#### **7.2.2.1 Boden**

Die Beschreibung und Bewertung der Umweltwirkungen im Hinblick auf das Schutzgut Boden beruhen vor allem auf Kartenmaterial, das auf der Auswertung punktueller Datenerhebungen beruht. Für den Bereich der Teilgebiete "Darßer Schwelle", „Arkona-Becken“ und „Adlergrund“ liegt ein Stationsnetz an Greiferproben vor, das einen mittleren Abstand ca. 1 Seemeile aufweist.

Insbesondere in Bezug auf die Verbreitung von überwiegend fleckenhaft ausgebildeten Grobsand-Feinkies-Flächen und Restsedimenten in Form von Kiesen, Steinen und Blöcken fehlt eine flächendeckende Sedimentbeschreibung. Dies betrifft in erster Linie in der Ostsee die Schwellen und Flachwasserbereiche, die in allen Teilgebieten vorkommen.

In Bezug auf die natürliche Sedimentdynamik in der Ostsee können keine belastbaren Aussagen quantitativer Art über den räumlichen und zeitlichen Umgriff von Sandbewegungen getroffen werden. In diesem Zusammenhang fehlen flächenhafte Informationen über die Verteilung und Mächtigkeit der mobilen bzw. umlagerungsfähigen Sande sowie geeignete operationelle Werkzeuge zur Modellierung des Sedimenttransports, die belastbare Modellergebnisse über das Umlagerungsgeschehen auf dem Meeresboden liefern.

Die Kenntnis über die Belastung von Sedimenten in deutschen AWZ mit Schadstoffen (Metalle und organische Schadstoffe) ist noch lückenhafter als die von geologischen und morphologischen Parametern. Dies betrifft zum einen die räumliche Auflösung der Untersuchungen als auch den Umfang der untersuchten Parameter – insbesondere der organischen Schadstoffe. Aufgrund der Vielzahl zukünftiger, möglicher Vorhaben und Aktivitäten sind Belastungen nur schwer vollständig vorauszusehen. Daher ist bei Vorhaben, die das Schutzgut Boden unmittelbar berühren, die Gefahr sehr groß, dass keine belastbaren Aussagen bezüglich lokaler, kleinskaliger oder spezieller Schadstoff-Belastungen vorliegen.

#### **7.2.2.2 Wasser**

Für dieses Schutzgut sind grundsätzlich ausreichende Kenntnisse vorhanden. In Bezug auf die möglichen Einflüsse eines massiven Ausbaus der Offshore-Windenergie auf Salzwassereinträge aus der Nordsee wird auf das Forschungsprojekt Quantas verwiesen.

### 7.2.2.3 Phyto- und Zooplankton

Aus der Beschreibung des Vorkommens und des Zustandes von Phyto- und Zooplankton (Kap. 2) wurde deutlich, dass noch Kenntnislücken über die natürlichen Prozesse und die Variabilität bestehen. Kenntnislücken bezüglich des Vorkommens und der Wechselwirkungen von abiotischen und biotischen Faktoren, die auf das Vorkommen Einfluss nehmen, wurden dabei aufgezeigt. Bei der Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf das Plankton wird das Fehlen umfangreicher Informationen sowie einer Vernetzung und Verschneidung der verfügbaren Informationen deutlich.

Informationslücken zeigen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Phyto- und Zooplankton:

- Effekte der Fischerei und der Marikultur auf das Phyto- und Zooplankton in der AWZ sind weitgehend unbekannt.
- Wechselwirkungen zwischen den Auswirkungen verschiedener Nutzungen und abiotischen Faktoren auf das Plankton sind noch unzureichend beschrieben und in ihrer gesamten Vielfalt noch nicht erfasst.
- Kumulative Wirkungen von Eutrophierung, Fischerei, Schifffahrt und anderer Nutzungen auf das Plankton sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marinen Nahrungsketten auf das Plankton können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Schifffahrt durch die Einführung nicht einheimischer Arten auf das Plankton können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Meeresumweltverschmutzung auf das Plankton und Anreicherung in den Nahrungsketten können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Veränderungen in Phyto- und Zooplankton lassen sich kausal weder natürlichen noch anthropogenen Einflüsse zuverlässig zuordnen.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons in der deutschen AWZ nicht zu:

- Effekte von langanhaltenden Aktivitäten mit Erzeugung von Trübungsfahnen sind weitgehend unbekannt;
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf das Phyto- und Zooplankton in der AWZ lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes von Phyto- und Zooplankton als Basis der gesamten marinen Nahrungsketten, noch weitgehend fehlen.

### 7.2.2.4 Benthos

Allgemein zeichnen sich benthische Lebensgemeinschaften durch eine hohe natürliche Dynamik und Variabilität aus, die Prognosen über einen zukünftigen Zustand der Makrozoobenthos-Gemeinschaft an einem bestimmten Standort erschweren.

Das Vorkommen von Benthoslebensgemeinschaften in der deutschen AWZ wurde erst in den letzten Jahren systematisch erfasst. Der Kenntnisstand über Dominanzverhältnisse, Verbreitung, Abundanz und Biomasse benthischer Organismen in deutschen Gewässern der Ostsee hat sich seit 2000 durch Forschungsprogramme deutlich verbessert. Zusätzlich wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windparkprojekten zwar kleinräumige,

aber aufwandsintensive Untersuchungen vorgenommen. Durch den enormen Kartieraufwand im Rahmen von Forschungsaktivitäten und privaten Projektuntersuchungen liegen nun große Datensätze vor.

Aus der Beschreibung des Vorkommens benthischer Lebensgemeinschaften (Kap. 2) wurde jedoch deutlich, dass teilweise immer noch große Kenntnislücken bestehen. Diese beziehen sich zum einen auf das Vorkommen des Benthos und zum anderen auf die Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren, die auf das Vorkommen Einfluss nehmen. Bei der Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf das Benthos wird das Fehlen umfangreicher Informationen sowie der Vernetzung und Verschneidung der verfügbaren Informationen deutlich.

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Benthoslebensgemeinschaften ab:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf das Benthos sind nur unzureichend bekannt
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf das Benthos sind weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marinen Nahrungsketten auf das Benthos können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Voraussichtliche Effekte der Einbringung von Hartsubstrat auf die Entwicklung der Benthoslebensgemeinschaften sind noch weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Effekte durch Einschränkung der Fischerei auf Grund eines eventuellen Befahrungsverbots bestimmter Fischereifahrzeuge in Offshore-Windenergieparks sind weitgehend unbekannt
- Bisherige Erkenntnisse aus dem Küstenmeer und aus unterschiedlichen Biotoptypen lassen sich nicht ohne weiteres auf die Situation in der AWZ übertragen
- Voraussichtliche kumulative Effekte verschiedener Nutzungen auf das Benthos können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken hinsichtlich natürlicher Dynamik und Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung der Benthoslebensgemeinschaften in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf das Benthos (z.B. Offshore-Windenergie) fehlen
- Die Auswirkungen von Offshore-Windparks auf das Benthos können noch nicht zuverlässig prognostiziert werden
- Eine mögliche Habitaterweiterung für Benthos durch Einbringung von Hartsubstrat in Offshore-Windparks kann nicht zuverlässig prognostiziert werden
- Mögliche kumulative Wirkungen auf Grund von Nutzungen auf die Populationsentwicklung benthischer Arten sind weitgehend unerforscht
- Die Bestandsentwicklung der Roten-Liste-Arten kann nicht abgeschätzt werden
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung, Offshore-Windenergienutzung und weiterer Nutzungen auf See auf das Benthos lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands benthischer Lebensgemeinschaften noch weitgehend fehlen.

#### **7.2.2.5 Fische**

Durch eine überwiegende Orientierung der Fischereiforschung auf die wenigen kommerziell genutzten Fischarten ist der Wissensstand bei nicht kommerziell genutzten Arten gering. Die Untersuchungen zu rein pelagischen Fischarten und solchen, die kommerziell unbedeutend sind, sind sehr eingeschränkt. Auf Grund dessen kann eine Abschätzung möglicher Veränderungen im Artenspektrum der Fischfauna nur für einen Teil der dort lebenden Fischarten erfolgen.

Das Vorkommen von demersalen und kommerziell bedeutenden Fischarten in der deutschen AWZ wurde in den letzten Jahren durch Grundschleppnetzeinsatz reichlich dokumentiert. Der Kenntnisstand über Dominanzverhältnisse, Verbreitung, Abundanz und Biomasse demersaler und kommerziell wichtiger Arten in deutschen Gewässern der Ostsee hat sich seit 2000 durch neuere Erkenntnisse im Rahmen von Forschungsprogrammen deutlich verbessert. Zusätzlich wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudien von Offshore-Windparkprojekten zwar kleinräumige, aber aufwandsintensive Untersuchungen vorgenommen. Durch den enormen Kartieraufwand im Rahmen von Forschungsaktivitäten und privaten Projektuntersuchungen liegen nun große Datensätze vor.

Aus der Beschreibung des Vorkommens der Fischfauna (Kap. 2) wurde jedoch deutlich, dass teilweise auch hier Kenntnislücken bestehen. Diese beziehen sich zum einen auf das Vorkommen der pelagischen und kommerziell unbedeutenden Arten und zum anderen auf die Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren, die auf das Vorkommen Einfluss nehmen. Bei der Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf Fische wird das Fehlen umfangreicher Informationen sowie der Vernetzung und Verschneidung der verfügbaren Informationen deutlich.

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Fischarten ab:

- Wechselwirkungen zwischen artspezifischer Entwicklung von Fischbeständen (als Beuteorganismen und Prädatoren zugleich) und Fischerei sind weitgehend unklar
- Auswirkungen von Schadstoffen auf Fische, insbesondere auf kommerziell wichtige Arten, sind teilweise bekannt (Untersuchungen der Bundesforschungsanstalt für Fischerei)
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf Fische sind weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marinen Nahrungsketten auf die Fischfauna können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Informationen über Reaktion der Fische auf Schall, insbesondere Schallimmissionen aus Offshore-Windenergieanlagen sind nur sehr eingeschränkt verfügbar
- Voraussichtliche Effekte der Veränderung von Habitat und Nahrungsspektrum durch Einbringung von Hartsubstrat auf die Entwicklung der Fischfauna sind noch weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Effekte durch Einschränkung der Fischerei auf Grund eines eventuellen Befahrungsverbots bestimmter Fischereifahrzeuge in Offshore-Windenergieparks sind weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche kumulative Effekte verschiedener Nutzungen auf die Fischfauna können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken hinsichtlich natürlicher Dynamik und Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung der Fischfauna in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf die Fischfauna (insbesondere Offshore-Windenergie und Sand- und Kiesgewinnung) fehlen.
- Die Auswirkungen von Offshore-Windparks auf Fische können noch nicht zuverlässig prognostiziert werden.



- Eine mögliche Habitat- und Nahrungserweiterung für Fische durch Einbringung von Hartsubstrat in Offshore-Windparks kann nicht zuverlässig prognostiziert werden
- Mögliche kumulative Wirkungen auf Grund von Nutzungen auf die Populationsentwicklung von Fischarten sind weitgehend unerforscht
- Die Bestandsentwicklung der Rote-Liste-Arten kann nicht abgeschätzt werden
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung, Offshore-Windenergienutzung und weiterer Nutzungen auf See auf die Fischfauna lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands der Fischfauna noch weitgehend fehlen.

#### 7.2.2.6 Marine Säugetiere

Vorkommen mariner Säugetiere, insbesondere Schweinswale, wurden erst in den letzten Jahren systematisch erfasst. Der Kenntnisstand über Verteilung und Abundanz in deutschen Gewässern der Nord- und Ostsee hat sich seit 2000 durch die Befliegungen im Rahmen von MINOS und MINOS<sup>plus</sup> deutlich verbessert (GILLES ET AL. 2006; SCHEIDAT ET AL. 2004). Zusätzlich wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudien von Offshore-Windparkprojekten zwar kleinräumige, aber aufwandsintensive Untersuchungen vorgenommen. Durch den enormen Kartieraufwand im Rahmen von Forschungsaktivitäten und privaten Projektuntersuchungen liegen nun große Datensätze vor.

Aus der Beschreibung des Vorkommens und des Zustands von marinen Säugetieren (Kap. 2) wurde jedoch deutlich, dass trotz des großen Kartieraufwands in den letzten Jahren teilweise immer noch große Kenntnislücken bestehen. Diese beziehen sich zum einen auf das Vorkommen mariner Säugetiere und zum anderen auf die Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren, die auf das Vorkommen Einfluss nehmen. Bei der Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf marine Säugetiere wird das Fehlen umfänglicher Informationen sowie der Vernetzung und Verschneidung der verfügbaren Informationen deutlich. Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen mariner Säugetiere ab:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf marine Säugetiere sind nur unzureichend bekannt.
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf marine Säugetiere sind weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marine Nahrungsketten auf marine Säugetiere können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Voraussichtliche Effekte verschiedener Nutzungen auf marine Säugetiere können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung mariner Säugetiere in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf marine Säuger (z.B. Offshore-Windenergie) fehlen
- Die Nutzung von Offshore-Windparks durch Schweinswale kann noch nicht zuverlässig prognostiziert werden.
- Ein möglicher Habitatverlust für Schweinswale durch Vermeidung von Offshore-Windparks kann nicht zuverlässig prognostiziert werden
- Mögliche Auswirkungen, wie Verletzungen und physiologische Schäden auf Grund von Nutzungen sind weitgehend unerforscht

- Verhaltensänderungen auf Grund von Betriebsgeräuschen oder anderer betriebsbedingter Wirkfaktoren in Offshore-Windparks und deren Umgebung auf Schweinswale sind weitgehend unbekannt
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf marine Säugetiere lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands mariner Säugetiere noch weitgehend fehlen.

### 7.2.2.7 Seevögel

Seevögel in der deutschen AWZ der Ostsee wurden in den letzten Jahren systematisch erfasst. Durch die SAS-Vogelzählungen auf See und Vogelzählungen vom Land aus liegen Daten zum Vorkommen von Rast- und Seevögeln in deutschen Gewässern vor. Der Kenntnisstand über Verteilung und Abundanz in deutschen Gewässern der Nord- und Ostsee hat sich seit 2000 durch die Untersuchungen im Rahmen von MINOS und MINOS<sup>plus</sup> deutlich erweitert (GARTHE ET AL. 2008, SONNTAG ET AL. 2006; GARTHE ET AL. 2004, GARTHE ET AL. 2003). Zusätzlich wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudien von mehr als 20 Offshore-Windparkprojekten zwar kleinräumige, aber aufwandsintensive Untersuchungen vorgenommen. Durch den enormen Kartieraufwand im Rahmen von Forschungsaktivitäten und privaten Projektuntersuchungen liegen nun große Datensätze vor.

Aus der Beschreibung des Vorkommens und des Zustandes von Seevögeln (Kap. 2) wurde deutlich, dass teilweise noch große Kenntnislücken bestehen. Dieses gilt zum einen hinsichtlich des Vorkommens von Seevögeln und zum anderen hinsichtlich der Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren, die auf das Vorkommen Einfluss nehmen. Die Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf Seevögel verdeutlicht ebenfalls das Fehlen umfangreicher Informationen. Erhobene Informationen zu Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen aus den dänischen Windparks Horns Rev und Nysted lassen sich kaum auf die festgelegten Vorranggebiete für Windenergie in deutschen Gewässern übertragen: Zum einen sind die Daten aus Horns Rev und Nysted auf Grund unterschiedlicher Erfassungsstrategien kaum vergleichbar mit den Basisdaten aus deutschen Gewässern. Zum anderen stellen sowohl Nysted als auch Horns Rev völlig verschiedene Lebensraumtypen für Rastvögel als die deutschen Vorranggebiete in der AWZ dar.

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Seevögeln ab:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf Seevögel sind nur unzureichend bekannt
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf Seevögel sind weitgehend unbekannt
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch Veränderungen der marinen Nahrungsketten auf Seevögel können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung von Seevögeln in der deutschen AWZ nur bedingt zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Seevögel (z. B. Offshore-Windenergie, Sand- und Kiesgewinnung) fehlen
- Die artspezifische Nutzung von Offshore-Windparks durch Seevögel kann noch nicht zuverlässig prognostiziert werden

- Ein artspezifischer Habitatverlust für Seevögel durch Vermeidung von Offshore-Windparks kann noch nicht zuverlässig prognostiziert werden
- Mögliche Auswirkungen, wie Verletzungen und physiologische Schäden, auf Grund von Nutzungen sind weitgehend unerforscht
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Seevögel mit Offshore- Windenergieanlagen ist nur teilweise prognostizierbar
- Verhaltensänderungen auf Grund des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen bei Seevögeln sind weitgehend unbekannt
- Auswirkungen durch Störungen oder Habitatverluste bei Seevögeln im Offshore-Bereich auf Populationsebene der Arten sind weitgehend unbekannt
- Gewöhnungseffekte störepfindlicher Arten an Nutzungen im Offshore-Bereich sind noch nicht untersucht
- Ein artspezifischer Habitatverlust für Seevögel durch Vermeidung von Schifffahrtswegen bleibt unsicher
- Voraussichtliche Effekte durch Habitatverlust in Nutzungsgebieten und Verlagerung der Bestände von Seevögeln in benachbarten Gebieten können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Voraussichtliche Folgeeffekte im Fall von Bestandsverlagerungen (Überlebenschance, Reproduktionserfolg) können nicht zuverlässig abgeschätzt werden
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf Seevögel lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes von Seevögeln noch weitgehend fehlen.

#### **7.2.2.8 Zugvögel**

Das Zugeschehen kann auf Grund der derzeit zur Verfügung stehenden Erfassungsmethoden qualitativ und quantitativ nur teilweise sicher ausgewertet werden.

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Zugeschehen ab:

- Ausreichende Erkenntnisse über die Auswirkungen der Nutzungen, insbesondere Offshore-Windenergie, auf Zugvögel fehlen gegenwärtig noch
- Bisherige Erkenntnisse über Auswirkungen aus Windenergieanlagen im Küstenmeer und auf dem Land sind auf Grund der unterschiedlichen Bedingungen nur sehr eingeschränkt übertragbar.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Zugeschehens in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Zugvögel (z. B. Schifffahrt, Förderplattformen, Offshore-Windenergieanlagen) fehlen
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Zugvögel mit Offshore-Windenergieanlagen ist weitgehend unbekannt
- Mögliche Barrierewirkungen durch Offshore-Windenergieanlagen auf artspezifische Zugrouten über das Meer sind weitgehend unerforscht
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Meeresumweltverschmutzung und Nutzungen auf See auf Zugvögel lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Vogelzugs über die Ostsee noch weitgehend fehlen.

#### **7.2.2.9 Fledermäuse**

Aus der Beschreibung in Kapitel 2 wurde deutlich, dass teilweise noch große Kenntnislücken über Bestandsgrößen und Verbreitung von Fledermäusen existieren. Zudem fehlen noch geeignete Erfassungsmethoden, um Zugbewegungen im Meeresbereich quantifizieren zu können. Die Bewertung der Auswirkungen von Nutzungen auf Fledermäuse verdeutlicht ebenfalls das Fehlen umfangreicher Informationen.

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen möglichen Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Fledermäusen ab:

- Grundsätzliche Erkenntnisse über die Auswirkungen der Nutzungen auf Fledermäuse fehlen gegenwärtig.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Vorkommens von Fledermäusen in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Fledermäuse (z. B. Schifffahrt, Förderplattformen, Offshore-Windenergieanlagen) fehlen
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Fledermäuse mit Offshore-Windenergieanlagen ist weitgehend unbekannt
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Meeresumweltschmutzung und Nutzungen auf See auf Fledermäuse lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung von Wander- und Zugbewegungen von Fledermäusen über die Ostsee noch weitgehend fehlen.

#### **7.2.2.10 Zusammenfassung**

Die dargestellten Kenntnislücken verdeutlichen, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands der einzelnen Schutzgüter noch in der Entwicklung sind. Aufgrund der Zunahme der Nutzungen einerseits und schnell voranschreitender Veränderungen des marinen Ökosystems andererseits, wären gezielte Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes der Schutzgüter als Grundlage für eine angemessene marine Raumordnung sowie eines wirksamen Schutzes der marinen Umwelt wünschenswert. Für Prognosen im Rahmen von künftigen etwaigen Forschreibungen wären somit insbesondere folgende Punkte hilfreich:

- Gemeinsame Auswertung aller vorhandenen Datensätze aus allen Forschungs- und Überwachungsprogrammen sowie aus Umweltverträglichkeitsprüfungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren für verschiedene Nutzungen
- Gemeinsame Auswertung und Verschneidung biologischer Daten mit physikalischen und chemischen Daten
- Auswertung des Effekt-Monitoring, um mögliche Auswirkungen von Nutzungen wie Offshore-Windenergienutzung, auf die Schutzgüter erfassen zu können.

### 7.2.3 Fehlen von Bewertungskriterien

Aus den vorhandenen Informationslücken ist vor allem ersichtlich, dass Kriterien sowohl hinsichtlich der Bewertung des Zustandes biologischer Schutzgüter im Meer als auch der Bewertung von Auswirkungen anthropogener Aktivitäten auf die Entwicklung der belebten Meeresumwelt noch weitgehend fehlen. Das Fehlen von wissenschaftlich erarbeiteten Bewertungskriterien wurde zur Durchführung der SUP durch Anwendung von schutzgutbezogenen Hilfsgrößen kompensiert. Die Aussagen und vor allem die aufgestellten Prognosen bleiben jedoch dadurch mit großen Unsicherheiten behaftet. Zudem ist die grenzübergreifende Bewertung von kumulativen Wirkungen von Nutzungen auf hochmobile weit wandernde Schutzgüter (Rast- und Zugvögel, marine Säugetiere und Fische) nicht möglich, solange eine vergleichbare Bewertungsbasis noch fehlt.

Das Fehlen von Kriterien zur Bewertung des Zustands und der natürlichen Trendentwicklung biologischer Schutzgüter im Meeresbereich hat schutzgutspezifisch vielfältige Gründe:

- Fehlen von historischen Daten und Langzeit-Datenreihen
- Fehlen gemeinsamer Auswertung aller vorhandenen schutzgutbezogenen Daten
- Fehlen von Trendanalysen
- Fehlen von Verschneidungen von Informationen aus Meeresphysik, Meereschemie, Meeresgeologie, Meeresbiologie, Seemeteorologie
- Fehlen von geeigneten Methoden zur Entwicklung von Bewertungskriterien des Zustands der belebten Umwelt im Meeresbereich.

Bei der Entwicklung von Bewertungskriterien auf Basis von wissenschaftlichen Informationen handelt es sich um langwierige Prozesse, wie Erfahrungen aus dem Küstenmeer zeigen. So wurden z.B. im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) durch wissenschaftliche Auswertung von Daten und Verschneidung von Informationen aus dem Küsten-, Ästuar- und Flussbereich Kriterien zur Bewertung der Eutrophierung und einiger biologische Schutzgüter erarbeitet. Diese Kriterien sind jedoch auf den Bereich der AWZ nicht übertragbar. Erste Schritte wurden im Rahmen von HELCOM zur Erarbeitung von Kriterien zur Bewertung des Eutrophierungsgrads von Teilgebieten der Ostsee gemacht. Für viele biologische Schutzgüter fehlen jedoch bislang Kriterien, die eine grenzübergreifende vergleichbare Bewertung des Zustands erlauben würden.

Das Fehlen von wissenschaftlich erarbeiteten Kriterien zur Bewertung des Zustands biologischer Schutzgüter im Meer erschwert zusätzlich die Entwicklung von Kriterien zur Bewertung von Auswirkungen anthropogener Aktivitäten auf biologische Schutzgüter. Insgesamt erschweren mehrere Faktoren die Aufstellung von Kriterien zur Bewertung von Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf biologische Schutzgüter:

- Fehlen von Kriterien zur Bewertung des natürlichen Zustands biologischer Schutzgüter im Meer
- Fehlen von Daten über Auswirkungen einzelner Nutzungen (insbesondere bei neuen Nutzungen) auf die Entwicklung biologischer Schutzgüter
- Fehlen von Langzeitdaten über Auswirkungen um Rückschlüsse über permanente Verhaltensänderungen oder Beeinträchtigungen von Populationen ziehen zu können
- Fehlen von geeigneten Methoden zur Entwicklung von Bewertungskriterien der Auswirkungen von Nutzungen auf biologische Schutzgüter im Meer.

Bei Nutzungen, die über lange Zeiträume stattfinden, wie Fischerei und Schifffahrt, liegen meistens umfangreiche Daten zu den Auswirkungen vor. Im Gegensatz dazu, liegen für neue Nutzungen, wie bei den Festlegungen von Gebieten für Offshore-Windenergie im Raumordnungsplan, keine adäquaten Daten vor. Bereits gesammelte Daten und Erfahrungen aus Offshore-Windparks in dänischen und schwedischen Gewässern lassen sich nur bedingt auf die

Gebiete in deutschen Gewässern übertragen: Zum einen aufgrund der Verschiedenheit der Habitate und zum anderen aufgrund der Erfassungs- und Auswertungsmethodik.

Der Windpark Nystedt in der Westlichen Ostsee liegt in flachen Küstengewässern und einige km von der Küste entfernt. Alle Datenerhebungen weisen das Gebiet als typisches Habitat für Meerestenten (Eiderenten) und küstennah lebende Vogelarten auf. Seevögel kommen in Nystedt nur sporadisch vor. Dagegen liegen die zwei Vorranggebiete in der deutschen AWZ weit entfernt von der Küste und in Wassertiefen über 20 m. Alle Datenerhebungen weisen die zwei Vorranggebiete als Habitate für Hochseevögel mit eher geringen Anteil an küstennah lebenden Arten und an tauchenden Meerestenten aus. Lediglich das Vorranggebiet Westlich Adlergrund grenzt südlich-südöstlich an Rasthabitate der Eisente, der Samtente und der Gryllsteite. Daher sind Aussagen zur Habitatwahl und Meideverhalten von Seevögel in Nystedt nur sehr bedingt auf das Verhalten von See- und Wasservögeln in der deutschen AWZ übertragbar.

Zur Auswertung der Ergebnisse, insbesondere zu Auswirkungen des Windparks auf die Habitatwahl von Rastvögeln, wurde der Jacobs Selektivitätsindex eingesetzt. Die biogeographische Verteilung der verschiedenen Vogelarten wurde jedoch dabei nicht berücksichtigt. Es wurde im Gegenteil von einer normalen Verteilung des Vorkommens der Vögel ausgegangen. Die hohe Dynamik der Nahrungspräferenzen, der Wetterbedingungen oder der saisonalen Abundanz beeinflussen jedoch entscheidend die Verteilung von Rastvögeln.

Aus dem Bereich der deutschen Gewässer der Nordsee liegt zahlreiches Material zur Verteilung und Abundanz von Seevögeln, insbesondere von den MINOS-Projekten und aus Umweltverträglichkeitsprüfungen vor. Erste Auswertungen zur natürlichen Habitatwahl und Nahrungspräferenzen von häufig vorkommenden Seevögel (Seetaucher, Eisente) wurden bereits auf der Basis von MINOS-Daten vorgenommen und veröffentlicht. Durch gemeinsame Auswertungen aller vorhandenen Datenressourcen kann erst eine Basis zur Bewertung des Zustands von Seevögeln auf dem Meer geschaffen werden. Anhand der Daten können auch Wertebereiche von relativen Häufigkeiten oder Dichten der häufigen Seevogelarten gebietspezifisch definiert werden.

Insgesamt lassen sich folgende Empfehlungen für die Erarbeitung von Kriterien zur Bewertung des Zustands biologischer Schutzgüter und der Auswirkungen von neuen Nutzungen auf dem Meer festhalten:

- Zusammenführung von Ergebnissen und gemeinsame Auswertung aller vorhandenen schutzgutbezogenen Daten
- Verschneidungen von Informationen aus Meeresphysik, Meereschemie, Meeresgeologie, Meeresbiologie, Seemeteorologie
- Überprüfung von Methoden zur Entwicklung von Bewertungskriterien des Zustands der belebten Meeresumwelt

## **8 Geplante Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Umwelt**

### **8.1 Allgemeines**

Die erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Umwelt sind gemäß § 7 Abs. 10 ROG 1998 (vgl. § 9 Abs. 4 ROG) zu überwachen. Damit sollen frühzeitig unvorhergesehene negative Auswirkungen ermittelt und geeignete Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können (vgl. Art. 10 SUP-Richtlinie bzw. § 14m UVPG).

Dementsprechend sind gemäß § 7 Abs. 8 ROG 1998 (vgl. § 9 Abs. 4 ROG) im Umweltbericht die vorgesehenen Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Plans auf die Umwelt zu benennen. Die Überwachung obliegt dem BSH, da dieses die für die Strategische Umweltprüfung zuständige Behörde ist (siehe § 14 m Abs. 2 UVPG). Dabei kann, wie es Art. 10 Abs. 2 der SUP-Richtlinie bzw. § 14 m Abs. 5 UVPG intendieren, auf bestehende Überwachungsmechanismen zurückgegriffen werden, um Doppelarbeit bei der Überwachung zu vermeiden. Die Ergebnisse des Monitorings sind gemäß § 14 m Abs. 4 UVPG bei einer erneuten Aufstellung oder einer Änderung des Plans zu berücksichtigen.

Bei der Erörterung und Benennung der vorgesehenen Überwachungsmaßnahmen ist zu beachten, dass die eigentliche Überwachung der erheblichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt erst in dem Moment einsetzen kann, in dem der Raumordnungsplan durchgeführt, also die im Raumordnungsplan geregelten Nutzungen realisiert werden. Dennoch darf bei der Auswertung der Überwachungsmaßnahmen die natürliche Entwicklung der Meeresumwelt einschließlich der Einflüsse des Klimawandels nicht außer Betracht bleiben. Es gilt jedoch, dass im Rahmen des planbezogenen Monitorings keine allgemeine Forschung betrieben werden kann.

Daher kommt dem Monitoring der Auswirkungen der einzelnen im Raumordnungsplan geregelten Nutzungen eine besondere Bedeutung zu. So ist im Raumordnungsplan zur Gewährleistung einer möglichst umweltfreundlichen Ausübung der Nutzungen Rohstoffgewinnung und Windenergie festgelegt worden, dass die Auswirkungen auf die Meeresumwelt im Rahmen eines vorhabensbezogenen Monitorings untersucht und dargelegt werden sollen.

Wesentliche Aufgabe des planbegleitenden Monitorings ist es, diese Ergebnisse aus den verschiedenen Monitoringprogrammen, die auf Projektebene durchgeführt werden (sog. Effektmonitoring), zusammenzuführen und auszuwerten. Die Auswertung wird sich auch auf die unvorhergesehenen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt sowie auf die Überprüfung der Prognosen des Umweltberichts beziehen. Das BSH wird in diesem Zusammenhang nach § 14 m Abs. 4 UVPG bei den zuständigen Behörden die dort vorliegenden Monitoringergebnisse abfragen, die zur Wahrnehmung der Überwachungsmaßnahmen erforderlich sind.

Ergänzend sind – auch zur Vermeidung von Doppelarbeit - bestehende nationale und internationale Überwachungsprogramme auszuwerten. Dies sind insbesondere das Bund-Länder-Messprogramm, das marine Umweltmessnetz des BSH „MARNET“, die im Rahmen von HELCOM bzw. ICES durchzuführenden Arbeiten. Einzubeziehen sind auch die nach Art. 11 FFH-RL vorgeschriebene Überwachung des Erhaltungszustandes bestimmter Arten und Lebensräume sowie die im Zuge der Managementpläne für das Naturschutzgebiet „Pommersche Bucht“ (Europäisches Vogelschutzgebiet) bzw. die FFH-Gebiete durchzuführenden Untersuchungen. Anknüpfungspunkte werden sich auch zur Umweltbeobachtung nach § 12 BNatSchG sowie zu den in der Meeresstrategie-Richtlinie sowie der Wasserrahmen-Richtlinie vorgesehenen Maßnahmen ergeben.

Zusammengefasst lassen sich die vorgesehenen planbezogenen Monitoringmaßnahmen in der Ostsee wie folgt darstellen:

- Zusammenführung und Auswertung des vorhabensbezogenen, auf Projektebene durchgeführten Effektmonitorings und etwaiger begleitender Forschung
- Auswertung von nationalen und internationalen Überwachungsprogrammen, insbesondere
  - Bund-Länder-Messprogramm
  - marines Umweltmessnetz des BSH „MARNET“
  - Überwachungsprogramme im Rahmen von HELCOM (bspw. COMBINE, Pollution Load Compilation)
  - Überwachungsprogramme im Rahmen von ICES

- Überwachung des Erhaltungszustandes bestimmter Arten und Lebensräume nach Art. 11 FFH-RL
- Managementpläne für das Naturschutzgebiet „Pommersche Bucht“ (Europäisches Vogelschutzgebiet) bzw. Untersuchungen für die FFH-Gebiete
- Umweltbeobachtung nach § 12 BNatSchG
- Maßnahmen nach der Meeresstrategie-Richtlinie
- Maßnahmen nach der Wasserrahmen-Richtlinie.

Das BSH wird aus Gründen der Praktikabilität und der angemessenen Umsetzung von Vorgaben aus der Strategischen Umweltprüfung bei der Durchführung des Monitorings des Raumordnungsplans einen ökosystemorientierten Betrachtungsansatz verfolgen, der auf die fachübergreifende Zusammenführung von Meeresumweltinformationen abhebt, indem im Zuge der Etablierung einer behörden- bzw. institutionsübergreifenden Vernetzung von Fachinformationssystemen die umfangreichen meereswissenschaftlichen Kompetenzen sektoraler Ausrichtung an eine systematische Umweltbeobachtung herangeführt und dafür genutzt werden. Um die Ursachen von planbedingten Veränderungen in Teilen oder einzelnen Elementen eines Ökosystems beurteilen zu können, müssen auch die anthropogenen Größen aus der Raumbewertung (z.B. Fachinformationen zu Schiffsverkehren aus den AIS-Datenbeständen) registriert und in die Bewertung einbezogen werden.

Bei der Zusammenführung und Auswertung der Monitoringergebnisse auf Projektebene, der nationalen und internationalen Überwachungsprogramme sowie der - unabhängig vom Raumordnungsplan - die Projektrealisierung begleitenden Forschung wird eine Überprüfung der im Umweltbericht niedergelegten Kenntnislücken bzw. der mit Unsicherheiten behafteten Prognosen, insbesondere hinsichtlich der Beschreibung und Bewertung erheblicher Auswirkungen bestimmter Nutzungen auf die Meeresumwelt, durchzuführen sein. Kumulative Wirkungen von festgelegten Nutzungen sollen dabei regional wie überregional bewertet werden.

Die nach der Vorgabe der SUP zur Sicherstellung eines hohen Umweltschutzniveaus formulierten folgenden Grundsätze im Raumordnungsplan sind bei der Realisierung der festgelegten Nutzungen zu überprüfen:

- Nachteilige Auswirkungen auf die Meeresumwelt, insbesondere die natürlichen Funktionen und die ökosystemare Bedeutung des Meeres, sollen durch die jeweilige Festlegung und den daraus resultierenden Maßnahmen möglichst vermieden werden. Der jeweilige Stand der Technik sowie die beste Umweltpaxis („best environmental practice“) entsprechend des Helsinki- bzw. OSPAR-Übereinkommens sollen berücksichtigt werden.
- Die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume soll vermieden werden.

Da die Festlegungen des Raumordnungsplanes überwiegend bestandsbezogen sind, sind die ökologischen Auswirkungen vieler Nutzungen nur bedingt abhängig von der Durchführung bzw. Nichtdurchführung des Plans. Eine Ausnahme stellt die Offshore-Windenergie dar. Für diese wird nachfolgend beispielhaft ein Konzept dargelegt.

### **8.2 Monitoring der erheblichen Auswirkungen der Festlegung der Vorranggebiete für Windenergie auf die Meeresumwelt**

Erste Erkenntnisse für das Monitoring auf Raumplanungsebene werden durch das nach dem Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (Standarduntersuchungskonzept des BSH, StUK) auf Projektebene vorgeschriebene Effektmonitoring sowie durch die aus Forschungsmitteln des BMU geförderte ökologische



Begleitforschung zum im Vorranggebiet für Windenergie „Nördlich Borkum“ gelegenen Testfeldvorhaben (Offshore-Windpark „alpha ventus“ mit 12 WEA) der Stiftung der Deutschen Wirtschaft erwartet. Diese Ergebnisse werden für das planbezogene Monitoring für die Ostsee herangezogen.

Im Rahmen des Effektmonitorings und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben werden eine Reihe von Untersuchungen zur Überwachung der Auswirkungen auf das marine Ökosystem durchgeführt. Zur Überwachung der Durchführung des Raumordnungsplans sind darüber hinaus Maßnahmen geplant, die helfen, aufgestellte Prognosen hinsichtlich erheblicher Auswirkungen der Offshore-Windenergie zu verifizieren und ggf. Nutzungsstrategien sowie vorgesehene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen anzupassen bzw. Bewertungskriterien, insbesondere im Hinblick auf kumulative Wirkungen, zu überprüfen.

Es ist vorgesehen, das gesamte Konzept des Effektmonitorings, wie im StUK 3 aufgestellt, bei Errichtung und Betrieb des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ in der deutschen AWZ der Nordsee einer ersten Evaluierung zu unterziehen.

Hinsichtlich der Zusammenführung und Archivierung von ökologisch relevanten Daten aus dem im Raumordnungsplan vorgesehenen Effektmonitoring für bestimmte Nutzungen und der begleitenden Forschung ist im einzelnen vorgesehen, auch Daten, die im Rahmen begleitender ökologischer Forschung erhoben werden, im BSH zusammenzuführen und langfristig zu archivieren. Die Daten über biologische Schutzgüter aus den Basisaufnahmen der Offshore-Windenergieprojekte werden bereits im BSH in einer Geodatenbank gesammelt und archiviert. Diese Geodatenbank ist Teil der Geodaten-Infrastruktur des BSH.

Im Rahmen der SUP für den Raumordnungsplan wurden neue Erkenntnisse aus den vergleichsweise kleinräumigen Umweltverträglichkeitsstudien sowie aus der ersten gemeinsamen Auswertung von MINOS und Projektdaten verwendet (Kap. 2). Die Auswertung erfolgte bezüglich Schweinswalen sowie Rast- und Seevögeln in Zusammenarbeit mit dem Expertenteam im Forschungs- und Technologiezentrum Westküste in Büsum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Durch gemeinsame Auswertung der Projektdaten und Daten aus den großräumigen Projekten MINOS und MINOS<sup>plus</sup> werden zudem Produkte erstellt, die einen besseren Überblick der Verteilung biologischer Schutzgüter in der AWZ ermöglichen. Die Zusammenführung von Informationen führt zu einer immer solider werdenden Basis für die Auswirkungsprognose. Es ist zielführend, die Datenhaltung weiterhin in bestehender Form zu betreiben, um gemeinsame Auswertungen fortführen zu können.

Allgemein ist beabsichtigt, Daten aus Forschung, Projekten und Überwachung einheitlich zu halten und kompetent ausgewertet zur Verfügung zu stellen. Insbesondere ist hier die Erstellung von gemeinsamen Übersichtsprodukten zur Überprüfung von Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans anzustreben. Die im BSH bereits vorhandene Geodaten-Infrastruktur mit Daten aus Physik, Chemie, Geologie und Biologie des Meeres wird als Basis für die Zusammenführung und Auswertung der ökologisch relevanten Daten genutzt und entsprechend weiterentwickelt.

Der konkrete Durchführungsplan des Monitorings befindet sich in der Entwicklung. Die konzeptionellen Vorüberlegungen zu diesem Durchführungsplan liegen vor und werden nach Inkrafttreten des Raumordnungsplans umgesetzt.

Im Anhang I wird ein Konzeptentwurf eines Monitoringplans zu den möglichen erheblichen Auswirkungen von Windenergieanlagen anhand des für das auf Projektebene beim Testfeldvorhaben geplanten schutzgutbezogenen Effektmonitorings und die im Rahmen der ökologischen Begleitforschung wünschenswerten Untersuchungen nachrichtlich dargestellt. Die Ergebnisse werden für das planbezogene Monitoring für die Ostsee herangezogen.

## **9 Nichttechnische Zusammenfassung**

### **9.1 Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Raumordnungsplans, Beziehung zu anderen relevanten Plänen und Programmen, Ziele des Umweltschutzes**

#### **9.1.1 Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Raumordnungsplans**

Der vorliegende Raumordnungsplan legt auf der Grundlage von § 18a des Raumordnungsgesetzes vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081, 2102), der zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833) geändert worden ist – im Folgenden: ROG 1998 – erstmals Ziele und Grundsätze für die Entwicklung der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) fest. § 18a ROG 1998 gilt gemäß § 29 Abs. 1 ROG vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986) – im folgenden: ROG – für Verfahren zur Aufstellung von Raumordnungsplänen, die vor dem 31. Dezember 2008 förmlich eingeleitet wurden, weiter. Die AWZ der Bundesrepublik Deutschland umfasst in der Ostsee eine Fläche von ca. 4.500 km<sup>2</sup>.

Es handelt sich bei vorliegendem Raumordnungsplan um einen räumlichen Gesamtplan mit raumrelevanten Festlegungen für folgende Bereiche:

- Wirtschaftliche Nutzung
- Wissenschaftliche Nutzung
- Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Seeschifffahrt
- Schutz der Meeresumwelt.

Der Festlegung von Zielen und Grundsätzen liegen insbesondere folgende Entwicklungsvorgaben zugrunde:

- Der besonderen Bedeutung der Schifffahrt - wie sie im Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (SRÜ) zum Ausdruck gebracht wird - soll auch im Rahmen der Raumordnung Rechnung getragen werden. Daher werden die anerkannten und für die internationale Schifffahrt wichtige Schifffahrtswege im Sinne des Art. 60 Abs. 7 SRÜ als freizuhaltenes Grundgerüst des Raumordnungsplanes definiert, an denen sich andere Nutzungen zu orientieren haben.
- Entsprechend der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist es Ziel der Raumordnung, den Ausbau der Offshore-Windenergienutzung zu unterstützen. Dieses beinhaltet sowohl die Bereitstellung ausreichend dimensionierter Flächen zum Erreichen der in der Strategie genannten Ausbauziele, als auch die Sicherung einer geordneten Ableitung des in Offshore-Windparks gewonnenen Stroms durch das Meer in Richtung Land.
- Nutzungen wie Rohstoffgewinnung, Verlegung von Kabeln und Rohrleitungen sowie Forschung ist genügend Raum und Sicherheit für weitere Entwicklungen zu geben und zugleich genügend Flexibilität für noch nicht absehbare künftige Entwicklungen zu bewahren. Vor diesem Hintergrund werden zum einen für genannte Nutzungen Gebietsfestlegungen getroffen und zum anderen weite Teile der AWZ von Festlegungen freigehalten. So kann z.B. auch den Belangen der Fischerei Rechnung getragen werden, für die eine Festlegung von Gebietskategorien wegen der Regelungskompetenz der EU und der fehlenden räumlichen Abgrenzbarkeit von Fanggebieten nicht möglich ist.
- Über die fachplanerische Sicherung der Natura 2000-Flächen hinaus soll ein Beitrag zum Schutz der Meeresumwelt als wertvoller Natur- und Freiraum geleistet werden. Bei Inan-

spruchnahme des Meeresraumes durch andere Nutzungen ist hierauf besonders Rücksicht zu nehmen.

### **9.1.2 Beziehung zu anderen relevanten Plänen und Programmen**

Bei der Raumordnungsplanung für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone handelt es sich um eine einstufige Planung, d.h. sie ist weder aus übergeordneten Plänen abgeleitet noch gibt sie Vorgaben für nachgeordnete Planebenen. Auf die Raumordnungsplanung folgt unmittelbar die Genehmigungsebene.

Es gilt jedoch, andere Planungen und Untersuchungen im bzw. angrenzend an den Untersuchungsraum zu berücksichtigen. Dieses gilt insbesondere für die Festlegung von zwei besonderen Eignungsgebieten für Windenergie nach § 3a Seeanlagenverordnung (SeeAnIV), für welche ebenfalls strategische Umweltprüfungen durchgeführt und welche nach Einbeziehung weiterer Belange und abschließender Abwägung auch auf Ebene der Raumordnung als Vorranggebiete in die Raumordnung übernommen wurden, wie es auch § 18a Abs. 3 Satz 2 ROG 1998 vorsieht.

Darüber hinaus sind Abstimmungsprozesse mit den Bundesländern angezeigt, die im Küstenmeer raumordnerisch tätig geworden sind. Dieses ist im Ostseeraum für das Land Mecklenburg-Vorpommern der Fall. Nach Neuaufstellung des Landesraumentwicklungsplans im Mai 2005 trifft das Land Mecklenburg-Vorpommern nunmehr landesplanerische Aussagen für das Küstenmeer. Zur Zeit befindet sich der Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein 2009 in der Neuaufstellung, welcher Aussagen zum schleswig-holsteinischen Küstenmeer trifft.

Der in der kartographischen Darstellung der Ostsee besonders gekennzeichnete Bereich der Nordansteuerung der Häfen Swinemünde (Swinoujście) und Stettin (Szczecin) sowie der Reede Nr. 3 wird vom Raumordnungsplan wegen widersprechender Rechtsauffassung nicht erfasst. Nach deutscher Ansicht handelt es sich um einen Teil der deutschen AWZ, wobei hieraus im Verhältnis zu Polen keine Rechte und Pflichten geltend gemacht werden. Nach polnischer Ansicht ist dieser Bereich Teil des polnischen Küstenmeeres.

### **9.1.3 Darstellung und Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes**

Umweltschutzziele geben Auskunft darüber, welcher Umweltzustand in Zukunft angestrebt wird (Umweltqualitätsziele). Ziele des Umweltschutzes lassen sich in einer Gesamtschau den internationalen, gemeinschaftlichen und nationalen Übereinkommen bzw. Vorschriften entnehmen, die sich mit dem Meeresumweltschutz befassen und aufgrund derer sich die Bundesrepublik Deutschland zu bestimmten Grundsätzen bekannt und zu Zielen verpflichtet hat. Diese Übereinkommen bzw. Vorschriften dienen als Vorgabe für die anstehende Aufstellung des Raumordnungsplans und des Umweltberichts.

Vorgaben ergeben sich konkret aus:

- Internationalen Übereinkommen zum Meeresumweltschutz bei denen die Bundesrepublik Vertragspartei ist, bspw. Helsinki-Übereinkommen auf dessen Grundlage der "Baltic Sea Action Plan" entwickelt wird
- Einschlägigen Richtlinien und Vorgaben der EU, insbesondere FFH-RL, Vogelschutz-RL, WRRL, GFP sowie weiteren Zielsetzungen im Rahmen der Europäischen Meerespolitik
- Nationalen Zielsetzungen, die sich insbesondere aus der Leitvorstellung und den Grundsätzen des ROG, den Schutz- und Erhaltungszielen der Natura 2000-Gebiete in der AWZ

sowie der "Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See" der Bundesregierung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie ergeben.

Die genannten Ziele des Umweltschutzes werden auf verschiedene Arten in der Raumordnungsplanung berücksichtigt:

- Definition von Leitlinien zur räumlichen Entwicklung der AWZ zur Umsetzung von Umweltschutzziele,
- Quellenbezogene Regelungen zum Umweltschutz bei den einzelnen Nutzungen,
- Textliche Grundsätze zu Schutz und Pflege von Meeresnatur und –landschaft,
- Beachtung der FFH- und EU-Vogelschutzgebiete.

## 9.2 Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustandes

### 9.2.1 Boden

Die Ostsee ist ein Nebenmeer des Atlantiks und über den Großen und Kleinen Belt sowie den Øresund mit der Nordsee verbunden. Das Bodenrelief zeichnet sich durch seine charakteristische Becken- und Schwellenstruktur aus. Die Ostseebecken übernehmen die Funktion der Sedimentationsräume mit den charakteristischen Schlicksedimenten. Für das Ökosystem der Ostsee sind jedoch die Schwellen mit ihren tief eingeschnittenen Rinnen von entscheidender Bedeutung, weil sie den Wasseraustausch und folglich die komplexen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse kontrollieren. So erfolgt 73% des gesamten Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee über die Darßer Schwelle (Kadetrinne).

Der tiefere Untergrund des südwestlichen Ostseeraums wird im Wesentlichen von zwei Hauptstrukturen, dem Baltischen Schild und der südwestlich angrenzenden Mitteleuropäischen oder Norddeutsch-Polnischen Senke, bestimmt, die beide durch das große transeuropäische Störungssystem der Tornquist-Zone getrennt werden.

Vor 2,4 bzw. 1,8 Millionen Jahren setzte eine weltweite Klimaverschlechterung ein, die in den großen Vereisungszyklen des Pleistozäns gipfelte und vor ca. 10.000 Jahren endete. Daran gekoppelt waren Meeresspiegelschwankungen bis 130 m mit weitreichenden Auswirkungen auf die paläogeographischen Verhältnisse. Die heutige Ostsee-Senke wurde vor mehr als 130.000 Jahren während der beiden großen Gletschervorstöße der Saale-Vereisung ausgeräumt. Das gesamte Ostseebecken war während der letzten Vereisung (Weichsel) von skandinavischem Inlandeis bedeckt, dessen Gletscher die Ostsee-Senke in ihrer heutigen Gestalt modellierte.

Die spät- und nacheiszeitliche Entwicklung der Ostsee ist an den weltweiten Meeresspiegelanstieg und die Landhebung als Folge der Entlastung der Erdkruste gekoppelt und lässt sich in vier große Stadien untergliedern:

- Baltischer Eisstausee (bis 10.200 Jahre vor heute)
- Yoldia-Meer (10.200 – 9.300 Jahre vor heute)
- Ancylus-See (9.300 – 8.000 Jahren vor heute) und
- Litorina-Meer (8.000 Jahre – heute).

Ausgehend von der Becken- und Schwellengliederung der Ostsee wurden anhand geologischer, geomorphologischer und ozeanographischer Kriterien sechs Teilgebiete abgegrenzt:

Die **Kieler Bucht** liegt am Südausgang des Kleinen und Großen Belts in der westlichen Ostsee. Ihre östliche Begrenzung bilden der Fehmarn-Belt und der Fehmarn-Sund. Sie ist eine typische Fördenküste mit schmalen, tiefeingeschnittenen Buchten. Die Wassertiefen liegen

zwischen 5 m auf dem Stoller Grund und 42 m in der Vinds Grav-Rinne bei Fehmarn. Im Hinblick auf die Sedimentverteilung konzentrieren sich die Restsedimentvorkommen in der AWZ auf den Bereich westlich von Fehmarn. Die sandigen Bereiche sind besonders in Nachbarschaft zur Großen Belt-Rinne, wo genügend starke Strömungen Megarippel bilden, auf dem relativ ebenen Meeresgrund in 15 bis 18 m Tiefe zu finden. Schlickige Sande sind u. a. westlich von Fehmarn verbreitet. Mischsedimente treten in den tiefen Rinnen des Großen Belts und des Fehmarn-Belts auf. Unter dieser holozänen Sedimentauflage lagern spätglaziale Sande und Bändertone. Darunter liegen in weiten Teilen der Kieler Bucht saalezeitlicher Geschiebemergel und Schmelzwassersande, die wiederum meist ältere eiszeitliche oder tertiäre Tonen und Sanden überlagern.

Der 18 bis 24 km breite Fehmarn-Belt nimmt eine Sonderstellung für den Wasseraustausch der Belte mit den östlich angrenzenden Ostsee-Becken ein, indem der Austausch zwischen Nord- und Ostseewasser überwiegend über das System Großer Belt – Fehmarn-Belt erfolgt. Ausdruck dieser markanten hydrodynamischen Verhältnisse sind mehrere Mega- bzw. Riesenrippelfelder im westlichen Fehmarn-Belt. Die Riesenrippel liegen auf einer durchgehenden Lage aus Restsedimenten, die aus Steinen in unterschiedlicher Dichte, die Faustgröße erreichen.

Östlich des Fehmarn-Belt liegt die **Mecklenburger Bucht**, die etwa entlang der 20 m-Tiefenlinie zur Darßer Schwelle und zum Fehmarn-Belt abgegrenzt wird. Die Mecklenburger Bucht weist eine maximale Wassertiefe von 28 m auf. Die Verteilung der Oberflächensedimente ist charakterisiert durch ein Schlickvorkommen unterhalb der 20 m-Tiefenlinie, das zum Beckenrand allmählich sandiger wird. Die Mächtigkeit des Schlicks liegt im Beckenzentrum zwischen 5 bis 10 m. Zum Beckenrand werden Mittel- bis Grobsande angetroffen. Größere Vorkommen von Grobsand, Kies und Restsediment (Steine, Blöcke) treten in den Flachwasserzonen südlich von Fehmarn auf. Der geologische Aufbau des Mecklenburger Beckens ist von den Ablagerungen der unterschiedlichen Ostseestadien bestimmt, die auf den Geschiebemergel aus der letzten Eiszeit überlagern.

Die **Darßer Schwelle** bezeichnet das Seegebiet zwischen der Halbinsel Fischland – Darß und den dänischen Inseln Falster und Møn. Prägendes Element ist ein submariner Geländerücken aus Geschiebemergel, der vom Steilufer zwischen Wustrow und Ahrenshoop in nordwestlicher Richtung bis zum Gedser Rev verläuft. In diesen Rücken ist das Furchensystem der Kadetrinne bis 32 m tief eingeschnitten. In unregelmäßiger Folge wechseln hier Geschiebemergelrippen von 1 bis 2 m Höhe mit ebenen Feinsand- und Schlickflächen. Auf der Kadetrinne und insbesondere an ihren Flanken kommt eine unterschiedlich dichte Stein- und Blockbedeckung vor. In den Rinnen werden Riesen- bzw. Megarippel mit Kammabständen von etwa 400 m beobachtet. Die nordöstlich angrenzende Falster-Rügen-Platte ist wesentlich reliefärmer und mit Ausnahme des bis in weniger als in 8 m Wassertiefe aufragenden Plantagenet-Grundes sowie einer nördlich davon gelegenen Rinnenstruktur ins Arkona-Becken kaum morphologisch strukturiert. Sie ist überwiegend von Feinsand bedeckt. Die Mächtigkeiten der Sande liegen zwischen 10 m bis 50 m. Der geologische Aufbau dieses Teilgebiets besteht im Wesentlichen aus drei Geschiebemergel-Horizonten. Westlich einer Linie Darßer Ort – Møn taucht seine Oberfläche ins Arkona-Becken ab. Darüber folgen sandige bis schluffige Sedimente der unterschiedlichen Ostsee-Stadien.

Das **Arkona-Becken** wird zur Falster-Rügen-Platte von der 40 m-Tiefenlinie begrenzt. Im Westen ragt die Erhebung des Kriegers Flak ins Becken hinein. Im Nordosten hat das Arkona-Becken über den Bornholmshat Verbindung zum Bornholm-Becken; im Osten grenzt es an die Untiefe der Rønne-Bank mit dem Adlergrund als seinem westlichen Ausläufer. Die maximale Wassertiefe liegt bei über 50 m. Die Sedimentverteilung auf dem Meeresboden besteht fast ausschließlich aus schlickigen Sedimenten. Der geologische Aufbau aus zwei Geschiebemergel-Horizonten, die von spät- und nacheiszeitlichen Tonen und Schluffen überlagert werden.

Der Kriegers Flak (auch als Møn-Bank bezeichnet) ist eine Untiefe am westlichen Rand des Arkonabeckens. Seine Wassertiefen liegen zwischen 16 m im Bereich der dänischen AWZ und 40 m auf deutscher Seite. Morphologisch tritt das Gebiet als Kuppe in Erscheinung, die nach Osten und Süden ins Arkonabecken abtaucht. Die Verteilung der Oberflächensedimente auf dem Meeresboden ist sehr heterogen und weist den typischen Schwellencharakter auf. In der deutschen AWZ ist der Geschiebemergel in der nordwestlichen Ecke verbreitet, der vor allem an den Flanken bis zur 25 m-Tiefenlinie im Süden bzw. bis zur 40 m-Tiefenlinie im Osten direkt am Meeresgrund ansteht. In den flacheren Wassertiefen ist er markant mit Steinen und Blöcken (Findlingen) bedeckt, die stellenweise wallartige Strukturen bilden. An den Geschiebemergel schließt sich im Süden ein Band aus Grobsand und Kies an, das mit zunehmender Wassertiefe von Sanden und Tonen abgelöst wird. Im Osten grenzen die fleckenhaft verteilten, geringmächtigen Sanddecken und Tone unmittelbar an den anstehenden Geschiebemergel. Im Bereich der Stein- und Blockvorkommen ist ein ausgeprägter Muschelbewuchs (*Mytilus*) charakteristisch.

Der **Adlergrund** stellt den westlichen Ausläufer der Rønnebank dar, die sich als Untiefe von Bornholm Richtung Südwesten zieht. Der Meeresboden hat infolge seiner glazialen Bildungsgeschichte und der postglazialen Überprägung ein sehr unruhiges Relief. Die Wassertiefen bewegen sich zwischen 5 und 25 m. In weiten Teilen dominieren Restsedimente (Grobsand, Feinkies und Steine) auf anstehendem Geschiebemergel. Die Steine sind faust- bis kopfgroß und kommen vereinzelt bis flächendeckend in diesen Arealen vor. Daneben sind Blöcke (Findlinge) mit mehreren Meter Länge verbreitet, die mit Muscheln (*Mytilus*) unterschiedlicher Dichte bewachsen sind. Die geringmächtigen Meeressande treten fleckenhaft zwischen den Restsedimenten oder als langgestreckte Bänder auf. Am Nordwestrand gehen die Sande in die Schlicke des Arkonabeckens über. Nach Süden ist ein kontinuierlicher Übergang in die sandigen Flächen der Pommerschen Bucht und Oderbank zu verzeichnen. Der geologische Aufbau des Adlergrundes ist im Wesentlichen bestimmt von Geschiebemergelstauchungen, Schmelzwasser-Ablagerungen in Form von Sanden und Kiesen sowie bis nah an den Meeresboden anstehende Schreiekreide, die aufgrund ihrer glazialtektonischen Beanspruchung Störungszonen sowie Zwischenlagen aus Sanden, Kiesen oder Steinen aufweist.

Das südlich angrenzende Teilgebiet der **Oderbank** ist eine Erhebung mit Wassertiefen zwischen 7 bis ca. 20 m. Der weitgehend strukturlose Meeresboden besteht überwiegend aus Feinsanden. Restsedimente in Form vereinzelter Steinvorkommen kommen insbesondere nördlich und nordöstlich der Oderbank in der Adlergrund-Rinne vor. Im nordwestlichen Bereich der Oderbank treten neben vereinzelt Steinen mit einem Durchmesser bis zu 1 m auch faustgroße bis mehrere Quadratmeter große Muschelfelder sowie kleinere Rippelfelder aus Grobsand auf. Der geologische Aufbau der Oderbank weist in seinem Kern Geschiebemergel und eiszeitliche Sande auf.

Die Zustandseinschätzung wurde für die Aspekte „Seltenheit/Gefährdung“, „Vielfalt/Eigenart“ und „Natürlichkeit“ vorgenommen. Da sich die Sedimenttypen und Bodenformen in der gesamten Ostsee vorfinden, in Teilen jedoch charakteristisch für die südwestliche Ostsee sind, wird der Aspekt der „Seltenheit/Gefährdung“ als mittel bis gering eingeschätzt. In der AWZ der Ostsee trifft man eine hohe bis mittlere „Vielfalt/Eigenart“ an, die sich in Form einer heterogenen Sedimentverteilung in Kombination ausgeprägter morphologischer Verhältnisse sowie heterogener Sedimentverteilung und fehlender Bodenformen bzw. homogener Sedimentverteilung und ausgeprägter Bodenformen widerspiegelt. Aufgrund der anthropogenen Veränderungen, die jedoch nicht zum Verlust der ökologischen Funktionen führten, wird von einer mittleren „Natürlichkeit“ ausgegangen.

### **Schadstoffe**

Schadstoffe im Boden werden im Kapitel 9.2.2 gemeinsam mit den Nähr- und Schadstoffen im Wasser dargestellt.

## 9.2.2 Wasser

### *Meeresphysikalische Größen*

Die Zirkulation der Ostsee wird geprägt durch den Austausch von Wassermassen mit der Nordsee durch die Belte und den Sund. Im oberflächennahen Bereich fließt brackisches Ostseewasser in die Nordsee ab, während am Boden schwereres, salzhaltigeres Nordseewasser aus dem Kattegat in die Ostsee vordringt. Dieser Einstrom von Salzwasser wird durch die Drogdenschwelle (Silltiefe 9 m) am südlichen Ausgang des Sundes und die Darßer Schwelle (Silltiefe 19 m) östlich der Beltsee behindert. Bedingt durch spezifische Wetterlagen kommt es sporadisch zu Salzwassereinbrüchen, bei denen salz- und sauerstoffreiches Wasser zum Teil bis in die östlichen tieferen Becken der Ostsee vordringt. Bei diesen Einstromereignissen von Salzwasser aus dem Kattegat in die Ostsee, die wesentlich zur „Durchlüftung“ der tieferen Ostseebecken beitragen, unterscheidet man zwischen großen Salzwassereinbrüchen, die über einen Zeitraum von mindestens fünf Tagen große Mengen Salzwasser in die Ostsee transportieren und Einstromereignissen mittlerer Stärke, die etwa 3 – 5 mal pro Winter auftreten.

Die Auswirkungen der Offshore-Winergieanlagen (OWEA) auf die Strömung sind gering und lokal auf das Nahfeld begrenzt. Da die Vorranggebiete „Kriegers Flak“ und Westlich Adlergrund“ im direkten Ausbreitungsweg des salzreichen Bodenwassers liegen, könnten die Unterwasserkonstruktionen der OWEA bei mittelstarken Einstromereignissen durch erhöhte Reibung mit der Strömung zu einer erhöhten Vermischung von Oberflächen- und Bodenwasser und somit zu einer Verdünnung des Bodenwassers führen. Dieses nunmehr leichtere Bodenwasser würde sich auf seinem weiteren Weg in die tieferen Becken der Ostsee etwas höher in der Wassersäule einschichten und somit in geringerem Maße zur Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers beitragen. Im Bereich der Vorranggebiete liegt die charakteristische Tiefe der oberen Grenzfläche solcher mittelstarker Salzwasserzungen bei 25 m. OWEA, die in geringeren Tiefen errichtet werden, dürften daher einen relativ geringen Einfluss auf die Salzwassertransformation des einströmenden Wassers haben. Bei starken Salzwassereinbrüchen kann die Grenzfläche zwar deutlich höher liegen, jedoch kann es wegen der großen Mengen an Salzwasser nur zu insignifikanter Verdünnung des Bodenwassers kommen. Mit einem möglichen Einfluss ist zudem erst bei einem massiven Ausbau von Offshore-Windparkprojekten zu rechnen (BURCHARD und LASS, 2004).

Modelluntersuchungen von BURCHARD et al. (2005) haben darüber hinaus ergeben, dass der überwiegende Teil des über die Drogdenschwelle einströmenden Wassers im Uhrzeigersinn um das „Kriegers Flak“ fließt. Daraus folgt nach Einschätzung des IOW, das im Rahmen des vom BMU geförderten Forschungsprojektes QuantAs-Off<sup>15</sup> Untersuchungen über den möglichen Einfluss von OWEA auf Salzwassereinströme in der Arkonasee durchführt, dass der in der deutschen AWZ liegende Bereich der Ostsee noch geringere Bedeutung für die Salzwassereinströme hat, als bislang veröffentlichte Beobachtungen und Modellergebnisse es nahe legen.

In der Ostsee entstehen Strömungen primär durch den Einfluss des Windes (Triftstrom). Trifft eine Strömung auf eine Küste kommt es infolge des Staus auch zu Gefällsströmungen. Ein dritter Faktor ist der Süßwasserabfluss der Flüsse mit etwa 480 km<sup>3</sup>/Jahr. Berücksichtigt man Niederschlag und Verdunstung, ergibt sich ein Süßwasserüberschuss von 540 km<sup>3</sup>/Jahr, das entspricht etwa 2,5 % des Wasservolumens der Ostsee. Gezeitenströme sind in der Ostsee vernachlässigbar. Im Fehmarnbelt beobachtet man im Jahresmittel an der Oberfläche einen Netto-Ausstrom von 8 cm/s und am Boden einen Netto-Einstrom mit 7 cm/s. Die mittleren Ge-

<sup>15</sup> Quantifizierung von Wassermassen-Transformationen in der Arkona-See: Über die Auswirkungen von Offshore-Windparks.

schwindigkeiten liegen hier in der Größenordnung von 30 cm/s an der Oberfläche und von 16 cm/s am Boden. In den großen Becken östlich der Belte liegen oberflächennahen Geschwindigkeiten bei 10-18 cm/s und bei 7-13 cm/s in Bodennähe.

Im klimatologischen Jahresgang (1961-1990) treten in der Arkonasee die höchsten Windgeschwindigkeiten mit etwa 19 kn im Dezember auf und fallen dann bis zum Juni kontinuierlich auf 13 kn ab. Danach steigt die Windgeschwindigkeit wieder stetig bis Ende November an. (BSH, 1996). Im Jahresmittel liegt die Windgeschwindigkeit bei 16,2 kn. Dieser Jahresgang ist auf die Höhe die signifikante Wellenhöhe des Seegangs übertragbar. Sie beträgt knapp 1,4 m im Dezember, fällt bis Ende Januar auf ca. 1,1 m ab und behält diesen Wert bis Mitte März bei. Dann fällt der Wert bis Ende Mai stetig auf 0,7 m ab. Ab Juni nimmt die Wellenhöhe wieder kontinuierlich bis zum Dezember zu. Aufgrund der geringen Größe und der starken Zergliederung der Ostsee kommt eine voll entwickelte Dünung nur selten zustande. In der Arkonasee beträgt der Dünungsanteil am Seegang nur etwa 4%.

Wasserstandsschwankungen durch Gezeiten sind in der Ostsee vernachlässigbar. Der Springtidenhub der halbtägigen Gezeit liegt im Bereich der deutschen AWZ unter 10 cm. Die Ostsee reagiert aufgrund ihrer geringen Ausdehnung sehr schnell auf meteorologische Einflüsse (BAERENS und HUPFER, 1999). Extreme Hoch- oder Niedrigwasser werden primär durch den Wind verursacht. Wasserstände von über 100 cm über, bzw. unter NN werden als Sturmhoch-, bzw. Sturmniedrigwasser bezeichnet. Im langjährigen Mittel liegen diese Extremwasserstände etwa 110–128 cm über, bzw. 115–130 cm unter NN. Einzelne Ereignisse können deutlich über diesen Werten liegen. Neben den Sturmhoch- und Niedrigwassern verursachen Eigenschwingungen der Ostseebecken (Seiches) Wasserstandsschwankungen in der Größenordnung von bis zu einem Meter.

Im klimatologischen Mittel (JANSSEN et al., 1999) treten bei den monatlich gemittelten Oberflächentemperaturen die niedrigsten Werte im Februar auf. Die sommerliche Erwärmung beginnt im April und erreicht ihr Maximum im August. Im September beginnt die Abkühlungsphase. Ende März/Anfang April beginnt der Aufbau einer thermischen Schichtung, die im August mit Temperaturdifferenzen zwischen Oberfläche und Boden von bis zu 12 °C ihr Maximum erreicht. Im Laufe des Septembers baut sich die thermische Schichtung schnell ab, im Oktober ist die westliche Ostsee weitgehend vertikal homotherm.

Der Salzgehalt in der westlichen Ostsee nimmt generell von West nach Ost ab, wobei die horizontalen Gradienten in den Belten und im Sund besonders ausgeprägt sind. Im langjährigen Mittel kann der oberflächennahe Salzgehalt in der Beltsee im Jahresverlauf zwischen 10 und 20 variieren, während in der östlichen Arkonasee Werte zwischen 6 und 8 beobachtet werden. Die 10er-Isohaline - als gedachte Grenze zwischen dem salzarmen brackigen Ostseewasser und dem salzhaltigeren Wasser - erreicht ihre westlichste Position in den Sommermonaten und ihre östlichste Position im Dezember, wenn durch die starken Winterstürme aus westlichen Richtungen Wasser aus dem Skagerrak und Kattegat in die westliche Ostsee gedrückt wird.

Weite Teile der Beltsee und der tiefen Becken sind ganzjährig halin geschichtet (Wasserschichtung, die durch unterschiedliche Salzgehalte hervorgerufen wird) während flache Gebiete wie die Pommersche Bucht ganzjährig vertikal homohalin sind oder nur eine sehr schwache Schichtung aufweisen. Die haline Schichtung in der Beltsee und den tiefen Becken intensiviert sich im Frühjahr und erreicht im Sommer Unterschiede zwischen oberflächen- und bodennahen Salzgehalt von über 10.

Die winterliche Eisbildung in der Ostsee südlich von 56° N verläuft unregelmäßig. Die Vereisung kann hier vier charakteristische Entwicklungsstadien durchlaufen, die von der Strenge des Winters, den regionalen ozeanographischen Bedingungen und auch von der Küstenmorphologie und Meerestiefe abhängen.



In mäßigen Eiswintern vereisen nur die flachen Buchten vollständig, die wegen ihrer relativ abgeschlossenen Lage zur See hin keinen nennenswerten Wasseraustausch mit der wärmeren offenen See haben. In geringerem Maß bildet sich auch an den Außenküsten Eis, vor allem vor der Ostküste Rügens und vor Usedom. In starken Eiswintern bildet sich Eis auf der offenen See, sein Bedeckungsgrad beträgt großflächig gewöhnlich weniger als 6/10 der Wasseroberfläche. Östlich der Darßer Schwelle kommt nur in einem schmalen Streifen außerhalb der Ostseeküsten Eis vor, dessen Bedeckungsgrad überwiegend weniger als 6/10 beträgt. In sehr starken Eiswintern vereist die Ostsee westlich von Bornholm vollständig, und vor der baltischen und schwedischen Küste tritt in einem breiten Streifen dichtes bis sehr dichtes Treibeis auf. Es besteht überwiegend aus weißem Eis mit einer Dicke von 30-70 cm. In den sehr seltenen extrem starken Eiswintern kann sich auch im Seegebiet zwischen Bornholm und der baltischen Küste eine geschlossene Eiskecke ausbilden.

Schwebstoff besteht aus mineralischem und/oder organischem Material. Der organische Anteil ist stark von der Jahreszeit abhängig, die höchsten Werte treten während der Planktonblüten im Frühsommer auf. Bei stürmischen Wetterlagen mit hohem Seegang steigen die Schwebstoffgehalte in der gesamten Wassersäule durch Aufwirbelung von Bodensedimenten stark an. In den Flachwasserbereichen der Ostsee ist das sandige Sediment oft von einer Schicht flockigen Materials (Fluff) bedeckt, das sehr leicht resuspendiert werden kann und einen hohen Anteil an organischem Material besitzt (EMEIS et al., 2000).

Für die deutsche AWZ in der Ostsee ist die Datenlage bei in-situ Messungen sehr inhomogen und für statistisch belastbare Aussagen nicht ausreichend. Die höchsten Konzentrationen werden im Oderhaff und in den Bodden beobachtet. Im Frühjahr werden durch die starken Süßwasserabflüsse (Schneeschnmelze) verstärkt Schwebstoffe in die Pommersche Bucht eingetragen. Da im Frühjahr östliche Winde dominieren, werden die Schwebstoffe vorwiegend entlang der Küste in die Arkonasee transportiert (Siegel et al., 1999). Auch zwischen der Südspitze von Falster, der Gedser Odde, und der Südost-Küste von Lolland ist über dem Röd-Sand ganzjährig eine erhöhte Schwebstoffkonzentration sichtbar. Sie entsteht primär durch strömungsbedingte Klifferosion.

### **Nähr- und Schadstoffe**

Der Stoffhaushalt der Ostsee wird einerseits durch natürliche Prozesse und Gleichgewichte bestimmt, wird aber auch durch menschliche Aktivitäten belastet. Über Atmosphäre und Flüsse werden Schadstoffe aus Landwirtschaft, Industrieproduktion und Verkehr in die See transportiert. Abwässer aus Kläranlagen und der direkte Abfluss von durch Dünger und Pflanzenschutzmitteln verunreinigten Oberflächenwässern führt zu einem erhöhten Eintrag von Nährstoffen, Schwermetallen und naturfremden organischen Chemikalien.

Viele der freigesetzten und in die Ostsee gelangenden Verbindungen und Elemente haben lange Verweilzeiten in der marinen Umwelt. Sie werden nur schwer abgebaut und langsam aus der Umwelt entfernt. So haben sie – verstärkt durch ihre Anreicherung in den Nahrungsketten – ein hohes Potential, sich in Meereslebewesen anzureichern und negativ auf deren Immunsystem, Reproduktionsfähigkeit und Stoffwechsel zu wirken. Da der Wasseraustausch in der Ostsee wesentlich langsamer als in der Nordsee stattfindet, sind hier die Verweilzeiten der Schadstoffe deutlich länger

Neben den toxikologischen Aspekten der chemischen Belastung des marinen Ökosystems, kommt dem Nährstoffhaushalt des Meeres besondere Bedeutung zu. Nitrat, Phosphat und Silikat sind wesentliche Komponenten des natürlichen Stoffhaushaltes im Meer, ohne die biologisches Wachstum unmöglich ist. Einträge aus Landwirtschaft, Haushaltsabwässern, Verkehr und Verbrennungsprozessen führen jedoch zu einem erhöhten Eintrag und damit zu einer erhöhten Primärproduktion sowie in Folge dessen, im ungünstigen Fall, zu Sauerstoffmangel und Veränderungen im Artenspektrum.

Voraussetzung für die Beurteilung des ökologischen Zustandes der Ostsee ist eine möglichst genaue Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Veränderungen der chemischen Parameter. Zur Überwachung des hydrographisch-chemischen Zustandes in der Ostsee führt das Leibniz-Institut für Ostseeforschung in Warnemünde (IOW) im Auftrag des BSH Monitoringfahrten durch.

#### *Nährstoffe*

Die Industrialisierung führte zu einem deutlichen Anstieg der Nährstoffkonzentrationen im Seewasser. Eutrophierungseffekte konnten entlang der Ostseeküste bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts nachgewiesen werden (ELMGREN and LARRSON, 2001). Für die offene See fanden sich Anfang der 60er Jahre erste Anzeichen (FONSELIUS, 1969).

Die Nährstoffkonzentrationen weisen in der Oberflächenschicht, ähnlich wie in der Deutschen Bucht, einen typischen Jahresgang auf mit hohen Konzentrationen im Winter und niedrigen Konzentrationen in den Sommermonaten. Für Trendaussagen werden die Wintermonate genutzt.

In den Küstengewässern machen sich eingeleitete nationale/internationale Maßnahmen (Bau von Kläranlagen, Verbot phosphathaltiger Waschmittel, Reduzierung nitrathaltiger Düngemittel) bemerkbar. So konnte in der ersten Hälfte der 90er Jahre ein deutlicher Rückgang der Phosphatkonzentrationen beobachtet werden. Für die überwiegend aus diffusen Quellen stammenden Stickstoffverbindungen sind eindeutige Trends schwer nachweisbar.

In der offenen Ostsee werden Nährstofftrends auf kürzeren Zeitskalen durch interne Austauschprozesse geprägt. Aus längerem Blickwinkel kann die Nährstoffzunahme bis Ende der 70er Jahre jedoch auf menschliche Aktivitäten (Eutrophierung) zurückgeführt werden.

#### *Sauerstoff*

Sauerstoffdefizite am Meeresboden können ein Indikator für Eutrophierung sein, da sie durch mikrobiellen Abbau von abgestorbenem biologischen Material, der Sauerstoff verbraucht, hervorgerufen werden. Auch der begrenzte Wasseraustausch mit der Nordsee, die Bodenmorphologie und die permanente haline Schichtung im Tiefenwasser der zentralen Ostsee führen in hohem Maße zu Sauerstoffmangel und Entwicklung von Schwefelwasserstoff in Bodennähe.

Die tieferen Gewässerteile der westlichen Ostsee sind im Sommer regelmäßig durch Sauerstoffarmut charakterisiert. Die Intensität der Sauerstoffverarmung wird dabei auch beeinflusst durch meteorologische (Temperatur, Wind) und hydrographische (Schichtung) Faktoren sowie der Höhe der Nährstoffeinträge. Das Jahr 2002 fiel durch extreme Sauerstoffarmut insbesondere vor der dänischen und schleswig-holsteinischen Küste auf. Verbreitet entstand Schwefelwasserstoff, der sich bei völligem Fehlen von Sauerstoff bildet, mit seinen negativen Folgen für die Bodenfauna.

In den Tiefenbecken der zentralen Ostsee treten die für die Wassererneuerung und Sauerstoffversorgung notwendigen Salzwassereinträge aus der Nordsee seit Mitte der 1970er Jahre immer weniger auf. In den letzten 25 Jahren wurden bedeutende Einstromereignisse nur 1983, 1993 und 2003 beobachtet. Dazwischen lagen lang anhaltende Stagnationsperioden mit erheblichen Konzentrationen von Schwefelwasserstoff im Tiefenwasser.

#### *Metalle*

Obwohl in den vergangenen Jahrzehnten erhebliche Fortschritte in der Abgas- und Abwasserreinigung gemacht worden sind, werden auch heute noch vor allem in Küstennähe, d.h. in räumlicher Nähe zu den Emittenten, Metallkonzentrationen gemessen die deutlich über den Hintergrundwerten liegen. In die marine Umwelt gelangen sie vor allem über die Flüsse und

den atmosphärischen Transport. Von Bedeutung sind aber auch Emissionen auf See, durch den zunehmende Schiffsverkehr. Historisch war die Ablagerung schwermetallhaltiger Stäube aus der Metallverhüttung in der Lübecker Bucht von Bedeutung.

Die räumliche Analyse der Metallbelastung im Oberflächensediment ergibt besondere Belastungsschwerpunkte in der Lübecker Bucht und weniger ausgeprägt im Arkonabecken. In der westlichen Ostsee kann, bedingt durch die Kürze der verfügbaren Messreihen, bis heute kein Trend in den Metallgehalten der Oberflächensedimente erkannt werden. Die Metallgehalte in der Feinkornfraktion des Oberflächensediments lagen im wesentlichen über den Hintergrundreferenzwerten.

Die Metalle Cadmium, Quecksilber, Blei und Zink zeigen eine typische räumliche Verteilung mit einem von Westen nach Osten abnehmenden Gradienten im Oberflächenwasser der AWZ. Die Zinkkonzentrationen im Ostseewasser lagen deutlich über den Hintergrundreferenzwerten. Die anderen durch menschliche Aktivität beeinflussten Elemente zeigen hingegen leicht über, oder in der Nähe der Hintergrundreferenzwerte liegende Konzentrationen.

### *Organische Schadstoffe*

Der größte Teil der organischen Schadstoffe ist anthropogenen Ursprungs, d.h. die Stoffe gelangen ausschließlich durch menschlichen Einfluss in die Umwelt. Etwa 2 000, hauptsächlich industriell hergestellte Stoffe werden z.Z. als umweltrelevant angesehen, weil sie giftig (toxisch) oder in der Umwelt beständig (persistent) sind und/oder sich in den Nahrungsketten anreichern können (bioakkumulierbar). Da ihr Einsatz und ihre Verwendung außerordentlich vielseitig und auch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften sehr unterschiedlich sein können, ist ihre Verteilung in der Umwelt von vielfältigen Faktoren abhängig. Aus diesen Gründen weisen die einzelnen Schadstoffe im Meer sehr unterschiedliche Konzentrationen und Verteilungen auf. Trotz der in der Vergangenheit bereits erfolgten Umweltschutzmaßnahmen und der Nutzungsbeschränkung für viele Stoffe werden immer noch eine große Zahl organischer Schadstoffe in der Ostsee nachgewiesen.

Das IOW misst im Rahmen seiner Monitoringaufgaben ca. 30 organische Schadstoffe im Seewasser, in Schwebstoffen und in Sedimenten. Die polareren Verbindungen wie die Hexacyclohexan-Isomere (HCH-Isomere) und die modernen Pestizide (Triazine, Phenylharnstoffe und Phenoxyessigsäuren) liegen im Wasser in deutlich höheren Konzentrationen vor als die unpolaren, „klassischen“ Schadstoffe wie Hexachlorbenzol (HCB), DDT, Polychlorierten Biphenyle (PCB) und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Die unpolaren Stoffe werden im Wasser nur in sehr geringen Konzentrationen angetroffen (meist < 10 pg/L). Die Belastung ist in Küstennähe meist höher als in der offenen Ostsee. Die meisten Schadstoffkonzentrationen im Ostseewasser befinden sich in ähnlichen Bereichen wie in der Deutschen Bucht und Nordsee. Bei der DDT-Gruppe und bei  $\gamma$ -HCH werden etwas höhere Konzentrationen in der Ostsee beobachtet. Die Konzentrationen von  $\alpha$ -HCH sind sogar etwa dreimal, die von  $\beta$ -HCH mindestens zehnmal so hoch wie in der Nordsee. Als regionale Eintragsquelle kann zwar die Oder für einige Schadstoffe identifiziert werden, allerdings sind die beobachteten Konzentrationsgradienten deutlich geringer als in der Elb-Fahne in der Deutschen Bucht. Durch das Fehlen starker lokaler Quellen gewinnen diffuse Einträge z.B. die atmosphärische Deposition oder direkte Quellen im Meer (z.B. PAK-Einträge durch die Schifffahrt) relativ betrachtet an Bedeutung. Das Stoffspektrum der PAK weist auf Verbrennungsrückstände fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Holz) als Quelle hin.

Für die meisten Schadstoffe lassen sich aufgrund hoher Konzentrationsschwankungen und zu kurzer Beobachtungszeiträume keine robusten Trends angeben. Ein langfristiger, deutlicher Rückgang wurde jedoch für  $\alpha$ - und  $\gamma$ -HCH-Konzentrationen im Meerwasser festgestellt; diese Abnahme kann auf Anwendungsverbote für diese Pestizide zurückgeführt werden. Für PAK-Konzentrationen ist bisher kein zeitlicher Trend erkennbar geworden, dagegen gibt es saisonale Unterschiede mit höchsten Werten im Winter.

Die Verteilung der Schadstoffe im Sediment wird hauptsächlich durch Sedimenteigenschaften beeinflusst, wobei die höchsten Konzentrationen auf Stationen mit hohen Schlickanteilen gemessen werden. Wegen des kurzen Überwachungszeitraums von weniger als fünf Jahren konnten bisher keine Trends festgestellt werden.

Nach heutigem Kenntnisstand gehen von den beobachteten Konzentrationen der meisten Schadstoffe keine direkten Gefahren für das marine Ökosystem aus. Ausnahme ist die Belastung durch das in Schiffsanstrichfarben verwendete TBT (Tributylzinn), dessen Konzentration in Küstennähe die biologische Wirkschwelle z.T. erreicht. Ferner können durch auf der Wasseroberfläche schwimmende Ölfilme akuter Ölverschmutzungen (Schifffahrt) z. B. Seevögel geschädigt werden. Bei der Bewertung muss berücksichtigt werden, dass die Toxizitäts-Betrachtung einzelner Schadstoffe nicht ausreicht. Vielmehr muss die Summenwirkung der Vielzahl der vorhandenen Schadstoffe betrachtet werden; diese, evtl. durch Synergieeffekte verstärkten Wirkungen sind jedoch z.Z. weitgehend unbekannt.

#### *Radioaktive Stoffe (Radionuklide)*

Die radioaktive Belastung der Ostsee ist bestimmt durch den Niederschlag aus dem Unfall des Kernkraftwerkes Tschernobyl im Jahre 1986. Obwohl die radioaktive Belastung der Ostsee durch künstliche Radionuklide höher ist als in der Nordsee, stellt diese nach heutigem Kenntnisstand für Mensch und Natur keine Gefahr dar.

### **9.2.3 Phyto- und Zooplankton**

Das Plankton umfasst alle Organismen, die im Wasser treiben. Zum Plankton gehören pflanzliche Organismen (Phytoplankton) und kleine Tierchen bzw. Entwicklungsstadien des Lebenszyklus von Meerestieren wie Eier und Larven (Zooplankton). Diese meistens sehr kleinen Organismen bilden eine grundlegende Komponente des Ökosystems. Das Zooplankton hat im marinen Ökosystem eine zentrale Rolle als Konsument von Phytoplankton und zudem als unterster Produzent innerhalb der marinen Nahrungsketten. Den Lebensraum des Planktons bilden Wassermassen. Eine raumscharfe Abgrenzung von Lebensräumen ist daher für das Plankton, anders als z.B. für das Benthos, nur sehr eingeschränkt möglich. In der deutschen AWZ mangelt es an Langzeitreihen, die Aufschluss über natürliche Sukzession, eventuelle Artenverschiebung sowie Veränderungen der Abundanz (Häufigkeit) und Biomasse des Phyto- und Zooplanktons geben könnten. Aus dem Bereich der deutschen AWZ liegen lediglich Proben aus einigen Stationen vor, die im Rahmen der Untersuchungen für HELCOM seit 1979 von IOW genommen werden.

Die Eutrophierung stellt für das marine Ökosystem der Ostsee eine große Gefährdung dar. Die Konzentration des Chlorophyll<sub>a</sub> im Wasser, als Maß für die Biomasse des Phytoplanktons, gibt Auskunft über den Grad der Eutrophierung. Hinsichtlich der Eutrophierung lassen sich folgende direkte Auswirkungen auf das Phytoplankton beschreiben:

- Steigerung der Primärproduktion und Biomasse
- Veränderung des Artenspektrums
- Häufung des Auftretens von Algenblüten
- Zunahme der Trübung und Reduzierung der Lichteindringtiefe im Wasser
- Steigerung der Sedimentation von organischem Material.

Das Zooplankton der Ostsee setzt sich aus wenigen Arten zusammen. Bei Lebensgemeinschaften der Ostsee tritt aufgrund der Variabilität in der Salinität eine Verlagerung der vertikalen Verbreitung (Submergenz) ein. Bei Zooplankton werden hinsichtlich der Eutrophierung folgende indirekte Auswirkungen beschrieben:

- Steigerung der Abundanz und Biomasse

- Veränderung des Artenspektrums.

Auf Grund des aktuellen Wissensstandes hinsichtlich des Vorkommens und Zustandes des Phyto- und Zooplanktons lassen sich nur sehr eingeschränkt Schlussfolgerungen über den Zustand in der deutschen AWZ ziehen (vgl. Kap. 2.3 und 2.4):

Veränderungen sind im gesamten Ökosystem der Ostsee zu verzeichnen:

- Ab Anfang der 80er Jahre langsame Veränderungen, ab 1987/88 sogar sprunghafte Veränderung.

Veränderungen des Phytoplanktons in der westlichen Ostsee:

- Zunahme von Dinoflagellaten
- Abnahme der Diatomeen
- Zunahme der Phytoplanktonbiomasse
- Auftreten toxischer Algenblüte aperiodisch und nicht vorhersagbar
- Einführung nicht-einheimischer Arten
- Häufung des Auftretens von Algenblüten.

Veränderungen des Zooplanktons in der westlichen Ostsee:

- Die Artenzusammensetzung hat sich verändert
- Die Anzahl nicht einheimischer Arten hat zugenommen
- Viele nicht einheimische Arten haben sich bereits etabliert
- Viele gebietstypische Arten sind zurückgegangen, darunter auch solche die zu den natürlichen Nahrungsressourcen des marinen Ökosystems gehören.
- Die Dominanz-Verhältnisse innerhalb der Zooplankton-Gruppen haben sich verändert.

Die Veränderungen des Phyto- und Zooplanktons hängen mit den Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen (vgl. Kapitel 2.3.2 und 2.4.2).

#### **9.2.4 Benthos und Biotoptypen**

Das Benthos umfasst die an Substratoberflächen oder in Weichsubstraten lebende Lebensgemeinschaft am Boden von Gewässern, wobei die Tiere, die sich überwiegend im (Endofauna) oder auf dem Boden (Epifauna) aufhalten, als Zoobenthos bezeichnet werden.

Zur Beschreibung der makrozoobenthischen Lebensgemeinschaften existieren für die deutsche Ostsee verschiedene Datensätze. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde damit begonnen die am Boden der Ostsee lebende Flora und Fauna zusammen (MÖBIUS, 1873).

Die bodenlebenden wirbellosen Tiere der Ostsee setzen sich in erster Linie aus marinen Einwanderern aus dem Nordseegebiet, aus Brackwasserarten und Eiszeitrelikten zusammen (GOSSELCK et al., 1996). Für das Vorkommen und die Verbreitung von Benthosarten ist der Salzgehalt der bestimmende Faktor. Das Gros der Arten setzt sich aus marin-euryhalinen (euryhalin: Arten ertragen große Schwankungen des Salzgehaltes) Arten zusammen, die in Abhängigkeit von ihrer Toleranz gegenüber abnehmendem Salzgehalt verschieden weit in die Ostsee vordringen. So nehmen die marinen Arten von der Beltsee in Richtung der zentralen und östlichen Ostsee zu Gunsten von brackischen und limnischen Arten ab und erreichen im Bereich des Arkonabeckens ihre östliche Verbreitungsgrenze. Da die marin-euryhalinen Arten nicht in gleichem Maße durch Süßwasserarten ersetzt werden, ist eine Abnahme der Artenzahl die Folge.

Die Angaben über die insgesamt im deutschen Ostseebereich vorkommenden benthischen Arten variieren von Autor zu Autor sehr stark. GOSSELCK et al. (1996) führen 383 benthische Arten auf. WASMUND et al. (2004) geben an, dass seit 1991 an 6 Stationen in der Ostsee (Kieler und Mecklenburger Bucht, Arkonasee) bisher insgesamt 156 Taxa nachgewiesen wurden. Von diesen tauchten allerdings 30-40 % (ca. 47-63 Taxa) nur gelegentlich auf. GERLACH (2000) verzeichnet in seiner „Checkliste der Fauna der Kieler Bucht“ insgesamt 719 Taxa der Makrofauna. ZETTLER et al. (2000) wiesen in der Mecklenburger Bucht insgesamt über 240 Makrozoobenthosarten nach. Die dominanten systematischen Hauptgruppen waren die Polychaeta (71 Taxa), Crustacea (57 Taxa) und Mollusca (50 Taxa). Nach Literaturrecherchen, die im Rahmen eines F&E Vorhabens durchgeführt worden sind (ZETTLER et al., 2003), wurden in der Arkonasee bisher 126 Taxa nachgewiesen. Allerdings wurden im Vorranggebiet für Windenergie „Westlich Adlergrund“ durch die Umweltverträglichkeitsuntersuchungen der Einzelverfahren insgesamt 113 verschiedene Taxa und im Eignungsgebiet „Kriegers Flak“ 83 Taxa nachgewiesen.

In der Kieler Bucht tritt eine von *Macoma balthica* dominierte Gemeinschaft und eine Tiefwassergemeinschaft vom *Abra alba/Arctica islandica*-Typ auf (RUMOHR, 1995). In der Mecklenburger Bucht ist die Abgrenzung der Lebensgemeinschaften nach ZETTLER et al. (2000) direkt an die Tiefenzonierung (Salz, Temperatur, Sedimente) gekoppelt. Es konnten drei wesentliche Gemeinschaften (*Mya-arenaria-Pygospio-elegans*-Zönose, *Abra-alba-Arctica-islandica*-Zönose und *Mysella-bidentata-Astarte-borealis*-Zönose) charakterisiert werden.

In der Arkonasee konnten im Vorranggebiet für Windenergie „Kriegers Flak“ zwei Lebensgemeinschaften benannt werden. Die erste Lebensgemeinschaft siedelt in flachen Bereichen (bis 30 m Wassertiefe). Hier sind der Polychaet *Travisia forbesii*, die Muschel *Mya arenaria*, die Schnecke *Hydrobia ulvae* und der Krebs *Bathyporeia pilosa* typische Vertreter der Lebensgemeinschaft. Die zweite Lebensgemeinschaft siedelt in den tieferen Bereichen (30- 40 m) und umfasst kaltwasserliebende Arten wie die Muschel *Astarte borealis*, die glazialreliktischen Flohkrebse *Monoporeia affinis* und *Pontoporeia femorata*, die reliktische Asselart *Saduria entomon* und der Polychaet *Terebellides stroemi*.

Im Vorranggebiet Windenergie „Westlich Adlergrund“ konnten dagegen drei Lebensgemeinschaften identifiziert werden.

Gemeinschaft A: Dominiert von der Miesmuschel *Mytilus edulis* und Elementen ihrer typischen Begleitfauna (z.B. *Gammarus* spp., *Microdeutopus gryllotalpa*, *Jaera albifrons*).

Gemeinschaft B: Dominiert von Oligochaeta, *Pygospio elegans* und *Hydrobia ulvae*.  
Gemeinschaft C: Lebensgemeinschaft der schlickreichen Weichböden unterhalb der Halokline. Charakteristische Arten sind u. a. *Scoloplos armiger*, *Halicryptus spinulosus*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis rathkei*, *Ampharete* spp. und *Terebellides stroemi*.

Hinsichtlich der Gefährdung des Makrozoobenthos ist festzustellen, dass 66 Arten in der „Roten Liste und Artenliste der benthischen wirbellosen Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee“ gefährdete Arten aufgeführt werden (GOSSELCK et al., 1996). Nach derzeitigem Kenntnisstand weist die AWZ der deutschen Ostsee 38 Rote Liste-Arten auf (Fachbeitrag des BFN).

In der Liste der Biotoptypen Deutschlands (RIECKEN et al., 2003) wird das Benthos der Ostsee in Sedimentationsgebiete unterhalb der 20 m Tiefenlinie und in Abrasionsgebiete oberhalb 20 m eingeteilt.

Weiterhin wurden in der deutschen AWZ der Ostsee die nach EU-Recht (FFH-Richtlinie, Annex 1) zu schützenden Biotoptypen des Typs 1110 „Sandbänke“ und 1170 „Riffe“ identifiziert. Ihrer Schutzwürdigkeit wurde durch die FFH-Gebiete „Fehmarnbelt“ (DE 1332-301), „Kadetrinne“ (DE 1339-301), „Westliche Rönnebank“ (DE 1249-301), „Adlergrund“ (DE 1251-301) und „Pommersche Bucht mit Oderbank“ (DE 1652-301) Rechnung getragen.

Aufgrund des aktuellen Wissensstandes ist zusammenfassend festzustellen, dass das Makrozoobenthos der AWZ der deutschen Ostsee hinsichtlich der verwendeten Kriterien Seltenheit und Gefährdung sowie Vielfalt und Eigenart als durchschnittlich anzusehen ist. Unterstützt wird diese Einschätzung dadurch, dass in der „Roten Liste und Artenliste der benthischen wirbellosen Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee“ insgesamt 66 gefährdete Arten aufgeführt werden (GOSELCK et al., 1996). Die 66 Arten repräsentieren über 17 % des Gesamtbestandes. Nach derzeitigem Kenntnisstand weist die AWZ der deutschen Ostsee 38 Rote Liste-Arten auf (Fachbeitrag des BFN). Eine Artenliste für die gesamte AWZ liegt derzeit nicht vor. Hinweise über die Artenvielfalt geben aber mehrere Untersuchungen (KOCK, 2001; ZETTLER et al., 2000, 2003 sowie Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zu verschiedenen Offshore-Windparkprojekten). Aufgrund dieser Untersuchungen ist mit mehr als 200 Arten zu rechnen, sodass der prozentuale Anteil von Rote Liste-Arten in der AWZ im Bereich des Wertes von GOSELCK et al. (1996) liegen wird. Das Arteninventar der AWZ der Ostsee ist mit seinen ca. 200 Makrozoobenthosarten als durchschnittlich anzusehen, denn GERLACH (2000) führt in seiner Checkliste allein für die Kieler Bucht insgesamt 719 Taxa auf. Auch die Benthoslebensgemeinschaften weisen größtenteils keine Besonderheiten auf. Bei höheren Salinitäten, wie sie in den tieferen Horizonten (ab ca. 20 m) noch in der deutschen Beltsee herrschen, sind die Voraussetzungen für eine relativ artenreiche *Abra-alba*-Zönose gegeben, deren namensgebende Kleine Pfeffermuschel (*Abra alba*) von der Körbchenmuschel (*Corbula gibba*), der Islandmuschel (*Arctica islandica*), dem Köcherwurm (*Lagis koreni*), dem Vielborster *Nephtys spec.*, dem Krebs *Diastylis rathkei* oder dem gemeinen Schlangensterne (*Ophiura albida*) begleitet wird. Hinzu kommen eine Reihe weiterer marin-euryhaliner Vielborster, Krebse und Muscheln. In der eigentlichen Ostsee herrscht in den flacheren Gebieten die *Macom-balthica*-Zönose unter salzgehaltsbedingter Artenabnahme vor.

Hinsichtlich des Kriteriums Natürlichkeit ist festzustellen, dass das Benthos aufgrund der Vorbelastungen (Eutrophierung, Schadstoffeinträge und Fischerei) von seinem ursprünglichen Zustand abweicht. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Störung der Bodenoberfläche durch intensive Fischereitätigkeit, die eine Verschiebung von langlebigen Arten (Muscheln) hin zu kurzlebigen, sich schnell reproduzierenden Arten verursacht. Deshalb entspricht heute weder die Artenzusammensetzung noch die Biomasse des Zoobenthos dem Zustand, der ohne menschliche Nutzungen zu erwarten wäre.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die AWZ der Ostsee hinsichtlich des Arteninventars der Benthosorganismen keine herausragende Bedeutung hat. Auch die identifizierten Benthoslebensgemeinschaften weisen großräumig keine Besonderheiten auf. Bei Anwendung des Ostsee-Sukzessionsmodells von RUMOHR (1996) zeigt sich, dass sich der benthologische Zustand der Ostsee von 1932 bis 1989 um mindestens eine Stufe verschlechtert hat. Allerdings sind die einzelnen Schritte in diesem Sukzessionsmodell auch umkehrbar, wenn sich die Bedingungen infolge von Umweltverbesserungen verändern.

### 9.2.5 Fische

Neben den Walen stellen die Fische eine der bekanntesten Gruppen der marinen Fauna dar und sie besiedeln die Meere von der Oberfläche bis in die Tiefseeegräben, wo sie sich den jeweils vorherrschenden Lebensbedingungen angepasst haben.

Für die Verteilung der Fischarten spielt der Salzgehalt eine wichtige Rolle. Daneben sind auch die Sedimentverhältnisse für die Fischbesiedlung wichtig. Da sich die deutschen Meeresgebiete der Ostsee im Übergangsbereich zwischen der von der Nordsee geprägten Beltsee und der eigentlichen, Brackwasser dominierten zentralen Ostsee befinden, lässt sich die deutsche Ostsee zunächst grundsätzlich in die „westliche Ostsee“, die sich östlich bis zu Kadetrinne/Darßer Schwelle erstreckt, und die östlich davon gelegene „zentrale Ostsee“ trennen.

In der umfassenden und aktuellen Übersicht von WINKLER und SCHRÖDER (2003) werden für die gesamte deutsche Ostseeküste 151 Arten aufgeführt. Hierbei umfasst das Bezugsgebiet die Ostseeküsten von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, äußerlich begrenzt durch die mit den Nachbarländern festgelegte Mittellinie (entsprechend der Definition von FRICKE et al., 1996). Die Dokumentation enthält alle Arten, für die aus unserem Ostseegebiet ein im wissenschaftlichen Sinne verbürgter Nachweis, und sei es auch nur in einer Publikation, vorliegt.

Eine regionale Gliederung der Fischgemeinschaften ist von verschiedenen Umweltparametern abhängig. So spielen die Verfügbarkeit von Nahrung und hydrographische Parameter wie Wassertemperatur und Salinität eine wichtige Rolle für das Überleben und die Reproduktion vieler Fischarten. In der Ostsee ist die Verteilung der Fische vorrangig vom Salzgehalt abhängig, wobei dieser in Richtung Ost und Nord abnimmt (siehe auch Kap. 2.7.1). Dies hat zur Folge, dass sowohl die Anzahl der Arten als auch die Individuenzahl der Meeresfische von Westen nach Osten und Norden hin abnimmt. Dies gilt besonders für die Meeresfische. Die Süßwasserarten haben ihr Maximum in den Küstengewässern der mittleren Ostsee. Während in der Nordsee 120 Meeresfischarten heimisch sind, findet man in der Kieler und Mecklenburger Bucht noch 70, in der südlichen und mittleren Ostsee 40 bis 50 und in der Alandsee, im Finnischenmeeresbusen und in der Bottensee 20 Arten (REMANE, 1958). Aus diesen Gründen wird die Fischgemeinschaft der deutschen AWZ der Ostsee in die Gemeinschaft der westlichen und östlichen AWZ getrennt.

Der derzeitige Kenntnisstand über die Fischbestände der AWZ ist gering. Zur Zeit liegen nur wenige Untersuchungen vor, die eine vorrangige Beprobung in der AWZ vorgenommen haben. Hierbei handelt es sich um aktuelle Untersuchungen von KLOPPMANN et al. (2003), EHRICH et al. (2006) und THIEL und WINKLER (2004) sowie aktuelle Untersuchungen die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) für die im Bereich der AWZ geplanten Windpark-Vorhaben durchgeführt wurden.

In der westlichen AWZ konnten aktuell 29 Fischarten nachgewiesen werden (KLOPPMANN et al., 2003; EHRICH et al., 2006; FRIEB, 2003; MIESKE, 2002, 2003, 2006) und in der östlichen AWZ 51 Fischarten (KLOPPMANN et al., 2003; EHRICH et al., 2006; FRIEB, 2003; MIESKE, 2002, 2003, 2006 sowie Umweltverträglichkeitsuntersuchungen). Für die gesamte AWZ beträgt die aktuell nachgewiesene Fischartenzahl 58.

Hinsichtlich der Gefährdung der Ostseefische ist festzustellen, dass nur rund 30 % der in der Ostsee ständig vorkommenden Arten (ohne Wanderarten) nach dem Rote Liste-Status als gefährdet eingestuft worden sind (FRICKE et al., 1996; FRICKE et al., 1998). In der westlichen AWZ weisen drei Arten einen Rote-Liste-Status auf. Zwei Arten werden in der Roten Liste nach FRICKE et al. (1998) aufgeführt. Es handelt sich dabei um die Meerforelle (*Salmo trutta*) die als stark gefährdet gilt (Kat. 2) und den Seehasen (*Cyclopterus lumpus*), der zu den Arten mit geographischer Restriktion (Kat. R) gehört. Die Groppe (*Cottus gobio*) gilt nach BLESS et al. (1994) als stark gefährdet (Kat. 2). In der östlichen AWZ konnten insgesamt 11 Rote-Liste-Arten (FRICKE et al. 1998) nachgewiesen werden. Der Lachs (*Salmo salar*) ist nach der Roten Liste vom Aussterben bedroht (Kat. 1). Die Finte (*Alosa fallax*), die Quappe (*Lota lota*) und die Meerforelle (*Salmo trutta*) sind stark gefährdet (Kat. 2). Als gefährdet (Kat. 3) gelten der Aal (*Anguilla anguilla*), der Schnäpel (*Coregonus maraena*), der Große Scheibenbauch (*Liparis liparis*), der Seestichling (*Spinachia spinachia*) und die Grasnadel (*Syngnathus typhle*). Zwei der neun Rote-Liste-Arten werden im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt. Es handelt sich dabei um die Finte (*Alosa fallax*) und das stark gefährdete (Kat. 2) Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*). Der Lachs (*Salmo salar*), hat nur im Binnenbereich den Status als FFH-Art.

Bei der Zustandseinschätzung der Fischfauna der AWZ wird eine Trennung in die Regionen westliche und östliche AWZ vorgenommen.



Zur Einschätzung der Fischgemeinschaften werden die Kriterien herangezogen, die sich bereits bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen der Vorhaben der Offshore-Windenergieparks in der AWZ der Ost- und Nordsee bewährt haben. Es handelt sich dabei um die Kriterien Seltenheit und Gefährdung, Vielfalt und Eigenart sowie Natürlichkeit.

Aufgrund der vorliegenden Datenbasis ist festzustellen, dass die Fischfauna der westlichen AWZ der deutschen Ostsee durch das Vorkommen von drei Rote Liste-Arten (Meerforelle, Seehase und Groppe) gekennzeichnet und somit hinsichtlich des Kriteriums „Seltenheit und Gefährdung“ als durchschnittlich einzustufen ist.

Die Vielfalt des Fischbestandes wird am besten durch die Artenzahl ausgedrückt und die Eigenart eines Gebiets bezieht sich auf die Zusammensetzung der Artenvergesellschaftung. Die Bedeutung der Artenzahl lässt sich nur im Vergleich mit anderen Untersuchungen einschätzen. Insgesamt sind nach WINKLER und SCHRÖDER (2003) 151 Fischarten in der Ostsee und den Bodden nachgewiesen. Für die offene Ostsee kann man von 29 aktuell vorkommenden Arten ausgehen (WINKLER und SCHRÖDER, 2003). EHRICH et al. (2006) registrierten im Verlauf der letzten 28 Jahre (1977 – 2005) 63 Fischarten im deutschen Bereich der Ostsee. In der westlichen Ostsee wurden im Bereich der AWZ durch die im Kap. 2.7.4.2 genannten aktuellen Untersuchungen insgesamt 29 Fischarten nachgewiesen. Unter der Berücksichtigung der o. g. Annahme von WINKLER und SCHRÖDER (2003) ist die vorgefundene Artenzahl als durchschnittlich einzustufen. Nach der bisherigen Datenlage sind die habitattypischen Fisch-Lebensgemeinschaften in der westlichen AWZ vorhanden. Die pelagische Fischgemeinschaft, vertreten durch Hering, Sprotte und Meerforelle, wurde ebenso nachgewiesen wie die demersale (über dem Meeresboden lebend) Fischgemeinschaft, bestehend aus großen Fischarten wie Dorsch, Scholle, Flunder und Kliesche. Zusätzlich konnten verschiedene Kleinfischarten wie Grundeln und Sandaale nachgewiesen werden. Aufgrund der habitattypischen Fischgemeinschaften weist die Eigenart eine durchschnittliche Bedeutung auf.

Die Natürlichkeit des Fischbestandes in der westlichen AWZ ist durch menschliche Aktivitäten, insbesondere die Fischerei, geprägt. Aufgrund der relativ typischen Artenzusammensetzung in der westlichen AWZ, bei verändertem Bestandsaufbau einzelner Arten, besitzt die „Natürlichkeit“ des Bestandes insgesamt eine durchschnittliche Bedeutung. Berücksichtigt werden muss, dass die Vorbelastung in der westlichen AWZ durch die fischereiliche Situation in allen Ostseegebieten ähnlich ist.

Die bisherige Datenlage zeigt, dass die östliche AWZ durch das Vorkommen der FFH-Arten Finte, Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*) und Lachs (*Salmo salar*, FFH-Status im Binnenbereich) gekennzeichnet ist. Nach WINKLER und SCHRÖDER (2003) ist der Lachs in der Ostsee häufig, die Finte selten und das Flussneunauge tritt regelmäßig auf (siehe auch Kap. 2.7.3.2). Weiterhin wurden die stark gefährdeten (Kat. 2) Arten Meerforelle und Quappe häufig bzw. selten nachgewiesen. Aufgrund des Vorkommens dreier FFH-Arten hat die Fischgemeinschaft der östlichen AWZ eine überdurchschnittliche Bedeutung hinsichtlich des Kriteriums Seltenheit/Gefährdung.

Die Vielfalt des Fischbestandes ist mit 51 Fischarten im Vergleich zu den 29 aktuell in der offenen Ostsee vorkommenden Arten (WINKLER und SCHRÖDER, 2003) und den 36 Fischarten die nach NELLEN und THIEL (1995) und THIEL et al. (1996) in der mittleren Ostsee ständig vorkommen, als hoch einzustufen. Nach der bisherigen Datenlage sind die habitattypischen Fisch-Lebensgemeinschaften in der östlichen AWZ vorhanden. Die pelagische Fischgemeinschaft, vertreten durch Hering, Sprotte, Lachs und Meerforelle, wurde ebenso nachgewiesen wie die demersale Fischgemeinschaft, bestehend aus großen Fischarten wie Dorsch, Scholle, Flunder und Kliesche. Zusätzlich konnten verschiedene Kleinfischarten wie Grundeln und Sandaale nachgewiesen werden. Aufgrund der habitattypischen Fischgemeinschaften weist die Eigenart eine durchschnittliche Bedeutung auf.

Die Natürlichkeit des Fischbestands in der östlichen AWZ ist durch menschliche Aktivitäten, insbesondere die Fischerei, geprägt. Aufgrund der relativ typischen Artenzusammensetzung in der östlichen AWZ, bei verändertem Bestandsaufbau einzelner Arten, besitzt die „Natürlichkeit“ des Bestandes insgesamt eine durchschnittliche Bedeutung. Berücksichtigt werden muss, dass die Vorbelastung in der östlichen AWZ durch die fischereiliche Situation in allen Ostseegebieten ähnlich ist.

### 9.2.6 Marine Säugetiere

In der deutschen AWZ der Ostsee kommen regelmäßig drei Arten mariner Säugetiere vor: Schweinswale, Kegelrobben und Seehunde. Die beiden Robbenarten haben ihre Liege- und Wurfplätze auf Inseln und Sandbänken im Bereich des Küstenmeeres. Marine Säugetiere sind durch ihre hohe Mobilität in der Lage, auf Nahrungssuche lange Wanderungen vorzunehmen und dabei ihre Beuteorganismen, z. B. Fischschwärme, durch große Meeresgebiete zu verfolgen. Die hohe Mobilität in Abhängigkeit von besonderen Bedingungen der Meeresumwelt führt zu einer hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität des Vorkommens von marinen Säugetieren.

Auf Grund einer Vielzahl von Untersuchungsprogrammen, die in den letzten Jahren insbesondere in deutschen Gewässern durchgeführt wurden, hat sich die Datenlage zu marinen Säugetieren deutlich verbessert: MINOS, MINOS+, Untersuchungen zur Festlegung von Schutzgebieten, Untersuchungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windenergieparks und Verfahren zur Festlegung von besonderen Eignungsgebieten für Windenergie.

Die bisherigen Erkenntnisse im Bezug auf das Vorkommen und den Zustand des Schweinswalsbestands in der Ostsee (Kapitel 2.8) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Bestand in der Ostsee hat in den letzten Jahrzehnten überwiegend in Folge von Beifang, Dezimierung der Fischbestände und Nahrungslimitierung stark abgenommen
- Es gibt keine Langzeit-Datenreihen um die Trendentwicklung abschätzen zu können
- Im Zeitraum 1994 bis 2005 ist die Abundanz der nordeuropäischen Populationen relativ stabil geblieben
- Der Bestand der deutschen Gewässer der Ostsee weist saisonale Verteilungsmuster auf, diese sind jedoch schwächer als in der Nordsee
- Verteilungsmuster sind räumlich wie zeitlich nicht vorhersagbar
- Veränderungen des marinen Ökosystems wirken sich auf den Bestand aus.

Gefährdungen gehen für den Bestand von einer Reihe anthropogener Aktivitäten aus:

- Fischerei, durch Beifang und Dezimierung von Fischbeständen
- Meeresumweltverschmutzung, durch Einleitung von organischen und anorganischen Schadstoffen, Öleinträge
- Eutrophierung, durch Einleitung von Nährstoffen
- Schifffahrt, überwiegend durch Schallimmissionen und Kollisionsgefahr
- Schallimmissionen aus anderen Quellen, wie Forschungsaktivitäten, Militär, Bauaktivitäten.

Gefährdungen gehen außerdem für den Bestand aus von:

- Erkrankungen (bakteriellen oder viralen Ursprungs),
- Klimaveränderungen (Einwirkung auf die marine Nahrungsketten).

Zusätzlich gilt für den Bereich der deutschen Gewässer nach Stand der Erkenntnisse:

- Abundanz und Verteilung variieren intra- und interannual
- Saisonale Verteilungsmuster sind ersichtlich
- Saisonale Abundanzschwankungen treten auf
- Nutzung bzw. Bedeutung der verschiedenen Teilgebiete lässt sich aufgrund von Abundanz- und Verteilungsmustern wie folgt abschätzen:
  - Teilgebiet Kieler Bucht, mittlere bis hohe Bedeutung
  - Teilgebiet Mecklenburger Bucht, insgesamt mittlere Bedeutung,
  - Teilgebiet Rügen, mittlere Bedeutung, teilweise im Bereich der Oderbank hohe Bedeutung
  - Teilflächen „Kriegers Flak“ und „Westlich Adlergrund“ nach aktuellem Kenntnisstand nur geringe Bedeutung
- Beifang stellt die Hauptgefährdung dar
- Schallimmissionen durch anthropogene Aktivitäten stellen eine potenzielle Gefährdung dar, die durch schallminimierende Maßnahmen reduziert werden kann.

Veränderungen der Bestände von marinen Säugetieren hängen mit Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen. Anthropogene Aktivitäten und Klimawandel beeinflussen neben der natürlichen Variabilität diese Veränderungen.

### 9.2.7 Seevögel

In den deutschen Gewässern der Ostsee, im Küstenmeer und in der AWZ, kommen regelmäßig 38 See- und Wasservogelarten vor. Davon kommen 20 Arten regelmäßig in größeren Beständen als Rastvögel auch im Bereich der AWZ vor. Einige Bereiche der deutschen Gewässer der Ostsee haben nicht nur national, sondern auch international eine große Bedeutung für See- und Wasservögel. So gehören die Pommersche Bucht, die Oderbank und der Adlergrund zu den zehn wichtigsten Habitaten für Seevögel in der Ostsee. Es sind hier insbesondere das IBA-Gebiet „Pommersche Bucht“ und das Vogelschutzgebiet nach VRL „SPA Pommersche Bucht“ zu nennen. Generell bieten offene, weitgehend flache Gebiete mit Wassertiefen bis zu 20 m und reichem Nahrungsangebot ideale Bedingungen für Seevögel zum Rasten und Überwintern. Insbesondere sind diese Rastgebiete von Bedeutung, wenn sich die Bestände im Winter aufgrund von Eisbildung bzw. Eisbedeckung in der östlichen Ostsee weiter westlich auf Nahrungssuche verlagern.

Auf Grund einer Vielzahl von Untersuchungsprogrammen, die in den letzten Jahren insbesondere in deutschen Gewässern durchgeführt wurden, hat sich die Datenlage zu Seevögeln deutlich verbessert: MINOS, MINOS+, Untersuchungen zu Festlegung von Schutzgebieten, Untersuchungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windenergieparks und Verfahren zur Festlegung von besonderen Eignungsgebieten für Windenergie.

Folgende Seevogelarten nach Anhang I der VRL kommen in der deutschen AWZ vor: Sterntaucher (*Gavia stellata*), Prachtaucher (*G. arctica*), Ohrentaucher (*Podiceps auritus*), Zwergmöwe (*Larus minutus*), Brandseeschwalbe (*Sterna sandvicensis*), Küstenseeschwalbe (*S. paradisaea*), Flusseeeschwalbe (*S. hirundo*), Trauerschwalbe (*Chlidonias niger*). Meereseenten bilden in den Gewässern der Ostsee die wohl häufigste und zahlreichste Vogelgruppe.

Zusammenfassend lässt sich das Vorkommen von rastenden und nahrungssuchenden Vögeln in deutschen Gewässern der Ostsee wie folgt beschreiben:

- Die häufigsten Meereseenten (Eider-, Eis-, Trauer- und Samtente) bevorzugen eindeutig küstennahe Bereiche mit geringen Wassertiefen sowie Flachgründe im Offshore-Bereich wie den Adlergrund und die Oderbank.

- Haubentaucher und Mittelsäger halten sich ebenfalls in küstennahen Gebieten auf, Trottellumme und Ohrentaucher bevorzugen dagegen küstenferne Gebiete der deutschen Ostsee.
- Als häufigste Möwenart kommt in der deutschen Ostsee die Silbermöwe vor
- Silbermöwen konzentrieren sich häufig in Bereichen mit Fischereiaktivitäten
- Seeschwalben nutzen fast ausschließlich Boddengewässer und Binnenseen zur Nahrungssuche
- Seeschwalben kommen im Offshore-Bereich eher vereinzelt vor.

Die bisherigen Erkenntnisse im Bezug auf das Vorkommen von Rast- und Seevögeln, die auch in der westlichen Ostsee bzw. in der deutschen AWZ vorkommen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Bestände weisen artspezifische, saisonale Verteilungsmuster auf
- Abundanzschwankungen treten intra- wie interannual auf
- Verteilungsmuster der Bestände sind räumlich wie zeitlich nicht vorhersagbar
- Gefährdete oder besonders schützenswerte Arten kommen gebietsweise in unterschiedlicher Verteilung vor.

Veränderungen der Bestände von Seevögeln hängen mit Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen. Gefährdungen gehen für die Bestände von Seevögeln von einer Reihe von anthropogenen Aktivitäten aus:

- Fischerei - direkt durch Fang in den Netzen oder indirekt durch Dezimierung von Fischbeständen
- Eutrophierung - indirekt über marine Nahrungsketten
- Meeresumweltverschmutzung - indirekt über Anreicherungen von organischen und anorganischen Schadstoffen in den marinen Nahrungsketten
- Ölverschmutzung stellt für Rast- und Seevogel eine gravierende Gefährdung dar
- Schifffahrt - Störung überwiegend durch Schnellboote und Schnellfähren
- Müll durch Verfangen oder Verschlucken
- Bauaktivitäten - direkt durch Schiffsverkehr und indirekt über Störungen der marinen Nahrungsketten
- Bauwerke wie Windenergieanlagen - direkt durch Störwirkung mit Habitatverlust oder Kollisionsgefahr.

Gefährdungen für die Bestände gehen außerdem aus von:

- Erkrankungen bakteriellen oder viralen Ursprungs;
- Klimaveränderungen - indirekt über Einwirkung auf marine Nahrungsketten.

Die bisherigen Erkenntnisse in Bezug auf die Nutzung und Bedeutung von Teilbereichen der deutschen AWZ in der Ostsee für Seevogel lassen sich wie folgt zusammenfassen:

*SPA „Pommersche Bucht“:*

- Hohe Bedeutung als Nahrungs-, Überwinterungs-, Mauser-, Durchzugs- und Rasthabitat für die dort vorkommenden Arten nach Anhang I der VRL, insbesondere Sterntaucher, Prachtaucher, Ohrentaucher, Zwergmöwe, Flusseeeschwalbe und Küstenseeschwalbe
- hohe Bedeutung für die regelmäßig auftretenden Zugvogelarten, insbesondere für Rothalstaucher, Eisente, Trauerente, Samtente, Sturmmöwe, Heringsmöwe, Trottellumme, Tordalk und Gryllteiste.

*Teilgebiet Adlergrund:*

- Mittlere bis hohe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für benthosfressende Meeresenten
- Hohe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Gryllteiste und Samtenten
- Hohe Bedeutung als Ausweich-Rasthabitat von Meeresenten in strengen Eiswintern
- Hohes Vorkommen gefährdeter und besonders schützenswerter Arten
- Mittlere bis intensive Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt
- Die Seevogelgemeinschaft unterliegt den natürlich oder anthropogen verursachten Veränderungen der Ostsee.

*Teilgebiet Westlich Adlergrund:*

- Geringe bis mittlere Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für küstenah lebende Arten
- Mittlere Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Hochseevögel und Schiffsfolger
- Mittlere Bedeutung für tauchende Meeresenten
- Keine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Brutvögel
- Mittleres Vorkommen von gefährdeten und besonders schützenswerten Arten
- Mittlere Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt
- Die Seevogelgemeinschaft unterliegt den natürlich oder anthropogen verursachten Veränderungen der Ostsee.

*Teilgebiet Kriegers Flak:*

- Geringe Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für Hochseevogelarten und typische Schiffsfolger
- Keine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat für küstenah-lebende Arten
- Geringes Vorkommen von gefährdeten und besonders schützenswerten Arten
- Mittlere Nutzung der Teilflächen durch Fischerei und Schifffahrt

Die Seevogelgemeinschaft unterliegt den natürlich und/oder anthropogen verursachten Veränderungen der Ostsee.

## 9.2.8 Zugvögel

Als Vogelzug bezeichnet man üblicherweise periodische Wanderungen zwischen dem Brutgebiet und einem davon getrennten außerbrutzeitlichen Aufenthaltsbereich, der bei Vögeln höherer Breiten normalerweise das Winterquartier enthält. Da der Vogelzug jährlich stattfindet, wird er auch Jahreszug genannt.

Systematische Untersuchungen des Vogelzuges haben im Ostseeraum eine lange Tradition, schon 1901 wurde damit an der damaligen Vogelwarte Rossitten auf der Kurischen Nehrung begonnen. In Falsterbo an der Südspitze Schwedens wird der Vogelzug seit 1972 beobachtet und die Beringung von durchziehenden Vögeln betrieben. Im Ergebnis der langjährigen Forschungsaktivitäten sind mehr als 1.000 Publikationen über den Vogelzug in der westlichen Ostsee entstanden. Langzeitdaten zu Zugaktivitäten über der offenen See gibt es kaum. Eine Ausnahme stellte lange Zeit das Feuerschiff im Fehmarnbelt dar (auf einem Schiff befindlicher Leuchtturm), von dem aus systematisch der Zug von Seevögeln über dem Meer beobachtet wurde (vom 1.9.1956 bis 31.5.1957). Seit 2002 untersucht das Institut für Angewandte Ökologie (IfAÖ) im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Offshore-Windparks und Forschungsvorhaben des BMU (FKZ 0329948) den sichtbaren Vogelzug im deutschen Teil der Ostsee. Parallel wurde der Vogelzug bis 1.000 m Höhe mittels Vertikalradar quantifiziert (inzwischen > 600 Beobachtungstage).

Alljährlich ziehen im Herbst ca. eine Milliarde Vögel durch die westliche Ostsee. Im Frühjahr sind es auf Grund der hohen Mortalität der Jungvögel in ihrem ersten Winter erheblich weniger (200-300 Millionen). Mehr als 95 % dieser Vögel sind landlebende Kleinvögel (Passeriformes).

Etwa 200 Vogelarten sind alljährlich am Vogelzuggeschehen in der westlichen Ostsee beteiligt. Hinzu kommen weitere 100 seltene Arten und Irrgäste.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung des Zugvogelgeschehens über der Ostsee wird bei Nachtziehern allgemein von einem Breitfrontzug ausgegangen, wobei die Hauptzugrichtung im Herbst Südwest ist. Nachtzieher stellen mehr als die Hälfte aller Zugvögel in der westlichen Ostsee (Lang- und Kurzstreckenzieher). Zu den ausgesprochenen Nachtziehern zählen vor allem insektenfressende Kleinvögel wie Grasmücken, Laubsänger, Fliegenschnäpper, Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), aber auch Drosseln. Die Zugverteilung der Tagzieher ist artspezifisch verschieden. So durchqueren die meisten Wasservogelarten aus Westsibirien das Gebiet in Ost-West-Richtung (z. B. Gänse, Meeresenten, Strandläufer, Seetaucher). Skandinavische Populationen ziehen in Nord-Süd-Richtung (Feldgänse, Gründelenten, Säger, Wasserläufer). Es gibt drei bekannte Hauptrouten für tagziehende Wasservögel durch die westliche Ostsee:

- Entlang der schwedischen Küste (Hauptroute der meisten Eiderenten, Weißwangengänse und Ringelgänse),
- entlang der deutschen Küste (Hauptroute der meisten Trauerenten, sowie vieler Seetaucher und Seeschwalben),
- in Nord-Süd-Richtung (Schwäne, Feldgänse, Gründelenten, Säger).

Die Kraniche (*Grus grus*) Nordeuropas nutzen unterschiedliche Zugwege. Für die westliche Ostsee sind insbesondere die skandinavischen Vögel von Interesse, die auf dem Zug die Ostsee überqueren. Skandinavische Kraniche erreichen ihre Rastgebiete im Bereich der vorpommerschen Boddengewässer auf zwei Zugwegen: von Finnland aus partiell entlang der südlichen Ostseeküste und von Schweden aus durch einen non-stop Flug von 1-2 Stunden Dauer über das Arkona-Becken.

Die Mehrzahl der tagziehenden Greife schwedischer Populationen folgt im Herbst über Falsterbo der „Vogelfluglinie“, dabei kreuzt ein Teil die Ostsee in Nord-Süd-Richtung (z. T. artspezifisch, z.B. Raufußbussard).

Viele Landvogelarten ziehen am Tag. Neben den bereits beschriebenen Greifvögeln sind dies Tauben und Singvögel. Unter den Singvögeln zählen vor allem Kurzstreckenzieher zu den Tagziehern (vor allem Körnerfresser, wie Finken und Ammern; aber auch Pieper, Stelzen, Meisen und Krähen). Von den Langstreckenziehern bilden Schwalben als reine Tagzieher eine Ausnahme. In Bezug auf die westliche Ostsee sind dabei insbesondere die schwedischen und partiell auch finnische Brutvögel von Relevanz (siehe Ringfunde in LAUSTEN and LYNGS, 2004).

Der Zug tagziehender Landvögel folgt in der westlichen Ostsee zwei Grundregeln:

- Viele Tagzieher bevorzugen die Querung der Ostsee im Bereich der dänischen Inseln.
- Tagzieher meiden die Querung der Arkonasee bei Tag in geringer Höhe (< 100 m). Sie ziehen entweder in sehr großen Höhen (z.B. Buchfink > 1.000 m, IfAÖ eigene Beobachtungen) oder z. T. auch nachts (z.B. Feldlerche, Star, Bergfink).

Die Zughöhen unterscheiden sich zwischen taxonomischen Gruppen, der Tageszeit und der methodisch bedingten Erfassbarkeit des Zuggeschehens bzw. der Zughöhe. So ziehen Meeresenten vielfach in Höhen < 50 m. Watvögel bevorzugen dagegen zumeist große Höhen bei einer mittleren Zughöhe von ca. 2000 m (GREEN, 2005). Bei Kranichen wurden im Frühjahr Flughöhen von 200 – 700 m gemessen (KARLSSON and ALERSTAM, 1974). Allerdings kann sich die Zughöhenverteilung zwischen einzelnen Nächten jedoch stark unterscheiden und wird von aktueller Wetterlage, Windrichtung und Stärke sowie Wolkenhöhe und Schichtung offenbar stark beeinflusst (JELLMANN, 1979; HÜPPOP et al., 2006).

Bei der Zugintensität gibt es saisonale Unterschiede. Für Landvögel wurden hohe Zugintensitäten am Darßer Ort von März bis Mai und im September/Okttober mittels Vertikalradar gemessen. Innerhalb der Hauptzugzeiten variiert die Zugintensität sehr stark von Tag zu Tag. Ursache dieser Variationen sind Unterschiede in den Witterungsbedingungen, wobei die Windverhältnisse oftmals die entscheidende Rolle spielen (LIECHTI and BRUDERER, 1998; ERNI et al., 2002).

Zur Einschätzung des Zustands des Vogelzugs werden Bewertungskriterien verwandt, die sich bereits bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen zu Vorhaben von Offshore-Windenergieparks in der AWZ der Nord- und Ostsee bewährt haben:

- Leitlinien und Konzentrationsbereiche
- Zugeschehen und dessen Intensität
- Artenzahl; der Gefährdungsstatus der beteiligten Arten ist mit einzubeziehen.

Zusammenfassend ist nach derzeitigem Kenntnisstand festzustellen:

#### 1. Leitlinien und Konzentrationsbereiche

Der Nachtzug erfolgt in breiter Front ohne feststellbaren Gradienten der Zugintensitäten. Konzentrationsbereiche und Leitlinien des Vogelzuges sind in der westlichen Ostsee bei Tagziehern gegeben. Thermiksegler (und andere tagziehende Landvögel wie z. B. Ringeltauben) ziehen vorzugsweise entlang der „Vogelfluglinie“ (Inseln Fehmarn, Falster, Møn und Seeland, Falsterbo). Östlich dieser Hauptroute ziehen diese Vögel in wesentlich geringerer Dichte (z. B. FRANSSON and PETERSSON, 2001).

#### 2. Zugeschehen und dessen Intensität

- Es ziehen alljährlich bis zu einer Milliarde Vögel über die Ostsee.
- Für Meerestenten und Gänse aus Nordeuropa und Russland (bis Westsibirien) ist die Ostsee ein wichtiges Durchzugsgebiet, wobei ein Großteil des Zugeschehens im Herbst in Ost-West-Richtung in Küstennähe erfolgt.
- Für den Kranichzug hat die westliche Ostsee eine überdurchschnittliche Bedeutung, da der Großteil der biographischen Population auf ihrem Weg in den Süden die Ostsee zwangsläufig überqueren muss.
- Insgesamt ziehen bis zu 50.000 skandinavische Greifvögel über von Falsterbo kommend nach Süden über die Ostsee.
- Für den Zug der Landvögel ist die Ostsee aufgrund der sehr hohen Individuenzahlen von überdurchschnittlicher Bedeutung

#### 3. Artenzahl und Gefährdungsstatus der beteiligten Arten

- Zur Gefährdung der Zugvögel tragen anthropogene Faktoren in vielfältiger Weise bei. Die wesentliche Mortalität von Zugvögeln resultiert aus der aktiven Jagd und den Kollisionen mit anthropogenen Strukturen (insbesondere Hochbauten), die besonders Nachtzieher betreffen.
- Die Landzieher ziehen mit vielen Arten, wobei die gefährdeten Arten einen hohen Anteil haben.
- Insgesamt ist die deutsche AWZ der Ostsee für ziehende Wasservögel von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Dies folgt aus der Tatsache, dass es in der westlichen Ostsee für die tagziehenden Wasservögel zwei Hauptrouten entlang der schwedischen und deutschen Küste gibt und die deutsche AWZ zumindest an der Grenze des küstennahen Zugschwerpunktes entlang der mecklenburgischen Küste liegt (KNUST et al., 2003). Weiterhin liegen in Nord-Süd-Richtung Konzentrationsbereiche über die bekannten Zugrouten der offene Ostsee (z. B. „Vogelfluglinie“, Südschweden - Rügen) vor. Zusätzlich wird die westliche Ostsee von mehreren besonders zu schützenden Arten (z. B. Weißwangengans, Singschwan, Eider-, Trauer- und Samtente) in teilweise hohen Intensitäten überflogen.

- Beim Kranichzug ist eine Berücksichtigung des Zugverhaltens und somit eine differenzierte Betrachtung erforderlich. So sind die bekannten Hauptzugrouten zweifellos von überdurchschnittlicher Bedeutung. Die benachbarten Bereiche dieser Hauptzugrouten sind vermutlich in Abhängigkeit der Windstärke und –richtung von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Abseits dieser Bereiche ist die Bedeutung wahrscheinlich gering. Letztlich ist es erforderlich, bei Einzelvorhaben auf Projektebene Untersuchungen des Kranichzugs durchzuführen, um eine Zustandseinschätzung des betroffenen Zugweges durchzuführen.
- Insgesamt gesehen hat die deutsche AWZ der Ostsee für die Greifvögel, insbesondere der Skandinavischen Bestände eine überdurchschnittliche Bedeutung. Allerdings gibt es auch bei ihnen aufgrund ihres Zugverhaltens größere lokale Unterschiede, sodass eine differenzierte Betrachtung erforderlich ist. So sind die bekannten Hauptzugrouten zweifellos von überdurchschnittlicher Bedeutung. Die benachbarten Bereiche dieser Hauptzugrouten sind vermutlich in Abhängigkeit der Windstärke und -richtung von durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Bedeutung. Abseits dieser Bereiche ist die Bedeutung wahrscheinlich gering. Letztlich ist es erforderlich, bei Einzelvorhaben auf Projektebene Untersuchungen des Greifvogelzugs durchzuführen, um eine Zustandseinschätzung des betroffenen Bereiches durchzuführen.

### 9.2.9 Fledermäuse und Fledermauszug

In Deutschland kommen 23 Fledermausarten mit völlig unterschiedlichen Verbreitungsbereichen und Rastpräferenzen vor. Zudem weisen sie unterschiedlich starke Bestände auf. Auch der Kenntnisstand über ihre Populationsentwicklung ist unterschiedlich ausgeprägt. Unter diesen 23 Arten befinden sich auch einige langstreckenziehende Arten wie Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*), Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*), Kleiner Abendsegler (*Nyctalus leisleri*), Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*).

Neben der Echoortung verfügen Fledermäuse über spezielle visuelle und passiv akustische Fähigkeiten zur Wahrnehmung der Umgebung. Es wird angenommen, dass die visuelle Wahrnehmung eine wichtige Rolle bei der Orientierung und Navigation bei Langstreckenwanderungen und Zugbewegungen der Fledermäuse spielt. So scheint die visuelle Wahrnehmung von markanten Landschaftselementen (Flüsse, Waldränder, Küstenlinien) zur Orientierung und Navigation der Fledermäuse entlang von Zugrouten zu dienen. Echoortung dient dagegen, aufgrund des nur auf kleinen Entfernungen (ca. 100 m) eingeschränkten Wirkungsbereiches, fast ausschließlich der Nahrungssuche. Die Tiere halten in der kalten Jahreszeit Winterschlaf oder ziehen in Habitate mit geeigneten Überwinterungsmöglichkeiten.

Der Zug von Fledermäusen übers Meer ist aufgrund des Fehlens von geeigneten Erfassungsmethoden bzw. großangelegten Überwachungsprogrammen weitgehend unerforscht. Die vorhandenen Daten für den Ostseeraum sind sporadisch und unzureichend, um Rückschlüsse über Zugbewegungen von Fledermäusen ziehen zu können. Es ist anhand des vorhandenen Datenmaterials nicht möglich, konkrete Erkenntnisse über ziehende Arten, Zugrichtungen, Zughöhen, Zugkorridore und mögliche Konzentrationsbereiche zu gewinnen. Eine Quantifizierung des Fledermauszugs über der Ostsee ist derzeit nicht möglich.

Zusammenfassend kann für die Fledermausbestände von Ostsee-relevanten Arten festgehalten werden:

- Bestände und Verbreitung der ziehenden Arten sind vor allem aufgrund der hohen Wanderdynamik nicht abschließend erfasst
- Es fehlen adäquate Überwachungsprogramme, um die Bestandsentwicklung konsequent erfassen zu können



- Es fehlen adäquate Methoden und Überwachungsprogramme, um Wanderungen und Zugbewegungen über das offene Meer erfassen und quantifizieren zu können

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse über den potenziellen Fledermauszug über die Ostsee kann festgehalten werden:

- Beobachtungen und Beringungsfunde weisen daraufhin, dass einige Arten wie Großer Abendsegler, Flughautfledermaus, Zweifarbfledermaus, Zwergfledermaus und Nordfledermaus über die Ostsee ziehen.
- Es wird angenommen, dass ein Breitfront-Zug entlang von markanten Landschaftselementen wie den Küstenlinien stattfindet.
- Zugrichtungen, Zughöhen, Zugszeiten und vor allem mögliche Zugkorridore in der Ostsee sind jedoch für Fledermäuse bis heute weitgehend unbekannt.

### **9.2.10 Biologische Vielfalt**

Die „Biologische Vielfalt“ im Sinne des § 2 Abs.1 Nr. 8 BNatSchG beinhaltet die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten. Im Blickpunkt der Öffentlichkeit steht die Artenvielfalt. In der Ostsee findet bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts eine intensive Meeresforschung statt, die zu einer Wissensvermehrung über ihre Tier- und Pflanzenwelt geführt hat. Im Rahmen der HELCOM-Überwachung wurden in der Ostsee über 694 Phytoplankton-Taxa registriert. An Zooplankton-Taxa sind etwa 30 bekannt. Vom Makrozoobenthos sind allein in der Kieler Bucht mehr als 700 Arten bekannt. Die Fischfauna der Ostsee setzt sich derzeit aus 176 Fisch- und Neunaugenarten zusammen. Drei Arten mariner Säugetiere kommen in der deutschen AWZ regelmäßig vor. In den deutschen Gewässern der Ostsee, im Küstenmeer und in der AWZ, finden sich regelmäßig 38 See- und Wasservogelarten. Davon kommen 20 Arten regelmäßig in größeren Beständen als Rastvögel auch im Bereich der AWZ vor.

Hinsichtlich des derzeitigen Zustandes der biologischen Vielfalt in der Ostsee ist festzustellen, dass es zahllose Hinweise auf Veränderungen der Biodiversität und des Artengefüges in allen systematischen und trophischen Niveaus der Ostsee gibt. Rote Listen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten besitzen in diesem Zusammenhang eine wichtige Kontroll- und Warnfunktion, da sie den Zustand der Bestände von Arten und Biotopen in einer Region aufzeigen. Anhand der Roten Listen ist festzustellen, dass über 17 % der Makrozoobenthosarten und rund 30 % der ständig in der Ostsee vorkommenden Rundmäuler und Meeresfische gefährdet ist. Alle drei Arten mariner Säugetiere sind gefährdet und stehen unter Schutz. Einige der vorkommenden See- und Rastvogelarten gelten ebenfalls als gefährdet und stehen unter Schutz. Die Veränderungen gehen im Wesentlichen auf menschliche Aktivitäten, wie Fischerei und Meeresverschmutzung, bzw. auf Klimaveränderungen zurück.

### **9.2.11 Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern**

Die Komponenten des marinen Ökosystems, von Bakterien und Plankton bis hin zu marinen Säugetieren und Vögeln nehmen über komplexe Mechanismen Einfluss aufeinander. Zu den obersten Komponenten der marinen Nahrungsketten gehören die so genannten Prädatoren. Zu den oberen Prädatoren innerhalb der marinen Nahrungsketten zählen Wasser- und Seevögel und marine Säugetiere. In den Nahrungsketten sind Produzenten und Konsumenten von einander abhängig und beeinflussen sich auf vielfältige Art und Weise gegenseitig. Im Allgemeinen reguliert die Nahrungsverfügbarkeit das Wachstum und die Verbreitung der Arten. Die zeitlich angepasste Sukzession oder Abfolge des Wachstums zwischen den verschiedenen Komponenten der marinen Nahrungsketten ist von kritischer Bedeutung. Räuber-Beute-Verhältnisse bzw. trophische Beziehungen zwischen Größen- oder Altersgruppen einer Art

oder zwischen Arten regulieren ebenfalls das Gleichgewicht des marinen Ökosystems. Natürliche oder anthropogene Einwirkungen auf eine der Komponenten der marinen Nahrungsketten, z. B. das Artenspektrum oder die Biomasse des Planktons, können die gesamten Nahrungsketten beeinflussen und das Gleichgewicht des marinen Ökosystems verschieben und ggf. gefährden. Beispiele der sehr komplexen Wechselwirkungen und Kontrollmechanismen innerhalb der marinen Nahrungsketten wurden ausführlich in der Beschreibung der einzelnen Schutzgüter dargestellt.

Über die komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Komponenten untereinander ergeben sich schließlich Veränderungen im gesamten marinen Ökosystem der Ostsee, wie am Beispiel der trophischen Wechselbeziehungen zwischen Trottellumme, Dorsch, Sprott und Zooplankton bereits dargestellt. Aus den schutzgutbezogenen dargestellten Veränderungen lässt sich für das marine Ökosystem der Ostsee zusammenfassen:

- Es gibt langsame Veränderungen der belebten Meeresumwelt.
- Seit 1987/88 lassen sich sprunghafte Veränderungen der belebten Meeresumwelt beobachten.

Folgende Aspekte bzw. Veränderungen können auf die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten der belebten Meeresumwelt Einfluss nehmen:

- Veränderung der Artenzusammensetzung (Phyto- und Zooplankton, Benthos, Fische)
- Einführung und teilweise Etablierung nicht-einheimischer Arten (Phyto- und Zooplankton, Benthos, Fische)
- Veränderung der Abundanzverhältnisse (Phyto- und Zooplankton)
- Veränderung der Dominanzverhältnisse (Phyto- und Zooplankton)
- Veränderung der verfügbaren Biomasse (Phytoplankton)
- Rückgang von vielen gebietstypischen Arten (Plankton, Benthos, Fische)
- Rückgang der Nahrungsgrundlage für oberen Prädatoren (Seevogel)

### **9.2.12 Meeresumweltverschmutzung und Anreicherung von Schadstoffen in Biota**

Die Anreicherung von Schadstoffen im marinen Ökosystem erfolgt über die marinen Nahrungsketten beginnend mit der untersten Komponente, dem Phytoplankton. Über trophische Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten der marinen Nahrungsketten gelangen dann Schadstoffe zu den benthischen Organismen, Fischen, marinen Säugetieren, See- und Wasservögeln und schließlich durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten zum Menschen. Neben der Konzentration (Menge) von Schadstoffen in Organismen ist in der belebten Meeresumwelt die Akkumulation oder Magnifikation der Schadstoffe von großer Bedeutung.

Im deutschen Küstenmeer der Ostsee werden seit Anfang der achtziger Jahre im Rahmen des Bund-Länder-Messprogramms (BLMP) Schadstoffe in Benthos (überwiegend in Miesmuscheln) und Fischen gemessen. Fische, als Sekundärkonsumenten innerhalb der marinen Nahrungsketten, akkumulieren Schadstoffe in weit höheren Konzentrationen als Muscheln. Bei Fischen aus dem Küstenmeer blieben in den letzten Jahren (Messwerte aus 1999-2002), anders als bei Miesmuscheln, die Quecksilberkonzentrationen konstant. Die Konzentrationen von DDT-Derivaten in Fischen aus dem Küstenmeer blieben ebenfalls konstant. Dagegen nahmen die Konzentrationen von PCB und HCH ab. Die Quecksilber-Konzentrationen von Heringen und Dorschen aus dem Arkonabecken liegen wesentlich (viermal) niedriger als bei Konzentrationen in Barschen aus dem Küstenmeer.

Die Belastung von Fischen mit Schadstoffen trägt zur Schwächung der Immunkompetenz von Fischen bei und fördert den Ausbruch von Fischkrankheiten und Parasiten-Befall. Hautulcerationen und Skelettdeformationen gehören zu den am häufigsten beobachteten äußeren

Krankheiten von Dorschen in der westlichen Ostsee. In den südöstlichen Bereichen wurde in den letzten Jahren sogar eine Zunahme der Befallsrate mit Hautulcerationen beobachtet. Marine Säugetiere in der Ostsee haben eine hohe Belastung an organischen und anorganischen Schadstoffen. Besorgniserregende Konzentrationen von Schadstoffen in Meeressäugern hat man vor allem bei lipophilen, persistenten und bioakkumulativen Stoffen wie PCBs oder DDT nachgewiesen.

Bei allen Arten der See- und Wasservögel, als Konsumenten im oberen Bereich der marinen Nahrungsketten, besteht die Gefahr einer Schadstoffanreicherung im Körpergewebe.

Bisherige Ergebnisse weisen insgesamt darauf hin, Maßnahmen zur Reduzierung von Schadstoffeinträgen weiterhin aufrecht zu erhalten und zu verstärken. Insbesondere sind Auswirkungen organischer Schadstoffe innerhalb der Nahrungsketten noch unzureichend bekannt bzw. stoffspezifisch weitgehend unbekannt.

### **9.2.13 Landschaftsbild**

Die Meereslandschaft ist geprägt durch eine großflächige Freiraumstruktur. Das Landschaftsbild ist von Störungen weitgehend unbeeinflusst. Es gibt in der AWZ der Ostsee zur Zeit nur wenige Hochbauten. Bei diesen handelt es sich um Messmasten zu Forschungszwecken. Diese sind jedoch von Land aus wegen der großen Entfernungen nicht sichtbar.

### **9.2.14 Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)**

Hinweise auf mögliche Sachwerte oder kulturelles Erbe liegen insofern vor, als dass die räumliche Lage einer Vielzahl von Wracks bekannt ist und in den Seekarten des BSH verzeichnet ist.

## **9.3 Voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Plans**

In der AWZ werden gegenwärtig zahlreiche Nutzungen ausgeübt bzw. geplant, die

- fachrechtlich bewilligt, genehmigt oder planfestgestellt sind, wie insbesondere im Bereich der Rohstoffgewinnung und der Windenergienutzung,
- nach SRÜ besondere Freiheiten genießen, wie Schifffahrt, Verlegung und Betrieb von Rohrleitungen sowie Forschung,
- in die Regelungskompetenz der EU fallen (Fischerei)
- oder für die §18a ROG 1998 (vgl. § 17 Abs. 3 ROG) keine Regelungen trifft (militärische Übungen).

Diese Nutzungen würden auch bei Nichtdurchführung des Plans entsprechend der jeweiligen Rechtsgrundlagen weiterhin ausgeübt werden. Die jeweiligen Auswirkungen der genannten Nutzungen auf die Schutzgüter sind in den entsprechenden Unterkapiteln zu Kapitel 4 dargestellt und entsprechen denen bei Nichtdurchführung des Plans.

### **9.3.1 Darstellung der Nutzungen in der AWZ**

#### **9.3.1.1 Schifffahrt**

Schifffahrt findet flächendeckend in der gesamten Ostsee statt. Schifffahrt und Häfen spielen im internationalen Handel eine wesentliche Rolle. 90% des Außenhandels und über 40% des

Binnenhandels der EU erfolgen über den Seeweg (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006). Schätzungsweise werden ca. 8% des weltweiten Handels über die Schifffahrtswege in der Ostsee geleitet (MÜLLER, 2001 zitiert in UBA, 2006).

Nach AIS-Auswertungen (AIS: Automatisches Identifikationssystem) der Helsinki-Kommission (HELCOM), fahren mehr als 50.000 Schiffe jährlich durch den Skagerrak in die Ostsee (<http://www.helcom.fi>). 60-70% der in der Ostsee fahrenden Schiffe sind Frachter, bei 17-25% handelt es sich um Tanker. Es wird geschätzt, dass sich zu jedem Zeitpunkt 1.800 bis 2.000 Schiffe in der Ostsee befinden. Aus den Datenaufzeichnungen der letzten Jahre geht zudem hervor, dass nicht nur die Anzahl, sondern auch die Größe der in der Ostsee fahrenden Schiffe zugenommen hat. Insbesondere Tanker mit einem Fassungsvermögen von bis zu 150.000 Tonnen Öl befahren zunehmend die Ostsee.

Die Hauptschifffahrtswege in der westlichen Ostsee sind durch Tiefwasserwege und Verkehrstrennungsgebiete vorgegeben. Der Schiffsverkehr findet überwiegend in Ost-West Richtung (und umgekehrt), parallel zum Küstenmeer, statt. Dabei konzentriert sich der Schiffsverkehr auf Tiefwasserwege wie die Kadetrinne. Zu den bedeutenden Schifffahrtswege der westlichen Ostsee zählen neben der Kadetrinne auch der Kiel-Ostsee-Weg, der Lübeck-Gedser-Weg, der Seekanal zum Hafen Rostock und der Schifffahrtsweg nach Swinemünde durch die Pommerische Bucht.

Durch den Schiffsbetrieb kommt es zum Ausstoß von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxyden, Kohlendioxid und Rußpartikeln; dabei gelten Stickstoffoxide als die kritischsten Emissionsbestandteile (BRENK, 2003). Die von der Schifffahrt emittierten Stickstoffverbindungen können zu einem großen Teil als atmosphärischer Niederschlag in das Meer eingetragen werden. Zusätzlich ist der Ausstoß an Schwermetallen nicht auszuschließen, für die aber keine genauen Angaben vorliegen.

Öl- und Schadstoffe gelangen durch den Schiffsbetrieb direkt ins Meer. Das Einleiten von Öl in die Ostsee ist grundsätzlich verboten. Zulässig ist nur das Einleiten aus der Maschinenraum- bilge mit einer Verdünnung von 15 ppm und unter Anwendung zusätzlicher Kontrollmechanismen.

Durch das Internationale MARPOL-Übereinkommen werden u. a. der Umgang mit ölhaltigen Rückständen, Chemikalien, Abwasser und Schiffsmüll geregelt. Internationale Bestimmungen tragen dazu bei, die Meere von Umweltverschmutzungen durch die Schifffahrt zu schützen. Die internationalen Umweltbestimmungen werden kontinuierlich weiter entwickelt und neuen Anforderungen angepasst.

Aus älteren Schiffsanstrichen werden insbesondere organische Zinnverbindungen (TBT) in die Wassersäule freigesetzt (SRU, 2004). TBT wird vor allem in sogenannten Antifoulingfarben auf Schiffsrümpfen und Unterwasserflächen angebracht. Dort verhindert das Biozid den Aufwuchs von Epibionten (z.B. Algen, Muscheln, Blumen- und Manteltiere, Krebse, Ringelwürmer). Das Wirkprinzip der meisten konventionellen Antifoulingfarben beruht auf einer kontinuierlichen Abgabe (Leaching) von TBT oder anderen toxischen Verbindungen an das umgebende aquatische Milieu.

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 782/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. April 2003 über das Verbot zinnorganischer Verbindungen auf Schiffen dürfen zinnorganische Verbindungen, die als Biozide in Bewuchsschutzsystemen wirken, auf Schiffen, die die Flagge eines Mitgliedstaates führen, nicht mehr aufgebracht werden. Ab dem 1. Januar 2008 dürfen Schiffe, die einen Hafen eines Mitgliedsstaates anlaufen, nicht mit einem Bewuchsschutzsystem, das zinnorganische Verbindungen mit Biozidwirkung enthält, versehen sein – es sei denn, sie tragen eine Deckschicht, die das Austreten dieser Verbindungen aus dem darunter liegenden nichtkonformen Bewuchssystem verhindert.

Durch den Austausch von Ballastwasser sowie durch am Schiffsrumpf anhaftende Organismen gelangen nicht einheimische Arten in die Ostsee (GOLLASCH, 2003). Aktuell wird das Ballastwasser-Übereinkommen umgesetzt: Durch die Entwicklung geeigneter technischer Lösungen zur Behandlung des Ballastwassers, die ab 2009 auf Schiffen zum Einsatz kommen sollen, soll die Verbreitung von nicht einheimischen Arten verhindert werden.

Die Schifffahrt trägt durch den Betrieb zur Steigerung des Hintergrundschallpegels im Meer bei. Je nach Schiffstyp und Größe variiert die Intensität und Frequenz des Schalleintrags von ca. 158 dB re 1µPa (Quellpegel) und 0,1 kHz bei Fischereifahrzeugen bis zu 169-190 dB re 1µPa (Quellpegel) und 0,06 bis 0,43 kHz bei Tankern und Frachtschiffen (SIMMONDS et al., 2003).

### **9.3.1.2 Rohstoffgewinnung**

In der AWZ der Ostsee findet zur Zeit keine Rohstoffgewinnung statt. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind zwei Abbauvorhaben beantragt: „Adlergrund Nordwest“ und „Adlergrund Südost“. Ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren wird durchgeführt.

### **9.3.1.3 Rohrleitungen und Seekabel**

#### ***Rohrleitungen***

Derzeit sind keine Rohrleitungen in der Ostsee in Betrieb. Aktuell wird die Planung von zwei Rohrleitungen durch die deutsche AWZ der Ostsee betrieben (BGI-Erdgasrohrleitung zwischen Deutschland und Dänemark sowie NordStream Pipeline, Erdgasrohrleitung von Russland nach Deutschland). Eine dritte geplante Rohrleitung (Baltic Pipe, Erdgasrohrleitung zwischen Dänemark und Polen) verläuft mit einer von mehreren zu untersuchenden Trassenvarianten durch die deutsche AWZ der Ostsee.

In der Regel sollen Rohrleitungen in der AWZ der Ostsee auf dem Meeresboden verlegt werden. Kreuzungen mit anderen bestehenden oder geplanten Leitungen werden mit Steinschüttungen (Grobkies, Gerölle) gesichert. Bei ausreichendem Angebot an Lockersedimenten graben sich Rohrleitungen als Folge der natürlichen Sandbewegung selbst in den Meeresboden ein. Durch die natürliche Sedimentdynamik können sie entweder vollständig mit Sand bedeckt oder freigelegt sein. In Abschnitten, in denen nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung kein Selbsteingraben möglich ist, wird i.d.R. entweder ein ca. 0,5 m tiefer Graben vor dem Verlegen gepflügt („Pre-Trenching“) oder die Rohrleitung auf dem Meeresboden verlegt und durch eine Steinschüttung gesichert.

Im Fall des „Pre-Trenching“ wird entlang des Grabens Sediment wallartig wenige Dezimeter hoch angehäuft, das nach der Verlegung durch hydrodynamische Kräfte abgetragen und eingeebnet wird. Beim Pflügen des Grabens wird der Anteil an Schluff und Ton in das Bodenwasser eingetragen und je nach vorherrschenden Strömungsbedingungen (Geschwindigkeit und Richtungsstabilität) im Bodenwasser verbreitet. Die aufgewirbelten (resuspendierten) Sedimente werden im Umfeld der Rohrleitung in Abhängigkeit der Korngröße unterschiedlich weit verfrachtet und abgelagert: Die Distanzen liegen dabei deutlich unter denen, die für die Sedimentation von Trübungsfahnen im Zuge der Sand- und Kiesgewinnung festgestellt werden. Die Konzentrationen an resuspendiertem partikulärem Material liegen in vergleichbarer Größenordnung wie bei natürlichen Resuspensionen von Sedimenten, die durch Stürme hervorgerufen werden.

Das Verfahren des „Post-Trenching“, d. h. Verlegung der Rohrleitung auf sandigem Meeresboden und nachträgliches Einspülen, kommt seltener zur Anwendung.

Um die Dichtigkeit der Rohrleitung zu prüfen, werden Abdrucktests mit Seewasser durchgeführt. Für diesen Zweck wird Seewasser i.d.R. mit Biozid (als Antifouling-Mittel) und Sauerstoff-Reduktionsmittel (sog. „Scavenger“) behandelt. Nachdem das behandelte Wasser aus der Pipeline ausgedrückt wurde, wird ein Trocknungsmittel eingesetzt, um das restliche Seewasser aus der Rohrleitung zu entfernen. Üblicherweise werden behandeltes Seewasser und Trocknungsmittel mit entsprechender Verdünnung küstennah ins Meer eingeleitet. In Ausnahmen (z.B. bei der Verlegung eines Pipeline-Bypasses) kann dies auch in der AWZ auftreten, wobei in diesen Fällen wegen der kürzeren betroffenen Pipeline-Segmente wesentlich geringere Volumina von behandeltem Seewasser anfallen.

Bei der Verlegung, der Wartung, der Behebung von Schäden sowie beim Rückbau von Rohrleitungen kommt es zu erhöhtem Schiffsverkehr. Entlang des Verlegegrabens entstehen zudem Sedimentfahnen. Die Aufwirbelung von Sedimenten kann dabei zur Resuspension von sedimentgebundenen Schadstoffen führen. Schallemissionen und eventueller Schadstoffaustritt in Folge der Arbeiten können ebenfalls auftreten. Arbeiten im Rahmen der Verlegung, des Rückbaus sowie bei der Wartung und Reparatur finden lokal und zeitlich begrenzt statt.

### **Seekabel**

Seekabel dienen zum einen der Telekommunikation und zum anderen der Übertragung elektrischer Energie.

Die deutsche AWZ der Ostsee wird von einer Anzahl von Telekommunikationskabeln durchquert. Eine Reihe von Telekommunikationskabeln ist zudem inzwischen außer Betrieb gestellt worden (UBA, 2006).

Darüber hinaus gibt es zwei in Betrieb befindliche Stromkabel, die die deutsche AWZ der OWZ durchqueren (Baltic Cable zwischen Malmö und Lübeck sowie Kontek Kabel zwischen Seeland und Bentwisch bei Rostock).

In Planung sind ferner eine Reihe stromabführender Seekabel, die die geplanten Offshore-Windparks in der AWZ mit den Netzeinspeisungspunkten an Land verbinden werden.

Seekabel werden i.d.R. mit einem Spülschwert im Sediment verlegt, soweit spülbares Material (Sande) auf der Trasse angetroffen wird. In Abschnitten, in denen aus Gründen des geologischen Aufbaus und der Baugrundverhältnisse diese Verlegungsmethode versagt, wird das Kabelsystem wie im Fall der Rohrleitungen auf dem Meeresboden verlegt und mit einer Steinschüttung gesichert.

Bei der Verlegung, der Wartung, der Behebung von Schäden sowie beim Rückbau kommt es zu erhöhtem Schiffsverkehr. Entlang des Verlegegrabens entstehen zudem Sedimentfahnen. Die Aufwirbelung von Sedimenten führt zur Resuspension von sedimentgebundenen Schadstoffen. Schallemissionen und eventuell Schadstoffaustritt können ebenfalls auftreten. Die Arbeiten zur Verlegung oder zum Rückbau finden lokal und zeitlich begrenzt statt. Selbiges gilt für Wartungsarbeiten und Reparaturen.

#### **9.3.1.4 Wissenschaftliche Meeresforschung**

In der AWZ der Ostsee finden sowohl Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung im Rahmen von Überwachungsmaßnahmen statt. Fischereiliche Aspekte standen dabei bis vor wenigen Jahren im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten in der AWZ. In den letzten Jahren werden jedoch vermehrt Forschungsprojekte im Zusammenhang mit zukünftigen Nutzungen der AWZ, wie Offshore-Windenergie und Kabelverlegung durchgeführt. So wurden u.a. Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen im Rahmen der Projekte MINOS und MINOS+ erforscht. Zur Festlegung von marinen Schutzgebieten nach EU-VRL und FFH-RL wur-

den im Rahmen von Forschungsprojekten großräumige Kartierungen vorgenommen. Ferner werden von Antragstellern im Rahmen von beantragten und nach UVPG genehmigungspflichtigen Projekten biologische Daten in Planungsgebieten in der AWZ erhoben.

Forschungsaktivitäten werden derzeit von den Universitäten der Küstenstädte sowie zahlreichen weiteren Einrichtungen durchgeführt.

Im Rahmen der Forschungsaktivitäten ist generell mit zusätzlichem Schiffsverkehr zu rechnen. Großflächig finden insbesondere Aktivitäten der Fischereiforschung statt. Auf den sandigen bis schlickigen Böden der Fischereiforschungsgebiete werden Grundschieppnetze für fischereiliche Forschungen eingesetzt, die i.d.R. einige Zentimeter bis Dezimeter tief in sandigen bis schlickigen Meeresboden der Ostsee eindringen.

Im Rahmen der Überwachung (BLMP und HELCOM) auf Nähr- und Schadstoffe werden in der AWZ regelmäßig Wasser- und Sedimentproben genommen. Hydrographische Parameter (u. a. Temperatur und Salzgehalt) werden mit Hilfe von Sonden gemessen. In der Ostsee werden im Rahmen der HELCOM-Überwachung seit Jahren auch biologische Parameter untersucht: Chlorophyll-a, Phyto- und Zooplankton, Benthos. Das IOW betreibt zudem gemeinsam mit dem BSH drei automatische Messstationen (MARNET). Mit Mitteln des BMU und des Landes Mecklenburg-Vorpommern wird derzeit die Forschungsplattform FINO 2 (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) im Seegebiet des „Kriegers Flak“ errichtet und mit Messgeräten ausgerüstet. Das Forschungsprojekt FINO 2 soll die Bedingungen für eine langfristige windenergetische Nutzung, die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die marine Flora und Fauna sowie die optimale verkehrstechnische Gestaltung ermitteln.

Marine Säugetiere, See- und Zugvögel werden bisher nur im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht. Die Erfassung von See- und Zugvögeln wie auch von marinen Säugetieren findet ebenfalls nur im Rahmen von Forschungsprojekten mittels schiffs- und flugzeuggestützter Zählungen statt. Zur Erforschung der Habitatnutzung durch Schweinwale wird ein Netz von automatischen Klickdetektoren, so genannten TPODs eingesetzt.

Die Bodenbeschaffenheit wird großräumig i.d.R. mit hydroakustischen Verfahren (Seitensicht-Sonar, Fächerecholot, seismische Verfahren) erforscht. Punktuell werden auch Sedimentproben mittels Greifer oder Bohrkern zur Bestimmung der Sedimentbeschaffenheit entnommen.

### **9.3.1.5 Offshore-Windenergienutzung**

Die Offshore-Windenergiegewinnung ist eine sich neu entwickelnde Nutzungsform in der AWZ. Bis zum Januar 2009 sind in der deutschen AWZ der Ostsee drei Offshore-Windparks mit insgesamt 240 OWEA genehmigt worden, wovon zur Zeit noch keiner realisiert wurde. Die Flächen der genehmigten Vorhaben variieren bei einer Anzahl von 80 OWEA – welche z.Zt. die maximale Anzahl von Anlagen in einem Offshore-Windpark darstellt - von ca. 30 bis ca. 40 km<sup>2</sup>. Die von einer einzelnen OWEA beanspruchte Fläche liegt je nach Fundamenttyp zwischen ca. 50 m<sup>2</sup> und 2000 m<sup>2</sup>. Der Abstand zwischen den einzelnen OWEA wird 750 bis 1.000 m betragen. Die Konfiguration eines Windparks wird projekt- und standortspezifisch so gewählt, dass die Wirtschaftlichkeit mit Belangen der Sicherheit der Schifffahrt und der belebten Umwelt vereinbart wird.

Als Fundamenttypen für die OWEA kommen Pfahlgründungen in Form von Monopile- oder Mehrbein-Konstruktionen in Betracht. Unter den Mehrbein-Konstruktionen kommen so genannte Tripod-, Tripile- oder Jacket-Konstruktionen in Frage. Daneben sind Weiterentwicklungen von Gründungsvarianten wie z.B. abgespannte Fundamente („Tension-leg“) grundsätzlich denkbar. Auch der Einsatz von Schwerkrafftimenten, die durch ihr Eigengewicht fest auf dem Meeresboden stehen, ist vorstellbar. Die Gründungselemente werden gegen Auskolkung geschützt, indem entweder ein entsprechender Kolkenschutz in Form von Steinschüttungen um die jeweiligen Elemente ausgelegt wird oder die Gründungspfähle entsprechend tiefer in den

Boden eingebracht werden. Gründungspfähle aus Stahl werden i.d.R. in den Boden gerammt. Bei besonderen Untergrundverhältnissen (z.B. Auftreten von Findlingen) oder bei Verwendung von Betonpfeilern werden die Fundamente unter Verwendung von Bohrungen in den Baugrund eingebaut. Eine zusätzliche Variante sind die so genannten Gewicht- oder Schwebfundamente, die zwar ohne Rammen oder Bohren auskommen, dafür jedoch größere Flächen beanspruchen.

Die OWEA und das Fundament sind als Einheit zu betrachten. Die OWEA werden mit Türmen, Naben und Rotoren mit je drei Blättern und horizontalen Achsenturbinen mit einheitlicher Drehrichtung versehen. Zudem wird es auf den Anlagen Versorgungseinrichtungen geben (u.a. Geräte- und Materiallagerung, Notfallausrüstung). Für die OWEA sind auch Ölfangsysteme vorgesehen, um Verschmutzungen zu vermeiden. Derzeit sind OWEA-Typen mit einer Nennleistung zwischen drei und sechs MW in der Entwicklung. Der Rotordurchmesser sowie die Nabenhöhe variieren je nach OWEA-Typ. Derzeit ist insbesondere der Einsatz von 5 MW-Anlagen geplant. Diese haben nach Herstellerangaben eine Nabenhöhe von ca. 100 m und einen Rotordurchmesser von ca. 125 m. Die Fundamenthöhe liegt meistens ca. 15 m und der Turm ca. 95 m über dem Meeresspiegel.

In der Konstruktionsphase ist gebietsweise mit erhöhtem Schiffsverkehr durch Versorgungs-, Errichtungs- und Verlegeschiffen zu rechnen. Durch die Rammarbeiten der Gründungspfähle sind Schallemissionen, deren Dauer und Intensität verfahrensabhängig variiert, zu erwarten. Die einzelnen Windenergieanlagen werden jedoch sukzessiv aufgebaut, so dass die Rammarbeiten lokal und zeitbegrenzt stattfinden werden.

Bei der Errichtung von OWEA wird der Boden durch das Einbringen von Gründungselementen und der parkinternen Verkabelung in Anspruch genommen und lokal dauerhaft versiegelt. Durch die Anlagen wird zudem die Strömung kleinräumig beeinflusst und damit auch die Kolkbildung. Insgesamt sind um die Anlagen Veränderungen des Substrats zu erwarten. Die Anlagen verändern als hochragende Struktur zudem das Landschaftsbild.

Betriebsbedingt kommt es durch die Windenergieanlagen zu Schallemissionen und Vibrationen. Diese fallen jedoch verglichen mit der Konstruktionsphase weitaus geringer aus. Lichtreflexionen und Schattenwurf durch die rotierenden Blätter der Anlagen sind möglich. Die Windenergieanlagen, wie auch die Umspannstation werden tagsüber durch besondere Farbgebung gekennzeichnet, um für die Schifffahrt und die Luftfahrt gut sichtbar zu sein. In der Dunkelphase werden die Anlagen befeuert. Für die Sicherheit der Schifffahrt sind außerdem Sonar-Transponder und AIS-Kennzeichnung vorgesehen.

Bei der Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Festlegung als Vorranggebiete für Windenergie (s. Kapitel 9.4.1.5) ist die hier dargestellte Genehmigungslage vor Inkrafttreten des Raumordnungsplans zu berücksichtigen.

### **9.3.1.6 Fischerei und Marikultur**

#### ***Fischerei***

Fischerei stellt neben der Schifffahrt in der Ostsee die traditionellste Nutzung dar. Der Fangerfolg wurde im Laufe der Zeit durch die Entwicklung von speziellen Fangfahrzeugen und Fangtechniken immer größer. Die kommerziell wichtigsten Arten in der Ostsee sind Dorsch, Hering und Sprotte. Plattfischarten, wie Flunder, Scholle und Steinbutt spielen in der Fischerei der Ostsee eine nachgeordnete Rolle. Aufgrund des Rückgangs der Fischbestände und der regulierenden Maßnahmen gehen die Erträge jedoch inzwischen zurück. Der Dorschbestand in der westlichen Ostsee war dabei immer kleiner als der Bestand der östlichen Ostsee. Nach Schätzungen von ICES (Internationaler Rat für Meeresforschung) ist die Biomasse der



laichreifen Dorsche in der westlichen Ostsee derzeit auf dem Niveau von 2002 oder liegt sogar etwas darunter (ICES 2007).

Um die Fischbestände zu schützen bzw. die Regenerationsprozesse zu ermöglichen, setzt die EU inzwischen im Rahmen der gemeinsamen Fischereipolitik jährlich die zulässigen höchsten Fangmengen (so genannte Total Allowable Catches) fest. Diese werden dann unter den Mitgliedsstaaten aufgeteilt, so dass jedes Land über eine vorgegebene Fangquote verfügt.

Zum Fang von bodenlebenden Fischarten werden in der AWZ der Ostsee u.a. Grundschleppnetze, Stellnetze, Reusen und Langleinen eingesetzt. Pelagische Fische werden dagegen mit pelagischen Stellnetzen oder Treibnetzen gefangen. Bei der kommerziellen Fischerei werden auch fischereilich uninteressante Fischarten in beachtlichen Mengen mitgefangen, die nach dem Fang aussortiert und über Bord geworfen werden. Dieser Fanganteil wird allgemein als Discard (Rückwurf) bezeichnet. Schätzungsweise 11.000 t Beifang fallen jährlich durch die Fischerei in der Ostsee an, wobei ein Großteil davon sich in der südwestlichen Ostsee konzentriert (UBA, 2006).

### **Marikultur**

Marikultur beinhaltet die Produktion von Fischen, Krebstieren (Garnelen), Weichtieren (Muscheln) und Algen unter kontrollierten Bedingungen in speziellen Einrichtungen im Salz- oder Brackwasser. Die Marikultur ist ein weltweit wachsender Markt.

Derzeit gibt es noch keine Marikultur in der deutschen AWZ. Lediglich in Küstengewässern der Ostsee sind derzeit einzelne Anlagen vorhanden.

Aus den Marikulturanlagen, insbesondere den Netzkäfiganlagen zur Fischeaufzucht, können größere Nährstoffmengen freigesetzt werden, da nicht alle in Fischkulturen verfütterten Nährstoffe in Biomasse umgesetzt werden. Neben den löslichen Ausscheidungsprodukten der Zucht werden Feststoffe in der Wassersäule verteilt und führen in der Nähe der Käfiganlagen zu einer ständigen Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen. Da Mikroalgen das Nährstoffangebot nicht rechtzeitig umsetzen können, sammeln sich ausgeschiedene Feststoffe und nicht gefressene Futterpellets unter den Käfigen (je nach Strömung) an, wodurch lokale Eutrophierungseffekte zu verzeichnen sind (WALTER et al., 2003). Durch den mikrobiellen Abbau der Substanzen besteht die Gefahr von Sauerstoffmangelsituationen.

Die Intensivhaltung in Marikulturen erfordert den Einsatz von Medikamenten zur Vorbeugung und Behandlung von Krankheiten, für die Massenkulturen besonders anfällig sind. Außer veterinärmedizinischen Substanzen werden auch Desinfektions- und Antifoulingmittel bei der Marikultur eingesetzt (WALTER et al., 2003). Die in das System eingebrachten Stoffe können zu Schadstoffbelastungen für das Wasser führen.

Häufig sind die in der Marikultur gezüchteten Arten keine einheimischen Arten. Wenn solche Kulturorganismen entkommen, besteht die Gefahr, dass diese sich ausbreiten. Ein Beispiel hierfür ist die durch Marikultur in deutschen Gewässern der Nordsee eingeführte Pazifische Auster.

Aber auch das Entkommen von heimischen Arten aus Zuchtanlagen gefährdet unter Umständen die Umgebung. Zudem können auch Parasiten aus Marikulturanlagen in die Meeresumwelt gelangen (WALTER et al. 2003).

## **9.3.2 Boden und Wasser**

### **9.3.2.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Boden und Wasser**

#### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Boden und Wasser***

Durch den Schiffsbetrieb kommt es zum diffusen Eintrag von Schadstoffen. Stickstoffverbindungen tragen maßgeblich zur Eutrophierung der Ostsee bei, die hauptsächlich in den küstennahen Gewässern durch überschüssige Nährstoffeinträge von Land auftritt.

#### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Boden und Wasser***

In der Regel werden Rohrleitungen auf dem Meeresboden, Stromkabel dagegen mit einem Spülschwert einige Dezimeter tief im Meeresboden verlegt. Bei ausreichendem Angebot an Lockersedimenten graben sich die Rohrleitungen als Folge der natürlichen Sandbewegung selbst in den Meeresboden ein. Durch die natürliche Sedimentdynamik können sie entweder vollständig mit Sand bedeckt oder freigelegt sein.

In Abschnitten, in denen aufgrund der Bodenverhältnisse kein Selbsteingraben von Rohrleitungen möglich ist, wird i. d. R. entweder ein ca. 0,5 m tiefer Graben gepflügt oder die Leitung (Rohrleitung oder Seekabel) auf dem Meeresboden verlegt und durch eine Steinschüttung gesichert. Die bodennahe Bildung von Trübungsfahnen ist auf einen Bereich beschränkt, die deutlich unter denen liegen, die für die Sedimentation von Trübungsfahnen im Zuge der Sand- und Kiesgewinnung festgestellt werden. Die Konzentrationen an aufgewirbelten Sedimentpartikeln liegen in vergleichbarer Größenordnung wie bei natürlichen Resuspensionen von Sedimenten, die durch Stürme hervorgerufen werden.

Um die Dichtigkeit von Rohrleitungen zu prüfen, werden Abdrucktests mit Seewasser durchgeführt. Das behandelte Seewasser wird i. d. R. in entsprechend hoher Verdünnung küstennah ins Meer eingeleitet.

#### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Boden und Wasser***

Auf den sandigen Böden der Fischereiforschungsgebiete werden Grundschieppnetze eingesetzt, die i. d. R. einige Millimeter bis Zentimeter tief in den Meeresboden eindringen. Dabei kommt es bodennah zur Bildung einer Trübungsfahne als Folge der Aufwirbelung von überwiegend sandigen Oberflächensedimenten. Durch die natürliche Sedimentdynamik führt dazu, dass Schlepsspuren i. d. R. nicht dauerhaft auf den überwiegend sandigen Meeresböden der AWZ zu beobachten sind. In größeren Wassertiefen, insbesondere in den Ostseebecken, bleiben die verhältnismäßig tiefen Schlepsspuren über lange Zeiträume wegen der geringen Sedimentdynamik erhalten.

Die bodennahe Bildung von Trübungsfahnen und mögliche Freisetzung von Schadstoffen aus dem Sediment ist aufgrund des relativ geringen Feinkornanteils (Schluff und Ton), der geringen Schwermetallkonzentrationen und der vorherrschenden Strömungsverhältnisse zu vernachlässigen.

#### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Boden und Wasser***

Bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen wird der Boden durch das Einbringen von Gründungselemente und der parkinternen Verkabelung in Anspruch genommen und lokal dauerhaft versiegelt. Bei der Gründung der Offshore-Windenergieanlagen und technischen Plattformen sowie bei der Verkabelung der Anlagen untereinander und der landseitigen Anbindung kommt es kurzzeitig zur Aufwirbelung von Sedimenten und zur Ausbildung von Trü-

bungsfahnen. Durch die Anströmung der Pfähle kommt es stromabwärts im Nahbereich der Anlagen durch Wirbelbildung zu erhöhter Turbulenz und verstärkter vertikaler Vermischung. Strömungsbedingte dauerhafte Sedimentumlagerungen werden sich bei den vorgesehenen Abständen zwischen den Anlagen nach den bisherigen Erkenntnissen nur um die jeweils einzelne Anlage ergeben und keine großräumigen Veränderungen und Auswirkungen nach sich ziehen.

Monitoring-Ergebnisse für den dänischen Offshore-Windpark „Horns Rev“ belegen, dass zwei Jahre nach Errichtung der Offshore-Windenergieanlagen keine Veränderungen in der Sedimentbeschaffenheit nachgewiesen werden konnten, die im Zusammenhang mit den Anlagen stehen. Vielmehr spiegeln die Korngrößenverteilungen der Jahre 2001 bis 2003 die natürliche Sedimentdynamik der Nordsee wieder. Temperaturmessungen an einem parkinternen Kabel des dänischen Offshore-Windparks „Nysted“ zeigen, dass die Sedimenterwärmung unter den zu erwartenden Temperaturen blieb.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Boden und Wasser***

Für fischereiliche Zwecke werden in der AWZ der Ostsee Schlepp- und Stellnetze eingesetzt. Auf den sandigen Böden werden Grundsleppnetze eingesetzt, die i. d. R. einige Millimeter bis Zentimeter tief in den Meeresboden eindringen. Dabei kommt es bodennah zur Bildung einer Trübungsfahne als Folge der Aufwirbelung von überwiegend sandigen Oberflächensedimenten. Durch die natürliche Sedimentdynamik führt dazu, dass Schleppspuren i. d. R. nicht dauerhaft auf den überwiegend sandigen Meeresböden der AWZ zu beobachten sind. In größeren Wassertiefen, insbesondere in den Ostseebecken, bleiben die verhältnismäßig tiefen Schleppspuren über lange Zeiträume wegen der geringen Sedimentdynamik erhalten.

Marikultur beinhaltet die Produktion von Fischen, Krebstieren, Weichtieren und Algen unter kontrollierten Bedingungen in speziellen Einrichtungen im Salz- oder Brackwasser. Derzeit gibt es in der deutschen AWZ keine Marikultur. Die Nutzung von Marikulturen, bspw. in Form von Muschelfarmen, wird zu einer Abscheidung von Fäkalien innerhalb der Zuchtanlagen führen.

### **9.3.2.2 Entwicklung des Schutzgutes Boden und Wasser bei Nichtdurchführung des Plans**

Die Schutzgüter Boden und Wasser würden sowohl bei der Durchführung als auch bei der Nichtdurchführung des Plans durch verschiedene bereits genehmigte bzw. nicht genehmigungspflichtige Nutzungen, wie z.B. Rohstoffgewinnung bzw. Schifffahrt, in Teilen wie dargestellt weiterhin stark beansprucht werden. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Seekabeln zur Ableitung in der AWZ gewonnener Energie wäre bei Nichtdurchführung des Planes mit einer zeitlich und räumlich unkoordinierten Verlegung zu rechnen. Dieses könnte zu einem vergleichsweise hohen Flächenverbrauch, vermehrten Sedimentumlagerungen und damit zu erhöhten negativen Auswirkungen auf das Schutzgut gegenüber einer zeitlich koordinierten Verlegung führen. Zudem wäre mit einer erhöhten Anzahl von Kabelkreuzungen zu rechnen, welche die Einbringung von Hartsubstrat notwendig machen würde. So könnten bspw. Steinschüttungen auch in Gebieten mit überwiegend homogenem sandigen Meeresböden notwendig werden.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Muschelkulturen in der AWZ denkbar. Durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge könnte es zu lokalen Auswirkungen auf das Schutzgut kommen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Bodens sowie des Wassers deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesezte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses führt ebenfalls zu Veränderungen bei den weiteren Schutzgütern. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.3 Phyto- und Zooplankton**

#### **9.3.3.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton**

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton***

Auswirkungen der Schifffahrt auf das Phyto- und Zooplankton lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Direkte Auswirkungen:

- Überregionale, permanente Auswirkungen durch Schadstoffaustritt, insbesondere Ölrückstände, im Normalbetrieb
- Regionale bis überregionale, permanente Auswirkungen durch Einführung von nicht einheimischen Arten mit dem Ballastwasser.

Indirekte Auswirkungen:

- Anreicherung von Schadstoffen aus dem normalen Schiffsbetrieb im Phyto- und Zooplankton und Weitergabe an weitere Komponenten der Nahrungsketten bis hin zu den oberen Prädatoren und dem Menschen
- Veränderungen der Artenzusammensetzung durch Verdrängung von einheimischen Arten und Verbreitung von nicht einheimischen Arten
- Veränderungen der verfügbaren Biomasse, Abundanz und Primärproduktion des Ökosystems
- Veränderungen der marinen Nahrungsketten durch nicht einheimische Planktonarten und veränderte Nahrungsqualität
- Auswirkungen durch Anreicherung in den marinen Nahrungsketten über das Plankton aufgrund von Öleinträgen bzw. Schadstoffaustritt können regional bis überregional und zeitlich begrenzt bis permanent ausfallen.

##### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton***

Die Verlegung, der Betrieb sowie der Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln haben nach aktuellem Kenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf die Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons.

##### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton***

Zu den Auswirkungen fischereilicher Forschung auf das Phyto- und Zooplankton siehe unten. Des Weiteren hat die wissenschaftliche Meeresforschung nach aktuellem Kenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf die Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons.

#### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton***

Die Offshore-Windenergie hat nach aktuellem Kenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf die Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons.

#### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Phyto- und Zooplankton***

Die Fischerei nimmt starken Einfluss auf die marinen Nahrungsketten. Auswirkungen der Überfischung verlaufen am unteren Bereich der marinen Nahrungsketten, bei Phyto- und Zooplankton, fast unbemerkt und lassen sich nur schwer erfassen und quantifizieren. Es sind jedoch gerade diese indirekten Auswirkungen im unteren Bereich der marinen Nahrungsketten, die zu Veränderungen des gesamten marinen Ökosystems führen, insbesondere wenn diese die Verteilung und Abundanz der Primärproduktion beeinflussen. Die Entfernung wichtiger Bestandteile aus dem Ökosystem durch Überfischung oder unkontrollierte Fischerei führt über die Unterbrechung der trophischen Wechselbeziehungen innerhalb der marinen Nahrungsketten zu Kaskaden-Reaktionen.

Die Ansiedlung von Marikulturen kann indirekt auf Phyto- und Zooplankton über eine Verschlechterung der Wasserqualität wirken: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika könnten sich im Plankton anreichern und über die marinen Nahrungsketten auch obere Prädatoren wie Benthos, Fische, marine Säugetiere und Seevögel beeinträchtigen.

#### **9.3.3.2 Entwicklung des Schutzgutes Phyto- und Zooplankton bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Phyto- und Zooplankton würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener bereits genehmigter bzw. nicht genehmigungspflichtiger Nutzungen, wie z.B. Fischerei bzw. Schifffahrt, in Teilen wie dargestellt weiterhin betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei der unregulierten Ansiedlung von Marikulturen zu negativen Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton kommen: Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten sich im Plankton anreichern und über die marinen Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Benthos, Fische, marine Säugetiere und Seevögel, beeinträchtigen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Phyto- und Zooplanktons deutlich schwieriger zu gewährleisten.

Darüber hinaus machen sich Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Phyto- und Zooplankton inzwischen eindeutig bemerkbar. Phyto- und Zooplanktonarten werden künftig zunehmend durch mögliche Auswirkungen der Klimaveränderungen, insbesondere durch Temperatur-, Salinität- und Strömungsänderungen betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.4 Benthos und Biotoptypen**

#### **9.3.4.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen**

Biotope sind die Lebensstätten einer regelmäßig wiederkehrenden Artengemeinschaft. Beeinträchtigungen der Biotope haben direkte Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften. Insofern beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die Auswirkungen der Nutzungen auf Benthoslebensgemeinschaften.

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen***

Durch die Schifffahrt kann es durch Ölentsorgung auf See, antriebsbedingte Emissionen, Müllentsorgung, Lärmemissionen, Folgen von Schiffshavarien, Eintrag von toxischen Stoffen, wie bspw. TBT und Einschleppung exotischer Arten (SCHOMERUS et al., 2006) zu Beeinträchtigungen des Benthos kommen. Die Auswirkungen können von überregionalen temporären bzw. permanenten Charakter sein. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Überregionale, temporäre Wirkung aufgrund von Öleintrag, Emissionen und Einbringung toxischer Stoffe
- Überregionale, permanente Wirkung aufgrund der Einschleppung nicht einheimischer Arten.

##### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen***

Bei der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln können bodennahe Trübungsflächen auftreten und lokale Sedimentumlagerungen stattfinden, durch die die Benthosorganismen geschädigt werden können. Da die Rohrleitungen in der Regel in der AWZ der Ostsee auf dem Meeresboden verlegt werden und sich dann im Laufe der Zeit selbst eingraben, stellen die Rohre temporär ein künstliches Hartsubstrat da. Abschnittsweise werden die Rohre allerdings mit einer Steinschüttung gesichert, das dauerhaft ein künstliches Hartsubstrat darstellt. Das künstliche Hartsubstrat bietet den Benthosorganismen neuen Lebensraum.

Beim Betrieb von Stromkabeln kann eine Erwärmung der obersten Sedimentschicht des Meeresbodens auftreten, die eine Verringerung der winterlichen Mortalität der Infauna bewirken und zu einer Veränderung der Artengemeinschaften im Bereich der Kabeltrassen führen kann. Selbiges gilt auch für elektrische Felder. Elektromagnetische Auswirkungen treten bei den geplanten Stromkabeln (Dreileiter-Drehstromkabel oder bipolares HGÜ-Kabel) in signifikant messbarer Weise nicht auf.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Rohrleitungen bzw. Seekabeln auf das marine Benthos wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln aufgrund von Sedimentumlagerungen und Trübungsflächen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven benthischer Organismen aufgrund von Trübungsflächen bei der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln
- Kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigung benthischer Organismen aufgrund der Remobilisation chemischer Stoffe bei der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln
- Kleinräumiger und kurzfristiger Siedlungsraumverlust durch die Rohrleitung aufgrund der Flächenbeanspruchung
- Kleinräumiges und dauerhaftes Angebot von künstlichem Hartsubstrat aufgrund der Steinschüttungen bei Rohrleitungen

- kleinräumige und dauerhafte potentielle Beeinflussung der Benthosorganismen aufgrund der Sedimenterwärmung durch Stromkabel.

Indirekte Auswirkungen:

- Kurzfristige und kleinräumige Beeinflussung des Nahrungsangebots für benthische Organismen durch Beeinträchtigungen der Primärproduktion (Phyto- und Zooplankton) aufgrund der Remobilisation chemischer Stoffe bei der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln.

### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen***

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Forschungshandlungen auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

- Lokale, temporäre Schädigung bzw. Verlust von Individuen aufgrund der Probennahme.

### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Benthos und Biotoptypen***

Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks können bau-, anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Makrozoobenthos haben.

*Baubedingt:* Bei der Gründung der OWEA und technischen Plattformen sowie bei der Verlegung der parkinternen Kabel kommt es zu Störungen des Meeresbodens, Sedimentaufwirbelungen und Ausbildung von Trübungsfladen.

*Anlagebedingt:* Durch die Errichtung der Fundamente der OWEA und technischer Plattformen sowie des Kolksschutzes werden benthische Lebensräume überbaut und Bodenlebewesen geschädigt oder zerstört. Weiterhin sind im Umfeld der Gründungskonstruktionen der OWEA dauerhafte Änderungen der Strömungsverhältnisse zu erwarten, die zu einer Änderung der Sedimentparameter führen können, die wiederum zu einer Veränderung der benthischen Fauna führt (KNUST et al., 2003). Zusätzlich bietet das Einbringen von Gründungsbauteilen - zumal schadstoff- insbesondere TBT-frei - Benthosorganismen neuen Lebensraum, die es Arten und Lebensgemeinschaften ermöglichen, auch in Gebieten zu siedeln, in denen sie bislang nicht vorkamen, so dass sich ihre Verbreitungsgebiete ausdehnen können (SCHOMERUS et al., 2006).

*Betriebsbedingt:* Bei der parkinternen Verkabelung kann bei der Verwendung von Drehstromkabeln eine Erwärmung der obersten Sedimentschicht des Meeresbodens auftreten, die eine Verringerung der winterlichen Mortalität der Infauna bewirken und zu einer Veränderung der Artengemeinschaften im Bereich der Kabeltrassen führen kann. Allerdings wird der widerstandsbedingte Verlust des Stroms aufgrund der kurzen Strecken bis zur Umspannstation sehr gering sein und zum anderen wird auch durch die Zusammenfassung nur einiger OWEA zu (Kabel-)Gruppen nicht annähernd die Kapazität erreicht, wie durch stromabführende Kabel für einen Windpark. Hinsichtlich der Erwärmung des Sediments durch stromabführende Kabel wird vom Bundesamt für Naturschutz ein Vorsorgewert von weniger als 2 K in 20 cm Tiefe des Sediments favorisiert. Bei ausreichender Verlegetiefe und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Effekte kleinräumig, d.h. wenige Meter beiderseits des Kabels, auftreten werden, werden nach derzeitigem Kenntnisstand Auswirkungen auf die Benthoslebensgemeinschaften nicht erwartet.

Selbiges gilt auch für elektrische Felder. Elektromagnetische Auswirkungen treten bei der o.g. Variante in signifikant messbarer Weise nicht auf.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von OWEA auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Installation der Fundamente und Verlegung der Kabel aufgrund von Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und permanenter Siedlungsraumverlust durch die Fundamente der OWEA, der Umspannstation und des Kolkschutzes sowie der Kabelverlegung im Falle einer Verlegung auf dem Meeresboden aufgrund der Flächenbeanspruchung
- Kleinräumiges und permanentes Angebot von künstlichem Hartsubstrat aufgrund der Fundamente der OWEA
- Kleinräumige und permanente Änderung der Sedimentparameter aufgrund der Fundamente der OWEA.

Indirekte Auswirkungen:

- Kleinräumige und permanente Veränderungen der Benthoslebensgemeinschaften durch Anlockung mobiler Prädatoren aufgrund der Zunahme des Nahrungsangebots.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Benthos und Biotypen***

Die gesamte deutsche AWZ der Ostsee wird fischereilich genutzt. Veränderungen am Meeresgrund durch Fanggeräte werden in der Ostsee beinahe ausschließlich durch die Scherbrettfischerei verursacht, die sichtbare Spuren hinterlassen. Die Einflüsse der Grundschieppnetzfisherei mittels Scherbretter auf den Meeresboden und seine lebenden Bewohner sind insgesamt noch wenig untersucht worden. Letztlich können durch die Fischereiaktivitäten Organismen des Epi- und Endobenthos durch die mechanische Belastung abgetötet werden oder sie werden dem Meer entnommen und zumeist beschädigt wieder über Bord gegeben.

Die Auswirkungen der Fanggeräte auf die benthischen Lebensgemeinschaften lassen sich in kurzfristige und langfristige Effekte trennen (WEBER et al., 1990):

- *Kurzfristige Folgen.* Die vom Fanggeschirr freigelegten Tiere sind teilweise verletzt oder getötet. Besonders anfällig sind hierfür die größeren und hartschaligen Vertreter, wie Seeigel und Schwimmkrabben. Die freiliegenden und geschädigten Tiere sind eine willkommene Nahrung für die Fische aus der näheren Umgebung. MARGETTS UND BRIDGER (1971) machten die Beobachtung, dass die Klieschen in der Schleppspur zahlreicher und fressaktiver zu sein schienen als in der Umgebung.
- *Langfristige Folgen.* Durch die Fischereiaktivitäten steigt die Sterblichkeit der empfindlichen Arten solange an, bis nur noch die Opportunisten existieren können. Die Diversität, ein Maß für die Artenvielfalt, nimmt gleichzeitig ab. Die Abundanz steigt für die Arten, die vom Fanggeschirr nicht geschädigt werden, in dem Maße an, wie die sensiblen Arten aus dem Biotop verschwinden. Die Produktion an organischer Substanz könnte zuerst steigen, da die älteren, langsamwüchsigen durch schnellwüchsige, junge Exemplare ersetzt werden. Mit zunehmender Trawlaktivität werden dann auch die jüngeren Tiere sterben, so dass die Produktion abnimmt.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Fischerei auf das marine Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

- Individuenverlust, insbesondere langlebiger und empfindlicher Arten durch die Fanggeschirre



- Reduzierung sessiler Epifauna
- Abnahme der Artenvielfalt
- Verschiebung des Größenspektrums der Bodenfauna
- Habitatnivellierung durch das Wegfischen von Steinen.

#### **9.3.4.2 Entwicklung des Schutzgutes Benthos und Biotoptypen bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Benthos und Biotoptypen würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener bereits genehmigter Nutzungen bzw. nicht genehmigungspflichtiger Nutzungen, wie z.B. Rohstoffgewinnung und Fischerei, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Bei Seekabeln zur Ableitung in der AWZ gewonnener Energie wäre bei Nichtdurchführung des Planes mit einer zeitlich und räumlich unkoordinierten Verlegung zu rechnen. Dieses könnte zu einem vergleichsweise hohen Flächenverbrauch, vermehrten Sedimentumlagerungen und damit zu erhöhten negativen Auswirkungen auf das Benthos und die Biotoptypen gegenüber einer zeitlich koordinierten Verlegung führen. Zudem wäre mit einer erhöhten Anzahl von Kabelkreuzungen zu rechnen, welche die Einbringung von Hartsubstrat notwendig machen würde. Hierdurch könnte es wiederum zu einer Verschiebung bzw. Veränderung des Artenspektrums kommen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Damit würde sich die Gefahr einer kleinräumigen Zerstörung von schützenswerten Lebensräumen erhöhen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Muschelkulturen in der AWZ denkbar. Durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge könnte es zu lokalen Auswirkungen auf das Schutzgut kommen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Benthos und der Biotoptypen deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesezte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses hat auch Auswirkungen auf das Benthos. So kann es zur Ansiedlung neuer Arten bzw. zu einer Verschiebung des Artenspektrums insgesamt kommen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.5 Fische**

#### **9.3.5.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fische**

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Fische***

Zu Auswirkungen der Schifffahrt auf die Fische kommt es durch Ölentorgung auf See, antriebsbedingte Emissionen, Müllentorgung, Lärmemissionen, Folgen von Schiffshavarien, Eintrag von toxischen Stoffen, wie bspw. TBT und Einschleppung gebietsfremder Arten (SCHOMERUS et al., 2006). Die Auswirkungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Direkte Auswirkungen:

- Kleinräumige, kurzfristige Wirkung aufgrund visueller Unruhe
- Kleinräumige, kurzfristige Schädigungen bis hin zum Individuenverlust aufgrund von Öleinträgen
- Regionale, kurzfristige Beeinträchtigung aufgrund von Sauerstoffmangelsituationen.
- Überregionale, längerfristige Wirkung aufgrund der Einbringung toxischer Stoffe (insbesondere TBT)
- Überregionale, dauerhafte Wirkung aufgrund der Einschleppung gebietsfremder Arten.

Indirekte Auswirkungen:

- Überregionale, dauerhafte Wirkung aufgrund der Biomassezunahme benthischer Organismen.

### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Fische***

Bei der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln können bodennahe Trübungsfahnen auftreten und lokale Sedimentumlagerungen stattfinden, durch die Fische geschädigt werden können.

Beim Betrieb von Seekabeln ist die Erzeugung von magnetischen und elektrischen Feldern, die Auswirkungen auf einzelne Fischarten haben können, nicht auszuschließen. Allerdings können bei der Verwendung von Dreileiter-Drehstromkabeln und bipolaren Gleichstromkabeln magnetische Wirkungen während des Betriebs vernachlässigt bzw. ausgeschlossen werden, weil sich die magnetischen Felder nahezu aufheben.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Verlegung von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Fische wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust durch Scheuchwirkung aufgrund der Geräuschemissionen der Baugeräte (Schiffe, Kräne, sonstige Fahrzeuge)
- Kleinräumiger und kurzfristiger Individuenverlust durch Schadstoffemissionen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven der Fische aufgrund von Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und dauerhafter Lebensraumverlust durch Flächenüberbauung
- Kleinräumige und dauerhafte Verschiebung/Erweiterung des Artenspektrums durch Besiedlung mit hartsubstratbewohnenden Arten.
- Kleinräumige und dauerhafte potenzielle Migrationsbeeinflussung einiger weniger Fischarten aufgrund des Betriebs der Seekabel.

Indirekte Auswirkungen:

- Kleinräumige und dauerhafte Erweiterung des Nahrungsspektrums und der Nahrungsvfügbarkeit für einzelne Arten.

### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Fische***

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Forschungshandlungen auf Fische wie folgt festhalten:

- Lokale, temporäre Schädigung bzw. Verlust von Individuen aufgrund der Probennahme
- lokale, temporäre Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge
- regionaler, temporärer Habitatverlust durch Lärmemissionen.

### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Fische***

Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks können bau-, anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Fische haben.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten führen zu Lärmimmissionen, die Scheuchwirkungen auf Fische entfalten, bei entsprechender Intensität aber auch zu physiologischen Schädigungen des Hörapparates oder anderer Organe mit letalen Folgen führen können. Dies gilt in besonderem Maße für explosionsartige Geräusche, wie sie möglicherweise bei Rammarbeiten zu erwarten sind (WOODS et al, 2001). Durch die Bautätigkeiten entstehen weiterhin Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen, die - wenn auch zeitlich befristet und artspezifisch unterschiedlich - physiologische Beeinträchtigungen sowie Scheueffekte bewirken können. Weiterhin kann eine Schädigung von Fischlaich bzw. von -larven durch Bedeckung mit Sediment auftreten.

*Anlagebedingt:* Durch die Errichtung der Fundamente der OWEA und technischer Plattformen sowie des Kolkschutzes werden Lebensräume überbaut. Dadurch gehen den demersalen Fischen dauerhaft Lebensräume verloren. Dieser Lebensraumverlust ist jedoch auf den unmittelbaren, jeweils kleinräumigen Standort der einzelnen OWEA und Plattformen begrenzt.

*Betriebsbedingt:* Von den OWEA im Betrieb ausgehende Geräuschemissionen und -vibrationen können Scheuch- aber auch Anlockeffekte auf Fische entfalten. Die Auswirkungen werden voraussichtlich artabhängig unterschiedlich sein. Darüber hinaus können an den Kabelverbindungen entstehende elektromagnetische Felder die Orientierung bodennaher Fische stören. Dies betrifft möglicherweise insbesondere wandernde Fischarten, hierunter auch den Flusssaal.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von OWEA auf Fische Makrozoobenthos wie folgt festhalten:

#### *Direkte Auswirkungen:*

- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust durch Scheuchwirkung aufgrund der Geräuschemissionen der Baugeräte (Schiffe, Kräne, sonstige Fahrzeuge)
- Kleinräumiger und kurzfristiger Individuenverlust durch Schadstoffemissionen
- Kleinräumiger und kurzfristiger Habitatverlust für die Dauer der Installation der Fundamente aufgrund von Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen
- Kurzfristige und kleinräumige Schädigung von Individuen, Eiern und Larven der Fische aufgrund von Trübungsfahnen
- Kleinräumiger und dauerhafter Lebensraumverlust durch Flächenüberbauung
- Kleinräumige und dauerhafte Verschiebung/Erweiterung des Artenspektrums durch Besiedlung mit hartsubstratbewohnenden Arten.

#### *Indirekte Auswirkungen:*

- Kleinräumige und dauerhafte Erweiterung des Nahrungsspektrums und der Nahrungsfürbarkeit für einzelne Arten.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Fische***

Die aus der Fischerei resultierenden Umweltwirkungen sind vielfältig und in ihren Auswirkungen zum Teil erheblich. Grundlegendes Problem ist die Überfischung durch zu intensive Fischerei bei zu großer Flottengröße und zu hohen Fangquoten. Der Beifang von Jungfischen entzieht den Beständen zusätzlich das Potenzial zur Reproduktion, wobei fast der gesamte Beifang als Discard über Bord geht und zum Großteil stirbt.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Marikultur auf die Fische wie folgt festhalten:

- Überregionale, permanente Wirkung aufgrund der Einschleppung gebietsfremder Arten;
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen
- Regionale, permanente Auswirkung aufgrund der Erhöhung der Schadstoffeinträge
- Überregionale, permanente Auswirkung aufgrund der erhöhten Dichte von Parasiten und Krankheitserregern.

### **9.3.5.2 Entwicklung des Schutzgutes Fische bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Fische würde sowohl bei Durchführung als auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen insbesondere der Fischerei weiterhin betroffen sein, da auf Fangquoten oder mögliche Fangverbote wegen der Regelungskompetenz der EU kein Einfluss genommen werden kann.

Bei Nichtdurchführung des Plans ist eine grundlegende Änderung der gegenwärtigen Struktur der in der Ostsee anzutreffenden Fischgemeinschaften nicht zu erwarten.

Im Bereich der Marikultur wäre bei Nichtdurchführung des Plans die unregulierte Ansiedlung von Fischkulturen in der AWZ denkbar. Bei Krankheitsausbrüchen könnte eine erhöhte Dichte von Parasiten und Krankheitserregern auch zu einem erhöhten Risiko für die Übertragung auf natürliche Bestände im anlagennahen Umgebungswasser führen. Auch das Entkommen von Kulturorganismen könnte problematisch sein, wenn diese sich unter natürliche Artgenossen mischen und sich an der Fortpflanzung beteiligen würden. Dieses könnte die genetische Vielfalt gefährden (WALTER et al., 2003). Entkommen gebietsfremde Fischarten und sind diese in der Lage sich zu etablieren, so könnten einheimische Fischarten verdrängt werden.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Fische deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die durch den Klimawandel bereits eingesezte Erwärmung des Wassers auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Dieses hat auch Auswirkungen auf das Schutzgut Fische. So kann es zur Einwanderung neuer und der Verdrängung einheimischer Fischarten kommen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

## **9.3.6 Marine Säugetiere**

### **9.3.6.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Marine Säugetiere**

#### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Marine Säugetiere***

- Die Schifffahrt kann Auswirkungen auf marine Säugetiere hervorrufen, insbesondere durch Schallemissionen, Einträge von Schadstoffen im Betrieb sowie Kollisionsgefahr von Tieren

mit Schiffen. Unterwasserschall anthropogener Quellen, wie Schiffsverkehr, kann im Extremfall zu physischen Schädigungen führen, aber auch die Kommunikation stören oder zu Verhaltensänderungen führen, z. B. Sozial- und Beutefangverhalten unterbrechen oder ein Fluchtverhalten auslösen.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, fast andauernde Belastung entlang vielbefahrener Schifffahrtsrouten aufgrund von Schallemissionen je nach Schiffstyp variierender Intensität
- Regionale, jedoch zeitbegrenzte Belastung aufgrund von Schallemissionen variierender Intensität auf verschiedenen Schifffahrtsrouten
- Kollisionen mit Schiffen, punktuell und zufällig.

Indirekte Auswirkungen:

- Kontamination mit Schadstoffen, die teilweise auch durch die Schifffahrt in die Meeresumwelt und in marinen Nahrungsketten gelangen
- Belastung über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen, Öl und Müll aus dem normalen Schiffsbetrieb - ist als großräumig und andauernd einzustufen.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Schifffahrt fallen bei marinen Säugetiere artspezifisch unterschiedlich aus. Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Schifffahrt auf marine Säugetiere nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf Individuenebene sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch die Schifffahrt möglich.
- Auf Populationsebene mariner Säugetiere sind Auswirkungen der Schifffahrt weitgehend unbekannt und lassen sich kaum einschätzen oder prognostizieren.

### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Marine Säugetiere***

#### ***Marine Säugetiere***

Die Verlegung und z.T. auch der Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln können Auswirkungen auf marine Säugetiere, insbesondere hinsichtlich Schiffsverkehr, Schallemissionen und Trübungsfahren haben. Mögliche betriebsbedingte Auswirkungen von Seekabeln auf marine Säugetiere hängen von der Art des jeweiligen Kabels ab.

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schallemissionen bei der Verlegung
- Regionale, zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr bei der Verlegung
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen aufgrund der Sedimentfahnen bei der Verlegung
- Regionale, zeitlich begrenzte geringe bis mittlere Auswirkungen bei Wartungs- und Reparaturarbeiten.

Indirekte Auswirkungen:

- Regionale geringe Auswirkungen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen.

Aufgrund bisheriger Erkenntnisse lassen sich zudem folgende Schlussfolgerungen ziehen (vgl. Kapitel 2.8):

- Aufgrund des linearen, schmalen Verlaufs von Rohrleitungen und Kabeln können Auswirkungen auf Nahrungsgründe und auch auf Aufzuchtsgünde mariner Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden.
- Im Normalbetrieb können Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf marine Säugetiere ausgeschlossen werden.

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen von stromabführenden Kabeln auf marine Säugetiere mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden:

- Auf *Individuenebene* lassen sich geringe Auswirkungen bei Verlegung, Wartung und Rückbau nicht völlig ausschließen
- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere sind durch stromabführende Kabel keine Auswirkungen zu erwarten.

### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Marine Säugetiere***

Durch die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind nach aktuellem Kenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen auf marine Säugetiere zu erwarten. Es sind höchstens lokale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Fischereifahrzeuge bzw. regionale, temporäre Auswirkungen durch seismische und andere schallintensive Forschungsaktivitäten möglich.

### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Marine Säugetiere***

Auswirkungen durch die Offshore-Windenergieanlagen auf Schweinswale, Robben und Seehunde können insbesondere durch Schallemissionen während der Installation der Fundamente verursacht werden, wenn keine Verminderungs- oder Vermeidungsmaßnahmen getroffen werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, für die Dauer der Installation der Fundamente anhaltende Auswirkungen hoher Intensität aufgrund von Schallemissionen
- Geringe, regionale und zeitbegrenzte Auswirkungen aufgrund von Sedimentfahnen
- Regionale, jedoch zeitbegrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr im Bereich der Baustelle
- Regionaler, zeitlich begrenzter Habitatverlust durch Vermeidung des Baugebietes für die Dauer der Rammungen.

Indirekte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen von höchstens geringer Intensität während der Konstruktionsphase über die marine nNahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen
- Regionale, permanente Auswirkungen von geringer bis mittlerer Intensität durch die Anlagen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen und Zunahme der verfügbaren Biomasse (Anlockeffekte).

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen von OWEA auf marine Säugetiere in Relation zur Bezugsebene wie folgt eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch Schallemissionen während der Errichtung der Fundamente möglich.

- Auf *Populationsebene* mariner Säugetiere sind Auswirkungen durch Offshore- Windenergieanlagen bisher nicht bekannt, jedoch aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus vorhandenen Offshore-Windparks eher auszuschließen.

### **Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Marine Säugetiere**

Auswirkungen durch die Fischerei auf marine Säugetiere können insbesondere durch Beifang der Tiere in Netzen oder durch Nahrungslimitierung aufgrund von Überfischung wichtiger Fischbestände hervorgerufen werden.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von der Fischerei auf marine Säugetiere wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Großräumige anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Beifang
- regionale und zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Fischereifahrzeuge.

Indirekte Auswirkungen:

- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Einwirkung der Fischerei auf die marinen Nahrungsketten
- Regionale Nahrungslimitierung durch Fangen der von Meeressäuger bevorzugten Fischbeute.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Fischerei fallen bei marinen Säugetiere artspezifisch unterschiedlich aus. Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Fischerei auf marine Säugetiere nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf Individuenebene sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch die Fischerei möglich
- Auf Populationsebene mariner Säugetiere gibt es Hinweise auf erhebliche Auswirkungen der Fischerei.

### **9.3.6.2 Entwicklung des Schutzgutes Marine Säugetiere bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Marine Säugetiere würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. Schifffahrt und Fischerei, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Dadurch könnte es möglicherweise zu Gefährdungen von Schweinswalen in wichtigen Nahrungs- und Aufzuchtgründen kommen. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen kommen. Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormopräparate und Antibiotika, könnten das Immunsystem mariner Säugetiere beeinträchtigen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten die gesamten Nahrungsketten und damit auch obere Prädatoren, wie marine Säugetiere, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Marine Säugetiere deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf marine Säugetiere sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere Fische, betroffen sein. Auch die bereits angesprochene mögliche Verlagerung der Schweinswalbestände könnte mit Klimaveränderungen zusammenhängen. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.7 Seevögel**

#### **9.3.7.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Seevögel**

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Seevögel***

Wichtige Auswirkungen der Schifffahrt für Seevögel sind: visuelle Störungen bei stöempfindlichen Arten, Verschmutzungen im Betrieb, ferner Anlockeffekte, insbesondere bei Fischereifahrzeugen. Die Auswirkungen sind gebietspezifisch von unterschiedlicher Intensität und Dauer. Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen der Schifffahrt auf Seevögel wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, fast andauernde Scheuchwirkungen durch Schiffsverkehr bei stöempfindlichen Arten wie dem Seetaucher
- Regionale, jedoch zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Anlockeffekte bei Schiffsfolgern wie z.B. diverse Möwenarten
- Regionale bis überregionale andauernde Auswirkungen geringer bis mittlerer Intensität aufgrund von Verunreinigungen (Müll, Plastikteile) im Betrieb
- Kontamination mit Schadstoffen, insbesondere Ölrückstände, die teilweise durch die Schifffahrt in die Meeresumwelt gelangen.

Indirekte Auswirkungen:

- Auswirkungen über die marine Nahrungsketten aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen, insbesondere Öl und Ölrückstände aus dem Normalbetrieb sind als großräumig und andauernd einzustufen.
- Auswirkungen der Kontamination über Anreicherung in den Nahrungsketten oder Veränderung der Nahrungsketten mit Folgen für die Überlebens- und Reproduktionsrate von Seevögeln.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Schifffahrt fallen bei Seevögeln artspezifisch unterschiedlich aus. Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Schifffahrt auf Seevögel nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch die Schifffahrt möglich.
- Auf *Populationsebene* von Seevogelarten sind Auswirkungen der Schifffahrt weitgehend unbekannt und lassen sich schwer einschätzen oder prognostizieren.

##### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Seevögel***

Bei der Verlegung, dem Betrieb, der Wartung und dem Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln im Meer kann es zu Auswirkungen auf Seevögel kommen. Zu nennen sind: Schiffsverkehr, Sedimentfahnen und Verschmutzungen. Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten sind er-



höherer Schiffsverkehr und Verschmutzungen möglich. Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf Seevögel wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Verlegearbeiten bzw. Rückbau
- Regionale, zeitlich begrenzte mittlere Auswirkungen aufgrund von Schiffsverkehr bei der Verlegung und bei Wartungsarbeiten.

Indirekte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich begrenzte geringe Auswirkungen aufgrund der Sedimentfahnen bei der Verlegung und dem Rückbau;
- Regionale, geringe Auswirkungen über die marine Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen.

Nach aktuellem Kenntnisstand können erhebliche Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf Seevögel mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen werden:

- Auf *Individuenebene* lassen sich geringe Auswirkungen bei Verlegung, Wartung und Rückbau nicht völlig ausschließen
- Auf *Populationsebene* von Seevögeln sind keine Auswirkungen zu erwarten.

#### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Seevögel***

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der wissenschaftlichen Forschung auf Seevögel nur teilweise eingeschätzt werden:

- Lokale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Beifang bei fischereilichen Forschungsaktivitäten
- Lokale, zeitlich begrenzte Auswirkung durch Rückwurf (Discards) bei fischereilichen Forschungsaktivitäten
- Lokale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Forschungsschiffe (visueller Störreiz) bei störempfindlichen Arten
- Lokale Auswirkungen durch Einwirkung der fischereilichen Forschung auf die marine Nahrungsketten
- Nahrungslimitierung durch Wegfangen der von Seevögel bevorzugten Fischbeute.

#### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Seevögel***

Gefährdungen für Seevögel durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks können insbesondere durch Habitatverlust in der Bauphase oder anlagenbedingt in der Betriebsphase verursacht werden. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ausreichende Beobachtungen und Ergebnisse über negative oder auch positive Effekte durch die Errichtung von Offshore-Windparks auf Seevögel sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene noch fehlen. Es gibt durch die Untersuchungen im Windpark Horns Rev Hinweise auf nachteilige Auswirkungen durch Habitatverlust für störempfindliche Arten. Andere Auswirkungen von OWEA auf Seevögel durch ein Verbot oder eine Reduzierung der Schifffahrt und der Fischereiaktivitäten im Windpark sind weitgehend unerforscht. Zusammenfassend, lassen sich die wesentlichen Auswirkungen von OWEA auf Seevögel wie folgt festhalten:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, jedoch zeitlich begrenzte Auswirkungen auf störempfindlichen Arten durch Habitatverlust aufgrund von Schiffsverkehr im Bereich der Baustelle

- Geringe regionale und zeitlich begrenzte Auswirkungen aufgrund von Beeinträchtigung des Nahrungsangebots durch Sedimentfahnen in der Konstruktionsphase
- Regionale, zeitlich auf die Dauer der Bauphase begrenzter Habitatverlust durch Verlassen des Baugebiets
- Regionale, permanente Auswirkungen für störungsempfindliche Arten durch Habitatverlust verursacht durch Meideverhalten gegenüber den Anlagen
- Regionale, permanente Anlockeffekte durch Anreicherung des Nahrungsangebots und der Rastmöglichkeit auf den Anlagen.

Indirekte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich auf die Konstruktionsphase begrenzte Auswirkungen von höchstens geringer Intensität über die marine nNahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen
- Regionale, permanente Auswirkungen von geringer bis mittlerer Intensität durch die Anlagen über die marinen Nahrungsketten aufgrund der Sediment- und Benthosveränderungen und Zunahme der verfügbaren Biomasse (Anlockeffekte).

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen von OWEA auf Seevögel in Relation zur Individuen- und Populationsebene wie folgt eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte Auswirkungen durch Schiffsverkehr und Konstruktionsarbeiten während der Errichtung von OWEA möglich.
- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte langanhaltende, artspezifisch auch permanente Auswirkungen, insbesondere Habitatverlust durch Meideverhalten bei störungsempfindlichen Arten, möglich.
- Auf *Populationsebene* von See- und Rastvogelarten sind Auswirkungen durch OWEA bisher nicht bekannt, jedoch aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus vorhandenen Offshore-Windparks eher auszuschließen.

Die oben ausgeführten Auswirkungen durch die Errichtung und den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel in der AWZ der Nordsee können letztlich zum Habitatverlust führen und lassen sich im Feld erfassen und quantifizieren bzw. prognostizieren. Die Einschätzung basiert auf bisherigen Ergebnissen aus vorhandenen Offshore- Windparks (Horns Rev und Nysted) und aufgestellten Prognosen für konkrete Planungen in der deutschen AWZ der Nordsee.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Seevögel***

Es können im wesentlichen folgende Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel erwartet werden:

Direkte Auswirkungen:

- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Meideverhalten störemfindlicher Arten gegenüber Fischereifahrzeugen
- Regionale, zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Anlockeffekte bei Fischereiaktivitäten (Discards)
- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Beifang in Netzen
- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Nahrungslimitierung oder Verminderung der Nahrungsqualität als Folge der Überfischung.

Indirekte Auswirkungen:

- Großräumige, anhaltende erhebliche Auswirkungen durch Einwirkung der Fischerei auf die marinen Nahrungsketten.

Direkte sowie indirekte Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel fallen artspezifisch unterschiedlich aus. Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Fischerei auf Seevögel nur teilweise eingeschätzt werden:

- Auf *Individuenebene* sind direkte und indirekte erhebliche Auswirkungen durch Fischerei bekannt.
- Auf *Populationsebene* von Seevögeln gibt es ebenfalls Hinweise auf erhebliche Auswirkungen der Fischerei durch Beeinträchtigung der Überlebenschance und des Reproduktionserfolgs.

Seevögel könnten zudem im Falle der Ansiedlung von Marikulturen indirekt über Verschlechterung der Wasserqualität und über die Nahrungsketten betroffen sein.

### **9.3.7.2 Entwicklung des Schutzgutes Seevögel bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Seevögel würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. Schifffahrt und Fischerei, in Teilen weiterhin wie dargestellt betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Durch einen unregelmäßigen Ausbau der Windparks auch in empfindlichen Bereichen wären erhebliche Auswirkungen auf die Bestände v.a. der besonders störungsempfindlichen Seetaucher zu erwarten. Wichtige Nahrungs- und Rasthabitats von Seevögeln könnten gefährdet werden. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

#### **Seevögel**

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen kommen. Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormonpräparate und Antibiotika, könnten das Immunsystem beeinträchtigen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten durch Anreicherung in der Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Seevögel, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Seevögel deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die betroffenen Arten sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere die Fische, betroffen sein. Die in der Arktis bzw. in der Subarktis brütenden Seetaucher sind voraussichtlich zusätzlich an ihren Brutplätzen betroffen, da nach Vorhersagemodellen die Temperaturerhöhung in der Arktis besonders stark sein wird und es in großem Maße zum Verlust von Bruthabitats kommen könnte. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.8 Zugvögel**

#### **9.3.8.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Zugvögel**

### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Zugvögel***

Zu Auswirkungen der Schifffahrt auf die Zugvögel kann es durch Ölentsorgung auf See, antriebsbedingte Emissionen, Müllentsorgung, Lärmemissionen, Folgen von Schiffshavarien, Einbringung von toxischen Stoffen, wie bspw. TBT und Einschleppung gebietsfremder Arten (SCHOMERUS et al., 2006) kommen. Die Auswirkungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Direkte Auswirkungen:

- Kleinräumige, kurzfristige Wirkung aufgrund visueller und akustischer Unruhe, die besonders in Nächten mit schlechten Sichtbedingungen durch die Beleuchtung der Schiffe und der damit verbundenen Anlockung zu einem erhöhten Kollisionsrisiko führen kann.
- Kleinräumige, kurzfristige Wirkung aufgrund von Öleinträge, die zu einer Gefährdung wassernder Zugvögel führen kann.

### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Zugvögel***

Mögliche Auswirkungen der Rohrleitungen und Seekabel beschränken sich hauptsächlich auf die Bauphase. Hier besteht ein Kollisionsrisiko mit den beleuchteten Baufahrzeugen während der Nacht bei schlechten Sichtbedingungen.

### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Zugvögel***

Die verschiedenen Aktivitäten der Meeresforschung sind je nach Art der verwendeten Methoden und Geräte mit unterschiedlichen Umweltwirkungen verbunden. Für die Zugvögel können kurzfristige und kleinräumige visuelle und akustische Störwirkungen relevant sein.

Darüber hinaus können Forschungsaktivitäten mit der Installation von Hochbauten verbunden sein. Durch diese wären in der Nacht bei schlechten Witterungsbedingungen Auswirkungen denkbar, wenn Zugvögel durch die beleuchtete Plattform angelockt werden und mit den Plattform-Strukturen kollidieren.

### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Zugvögel***

Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieparks können bau-, anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Zugvögel haben.

*Baubedingt:* Die Bautätigkeiten bewirken voraussichtlich Scheuch- und Barrierewirkungen auf Zugvögel. An den in Errichtung befindlichen Bauwerken kann ebenso wie in der nachfolgenden Betriebsphase an allen Anlagen der Windparks Vogelschlag auftreten. Durch eine etwaige nächtliche Beleuchtung der Baustelle können möglicherweise zusätzliche Anlockungs- und Blendeffekte entstehen, die das Risiko von Vogelschlag erhöhen.

*Anlage- und betriebsbedingt:* Der Betrieb der OWEA kann zu Scheuch- und Barrierewirkungen führen. Das Umfliegen oder sonstige Irritationen des Flugverhaltens führt zu einem höheren Energieverbrauch, der sich auf die Fitness der Vögel und in Folge auf ihre Überlebensrate bzw. den Bruterfolg auswirken kann. Wie sich mögliche Barrierewirkungen größerer Windparkareale oder ein mehrfaches Ausweichen vor OWEA auf Zugvögel auswirkt, kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht sicher prognostiziert werden. Es ist aber davon auszugehen, dass die Empfindlichkeit und Reaktion gegenüber den Anlagen artspezifisch unterschiedlich ausgebildet ist. An den Rotoren und Piles der OWEA können Vogelschlagereignisse auftreten. Schlechte Witterungsbedingungen - insbesondere bei Nacht und bei starkem Wind - sowie hohe Zugintensitäten erhöhen das Risiko für Vogelschlag. Dazu kommen mögliche Blend- oder Anlockeffekte durch die Sicherheitsbeleuchtung bzw. -befeuern der Anlagen, die zur Orientierungslosigkeit von Vögeln führen können. Weiterhin könnten Vögel, die in Nachlaufströmungen und Luftverwirbelungen an den Rotoren geraten, in ihrer Manövrierfähigkeit stark beeinträchtigt werden. Für die vorgenannten Faktoren ist jedoch ebenso wie bei den Scheuch-

und Barrierewirkungen davon auszugehen, dass die Empfindlichkeiten und Risiken artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt sind.

Die Abschätzung des Konfliktpotenzials erfolgte, nach Artgruppen differenziert, aufgrund der unterschiedlichen Lebensweise, des Navigationsvermögens und des Zugverhaltens (Tag-/Nachtzieher) der einzelnen Arten. Die vorgenannten Punkte können das Kollisionsrisiko beeinflussen. Im Rahmen der durchgeführten Sensitivitätsbewertung sind außerdem die Seltenheit, der Gefährdungsstatus einer Art und eine möglicherweise niedrige Reproduktionsrate einbezogen worden.

Die artspezifische Einzelbetrachtung ergab, dass für den Großteil der in der Ostsee auftretenden Zugvogelarten bzw. deren biogeografische Populationen keine Gefährdung durch den Bau und Betrieb von Offshore Windenergieanlagen besteht.

Spezielle Zugkorridore sind für nachts ziehende Vögel im Bereich der Ostsee nicht erkennbar. Unter normalen, von den meisten Vogelarten bevorzugten Zugverhältnissen lassen sich bisher für keine Art Hinweise darauf finden, dass die Vögel ihren Zug typischerweise im Gefahrenbereich der Anlagen einschließlich der Rotoren der OWEA durchführen und/oder diese Hindernisse nicht erkennen und meiden. Besondere Gefahren entstehen für den Zugvogel bei unerwartet aufkommenden Wetterbedingungen.

Die vorliegenden Erkenntnisse über die Zugverhaltensweisen der verschiedenen Vogelarten, die üblichen Flughöhen und die tageszeitliche Verteilung des Vogelzugs lässt den Schluss zu, dass ein Großteil der Zugvögel durch die Vorhaben in den Vorranggebieten überhaupt nicht betroffen sein wird.

#### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Zugvögel***

Für Zugvögel gehen von der Fischerei visuelle und akustische Stör- und Scheuchwirkungen aus, die abhängig von der Frequentierung der Meeresgebiete durch die Fischerei sind. Für wassernde Zugvögel die ihren Zug zur Nahrungsaufnahme unterbrechen besteht außerdem das Risiko, sich in den Fischereinetzen zu verfangen und zu ertrinken. So ertrinken z. B. auf der Rönnebank in der Pommerschen Bucht eine große Zahl von Seetaucher, Alken und Meeressäuger in den Stellnetzen (JANSSEN und SORDYL, 2006).

Die Bewirtschaftung von Marikulturanlagen ist mit Schiffstransporten und verschiedenen Offshore-Tätigkeiten in den Anlagen verbunden, die kleinräumige visuelle und akustische Stör- und Scheuchwirkungen hervorrufen.

#### **9.3.8.2 Entwicklung des Schutzgutes Zugvögel bei Nichtdurchführung des Plans**

Das Schutzgut Zugvögel würde auch bei Nichtdurchführung des Plans durch die Auswirkungen verschiedener nicht genehmigungspflichtiger bzw. bereits genehmigter Nutzungen, wie z.B. bestehender Hochbauten und Fischerei, in Teilen weiterhin betroffen sein. Nachfolgend werden die Entwicklungen beschrieben, die sich ausschließlich auf die Nichtdurchführung des Plans beziehen.

Für die Nutzung der Offshore-Windenergie wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura2000-Gebiete nicht ausgeschlossen. Durch einen unregelmäßigen Ausbau der Windparks würde das Risiko einer Barrierewirkung für Zugvögel erhöht. Die mit den Vorranggebieten Windenergie bezweckte Steuerung und erleichterte Genehmigung für Projekte an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten würde entfallen.

Bei Nichtdurchführung des Plans könnte es bei Marikulturen zu Stoffeinträgen kommen. Schadstoffe, insbesondere Wachstums-Hormopräparate und Antibiotika, könnten das Immunsystem beeinträchtigen. Veränderungen im untersten Bereich der Nahrungsketten könnten durch Anreicherung in der Nahrungsketten auch obere Prädatoren, wie Zugvögel, beeinflussen.

Da der Plan zahlreiche quellenbezogene Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt trifft, die sich auf eine möglichst verträgliche Ausgestaltung der Nutzungen beziehen, wäre bei Nichtumsetzung des Planes der Schutz des Schutzgutes Zugvögel deutlich schwieriger zu gewährleisten als bei Durchführung des Plans.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die betroffenen Arten sind komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, insbesondere die Fische, betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.9 Fledermäuse**

#### **9.3.9.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fledermäuse**

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Fledermäuse***

Auswirkungen der Schifffahrt auf Fledermäuse sind weitgehend unbekannt. Es gibt lediglich einzelne Berichte von Fledermausfunden auf Schiffen (siehe Kapitel 2). Es wird danach angenommen, dass Anlockeffekte durch Schiffe eintreten können. Möglicherweise besteht eine Kollisionsgefahr von Fledermäusen mit Schiffen bei widrigen Wetterbedingungen.

Auswirkungen der Schifffahrt fallen jedoch bei Fledermäusen nach dem aktuellen Kenntnisstand sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene unerheblich aus.

##### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Fledermäuse***

Durch Verlegung, Betrieb und Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln können erhebliche Auswirkungen sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene von Fledermäusen mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

##### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Fledermäuse***

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Meeresforschung auf Fledermäuse mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

##### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Fledermäuse***

Gefährdungen können für Fledermäuse durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks, insbesondere durch Kollisionen, verursacht werden. Aus ersten Studien in Schweden über die eventuelle Gefährdung von Fledermäusen durch On- und Offshore-Windenergieanlagen konnten erste Informationen zum Kollisionsrisiko gesammelt werden. Es wurde festgestellt, dass sowohl ziehende als auch nichtziehende Arten gelegentlich durch Kollisionen betroffen sind. Die meisten Fledermäuse im Bereich von Offshore- Windenergieanlagen wurden nachts auf Nahrungssuche beobachtet - auf der Jagd nach den hier anzutreffenden Insekten. Die Ursachen der Ansammlung von Insekten an den OWEA blieben jedoch weitgehend unklar. Neben der Beleuchtung der Anlagen und die Wärmeentwicklung an Turbinen und Rotorblätter

kommt auch sogenanntes „hilltopping“ (Aufsuchen von hochliegenden, herausgehobenen Plätzen) in Frage.

Anhand der bisherigen Beobachtungen wird angenommen, dass Fledermäuse eher in Konzentrationen (Schwärmen) über das Meer ziehen, wahrscheinlich in erheblichen Flughöhen und auf regelmäßig genutzten Zugrouten. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bis heute ausreichende Beobachtungen und Ergebnisse über negative oder auch positive Effekte durch die Errichtung von Offshore- Windparks auf Fledermäuse sowohl auf Individuen- als auch auf Populationsebene noch fehlen. Es gibt zwar Hinweise über nachteilige Auswirkungen durch Kollisionen von Fledermäusen mit Windkraftanlagen an Land. Es fehlen z.Zt. jedoch geeignete Erfassungsmethoden für Untersuchungen zum Vorkommen von Fledermäusen im Meeresbereich (s. Kap. 2). Damit fehlen auch konkrete Informationen über ziehende Arten, Zugkorridore, Zughöhen und Zugkonzentrationen. Eine Einschätzung von möglichen Auswirkungen ist daher zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Fledermäuse***

Nach aktuellem Kenntnisstand können Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf Fledermäuse mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

### **9.3.9.2 Entwicklung des Schutzgutes Fledermäuse bei Nichtdurchführung des Plans**

Bestände und Verbreitung der möglicherweise über die Ostsee ziehenden Fledermausarten sind v.a. aufgrund der hohen Wanderdynamik nicht abschließend erfasst. Auch Zugmuster sind weitgehend unbekannt. Die Bestandsentwicklung lässt sich mit dem aktuellen Kenntnisstand nicht abschätzen oder prognostizieren. Über mögliche negative Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Fledermäuse ist ebenfalls verhältnismäßig wenig bekannt.

Vor diesem Hintergrund ist auch eine Abschätzung der voraussichtlichen Entwicklung des Schutzgutes bei Nichtdurchführung des Plans nur sehr eingeschränkt möglich.

Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Fledermausarten sind ebenfalls komplex und kaum zu prognostizieren. Alle Arten werden indirekt durch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Nahrungsorganismen, in diesem Fall Insekten, betroffen sein. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.10 Luft**

#### **9.3.10.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Luft**

##### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Luft***

Durch die Schifffahrt kommt es zu Schadstoffemissionen insbesondere von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Kohlendioxid und Rußpartikeln. Diese können die Luftqualität negativ beeinflussen.

##### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Luft***

Die Verlegung, Wartung und der Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln sind mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Luft***

Die meereswissenschaftliche Forschung ist mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Luft***

Durch Bau und Betrieb von Offshore-Windparks wird es durch Baustellen- und Wartungsfahrzeuge zu Schadstoffemissionen kommen, die die Luftqualität beeinflussen können.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Luft***

Fischerei sowie Installation und Betrieb von Marikulturen sind mit Schiffsverkehr verbunden. Dieser wiederum führt zu Schadstoffemissionen, die die Luftqualität beeinflussen können. Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Luftqualität werden nicht erwartet.

## **9.3.10.2 Entwicklung des Schutzgutes Luft bei Nichtdurchführung des Plans**

Mit zunehmender Nutzungsintensität und steigenden Verkehrszahlen nimmt auch der Schiffsverkehr zu, was zu einer negativen Beeinflussung der Luftqualität führen kann. Diese Entwicklung ist jedoch weitestgehend unabhängig von der Durchführung bzw. Nichtdurchführung des Plans.

## **9.3.11 Klima**

### **9.3.11.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Klima**

#### ***Auswirkungen der Schifffahrt auf das Schutzgut Klima***

Auswirkungen der Schifffahrt auf das Klima durch Emissionen können nicht vollständig ausgeschlossen werden.

#### ***Auswirkungen von Rohrleitungen und Seekabeln auf das Schutzgut Klima***

Die durch den mit der Verlegung, Wartung und dem Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die Verlegung, Wartung und den Rückbau von Rohrleitungen werden jedoch nicht erwartet.

#### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Klima***

Die durch den mit der meereswissenschaftlichen Forschung verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die meereswissenschaftliche Forschung werden jedoch nicht erwartet.

#### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Klima***

Die durch den mit dem Bau und Betrieb von Offshore-Windparks verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind



als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks werden jedoch nicht erwartet.

### ***Auswirkungen der Fischerei und Marikultur auf das Schutzgut Klima***

Die durch den mit der Fischerei sowie der Installation und dem Betrieb verbundenen Schiffsverkehr emittierten Stoffe (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlendioxid und Rußpartikel) sind als solche grundsätzlich als klimarelevant einzustufen. Erhebliche negative Auswirkungen auf das Klima durch die Fischerei werden jedoch nicht erwartet.

### **9.3.11.2 Entwicklung des Schutzgutes Klima bei Nichtdurchführung des Plans**

Laut Berichten des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC, 2001; 2007) sind als großräumige Folgen der Klimaänderungen auf die Ozeane der Anstieg der Meeresoberflächentemperatur und des durchschnittlichen globalen Meeresspiegels zu erwarten. Viele Ökosysteme des Meeres reagieren empfindlich auf Klimaveränderungen (s. Kap. 3.14). Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.12 Landschaftsbild**

#### **9.3.12.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Landschaftsbild**

##### ***Auswirkungen der wissenschaftlichen Meeresforschung auf das Schutzgut Landschaftsbild***

Die wissenschaftliche Meeresforschung kann mit der Errichtung von Hochbauten in Form von Forschungsplattformen verbunden sein, die zu visuellen Veränderungen des Landschaftsbildes führen können. Aufgrund der Entfernung sowie der geringen Anzahl können jedoch erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes, wie es von Land aus wahrgenommen wird, ausgeschlossen werden.

##### ***Auswirkungen der Offshore-Windenergiegewinnung auf das Schutzgut Landschaftsbild***

Die Landschaft in der AWZ der Ostsee ist bisher dadurch geprägt, dass über der Wassersäule bis auf einige wenige Hochbauten, wie die Forschungsplattform FINO 2 und den Messmast Arkona Becken, keine Bauten herausragen. Durch die Realisierung von Offshore-Windparks werden Auswirkungen auf das Landschaftsbild eintreten, da es durch die Errichtung vertikaler Strukturen verändert wird. Die einzelnen Anlagen müssen zudem nachts oder bei schlechter Sicht befeuert werden. Auch dadurch kann es zu optischen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes kommen.

Neben der reinen Veränderung des Landschaftsbildes kann es auch zu einer Beeinträchtigung der subjektiven Landschaftswahrnehmung durch Betrachter an der Küste kommen. Die tatsächliche Sichtbarkeit wird bestimmt durch die Entfernung der Offshore-Windparks zur Küste bzw. Inseln, die flächenmäßige Größe des Windparks, die Höhe der WEA, die auf den konkreten Wetterbedingungen beruhende Sichtweite, die Höhe des Standorts des Betrachters und die Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges.

Untersuchungsergebnisse lassen den Schluss zu, dass die in der AWZ der Ostsee geplanten Offshore-Windparks aufgrund der Entfernung von mehr als 30 km zur Küste nur sehr eingeschränkt wahrnehmbar sein werden und dies auch nur bei guten Sichtverhältnissen. Gleiches gilt auch hinsichtlich der nächtlichen Sicherheitsbefeurung.

### **9.3.12.2 Entwicklung des Schutzgutes Landschaftsbild bei Nichtdurchführung des Plans**

Für das Schutzgut Landschaftsbild wäre bei Nichtdurchführung des Planes die Entwicklung weiterer Projekte auch innerhalb der Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen, so dass das Risiko möglicher visueller Beeinträchtigungen erhöht wäre. Auch die Regelung weiterer möglicherweise beeinträchtigender Hochbauten wäre bei der Nichtdurchführung des Planes erheblich erschwert.

### **9.3.13 Sachwerte, kulturelles Erbe (Archäologie)**

#### **9.3.13.1 Auswirkungen der Nutzungen auf das Schutzgut Sachwerte, kulturelles Erbe**

Bei allen Nutzungen, die mit Eingriffen in das Sediment verbunden sind, lässt sich eine mögliche Beeinträchtigung auf dem Meeresgrund befindlicher Sachwerte bzw. kulturellen Erbes, welche im Vorfeld des Eingriffs nicht bekannt waren, nicht vollständig ausschließen. Hierbei handelt es sich um:

- Rohrleitungen und Seekabel
- Wissenschaftliche Meeresforschung
- Offshore-Windenergiegewinnung
- Fischerei.

#### **9.3.13.2 Entwicklung des Schutzgutes Sachwerte, kulturelles Erbe bei Nichtdurchführung des Plans**

Hinweise auf mögliche Sachwerte oder kulturelles Erbe liegen insofern vor, als dass die Position einer Vielzahl von Wracks bekannt ist und in den Seekarten des BSH verzeichnet ist. Zu Bodendenkmalen, auch zu Siedlungsresten, in der AWZ fehlen weitergehende Informationen. Bei Nichtdurchführung des Planes wäre eine Berücksichtigung der Belange dieses Schutzgutes erschwert.

### **9.3.14 Biologische Vielfalt**

Es ist mit großräumigen Folgen von Klimaänderungen auch auf die Ozeane zu rechnen (s. Kap. 3.10). Dieses hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, denn viele Ökosysteme des Meeres reagieren empfindlich auf Klimaveränderungen. So kann es zu einer Verschiebung im Artenspektrum kommen. Beispielsweise ist eine starke Beeinflussung der Populationsdichte und -dynamik von Fischen denkbar, welche wiederum bedeutende Folgen für die Nahrungsketten hätte. Insgesamt ist diese Entwicklung jedoch unabhängig von der Nichtdurchführung bzw. Durchführung des Plans.

### **9.3.15 Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern**

Die Veränderungen von einzelnen Komponenten innerhalb der marinen Nahrungsketten hängen mit den Veränderungen des gesamten Ökosystems der Ostsee zusammen, wie bereits im Kapitel 2 erläutert. Anthropogene Einflüsse und der Klimawandel steuern, neben der natürlichen Variabilität, die Veränderungen des Ökosystems.

Bei Nichtdurchführung des Raumordnungsplans lässt sich nicht ausschließen, dass sich insbesondere durch wirtschaftliche Aktivitäten verursachte Veränderungen, negativ auf die belebte Meeresumwelt auswirken könnten.

## **9.4 Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt**

### **9.4.1 Schifffahrt**

Die Vorrang- und Vorbehaltsgebietsfestlegungen für die Schifffahrt basieren insbesondere auf im Verfahren zur Aufstellung des Raumordnungsplans identifizierten vorhandenen Schifffahrtsrouten. Diese Festlegungen dienen dazu, wichtige Schifffahrtsrouten von unverträglichen Nutzungen – insbesondere von baulichen Anlagen – freizuhalten, was ebenso wie die Ausschlusswirkung für Windenergie in den Natura 2000-Gebieten zur Verringerung der Kollisionsrisiken beiträgt. Die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die Schifffahrt hat keine unmittelbare Konzentrations- und Lenkungswirkung der Schiffsverkehre zur Folge. Die Schifffahrt kann auch zukünftig weiterhin den gesamten Seeraum nutzen. Insofern haben die Gebietsfestlegungen für die Schifffahrt im Vergleich mit dem Ist-Zustand und der Nullvariante keine zusätzlichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Beachtung der Regelungen der IMO und der Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der Schifffahrt. Hierdurch werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 9.3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Schifffahrt im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr insbesondere durch die Verringerung des Kollisionsrisikos nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **9.4.2 Rohstoffgewinnung**

Es werden für die AWZ der Ostsee im Raumordnungsplan keine Gebietsfestlegungen für die Rohstoffgewinnung getroffen. Die für den Sand- und Kiesabbau erforderlichen Rahmenbetriebspläne sind abgelaufen, es findet daher gegenwärtig keine Gewinnung statt. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind zwei Abbauvorhaben beantragt: „Adlergrund Nordwest“ und „Adlergrund Südost“. Ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren wird durchgeführt. Neben der bestehenden fachplanerischen Sicherung der Bewilligungsfelder ist es nicht erforderlich, diese zusätzlich planerisch durch eine Gebietsfestlegung zu sichern.

### **9.4.3 Rohrleitungen und Seekabel**

Im Raumordnungsplan werden im Bereich geplanter Rohrleitungen Schutzabstände von beiderseits 500 m als Vorbehaltsgebiete festgelegt, wobei darauf hingewiesen wird, dass die Verlegung unterseeischer Rohrleitungen die nach dem SRÜ gewährte Freiheit genießt. Die Umweltauswirkungen dieser Gebietsfestlegungen gehen daher nicht über die Auswirkungen

der Nullvariante hinaus. Vielmehr können mögliche negative Auswirkungen durch die Auswahl einer geeigneten Trasse reduziert werden.

Für Seekabel zur Ableitung in der AWZ gewonnenen Stroms werden Zielkorridore festgelegt, durch welche die Seekabel zur Stromableitung zu führen sind. Darüber hinaus wird die Parallelführung von Kabeln zueinander und zu bestehenden Infrastrukturen als Grundsatz festgelegt. Mögliche Eingriffe insbesondere durch die Verlegung von Seekabeln werden so auf einige Bereiche begrenzt, wodurch weite Teile der AWZ von möglichen Beeinträchtigungen frei gehalten werden können. Hierdurch werden, insbesondere im Vergleich mit der Nullvariante negative Auswirkungen auf die Schutzgüter sowie die Meeresumwelt insgesamt vermieden. Darüber hinaus sollen Verlegearbeiten zeitlich koordiniert werden, was zu einer Verminderung kumulativer Auswirkungen führt.

Negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt durch Wechselwirkungen bei größtmöglicher Bündelung und paralleler Führung zu bestehenden Offshore-Anlagen sind nicht zu erwarten, da die Mindestabstände zwischen den jeweiligen Kabeln so auszuwählen sind, dass eine thermische Entkopplung sichergestellt ist und kumulative Wärmeeffekte ausgeschlossen werden können. Die weitgehende Vermeidung von Kreuzungen von Seekabeln untereinander und mit anderen bestehenden oder geplanten Leitungen dient zusätzlich der Reduzierung von negativen Auswirkungen auf die Meeresumwelt – insbesondere auf die Schutzgüter Boden und Benthos, weil dadurch die Einbringung künstlicher Hartsubstrate in Form von Steinschüttungen (Grobkies und Gerölle), insbesondere in Seegebieten mit überwiegend homogenem sandigen Meeresboden, vermieden werden kann.

Die Verlegung von Seekabeln kann u.a. dadurch möglichst umweltfreundlich gestaltet werden, indem unter Berücksichtigung der Belange der Schifffahrt die Seekabel nur so tief wie erforderlich verlegt werden. Dadurch werden eine erhöhte Beanspruchung des Sediments und umfangreicher Bodenaushub vermieden. Mit dem Schutz des Sedimentes wird gleichzeitig der Siedlungsraum der benthischen Lebensgemeinschaften geschützt.

Durch die Meidung artspezifisch besonders störanfälliger Zeiträume können bei der Querung von sensiblen Habitaten während des Verlegens von Rohrleitungen und Seekabeln mögliche Beeinträchtigungen vermieden werden. So sollen bspw. Bereiche mit hoher Bedeutung für Rastvögel lediglich in den Zeiträumen beansprucht werden, in denen mit keinen Rastvogelvorkommen zu rechnen ist.

Grundsätzlich müssen Rohrleitungen und Seekabel nach Aufgabe ihrer Nutzung zurückgebaut werden, sofern eine Gefährdung des Lebens oder Gesundheit von Personen oder von Sachgütern oder eine Beeinträchtigung überwiegender öffentlicher Interessen zu befürchten ist. Letztere umfassen u.a. Belange der Schifffahrt sowie der Meeresumwelt. Im Fall von vergleichsweise größeren Umweltauswirkungen kann von einem Rückbau abgesehen werden und die Leitung im oder auf dem Meeresboden verbleiben. Der Rückbau ist auch dann erforderlich, wenn mit der Rohrleitung oder dem Seekabel toxische Stoffe in wirkungsrelevanter Art und Weise oder Menge in der Meeresumwelt verbleiben. Für den Fall des Verbleibs sollen geeignete Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich möglicher Gefährdungen vorgesehen werden. Ausbreitungsvorgänge und weiträumige ökologische Wechselbeziehungen der Arten und ihrer Lebensräume sollen bei der Standortwahl berücksichtigt werden. Die Beschädigung oder Zerstörung von Sandbänken, Riffen und submarinen durch Gasaustritte entstandenen Strukturen sowie abgrenzbaren Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften als besonders sensible Lebensräume sollen bei der Verlegung und dem Betrieb der Rohrleitungen vermieden werden. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Durch diese Regelungen werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt vermieden.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ("best envi-

ronmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der Verlegung, dem Betrieb und dem Rückbau von Rohrleitungen und Seekabeln. Dadurch können nachteilige Auswirkungen insbesondere auf das Benthos reduziert werden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 9.3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für Rohrleitungen und Seekabel im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **9.4.4 Wissenschaftliche Meeresforschung**

Zur Sicherung bestehender Langzeitforschungsreihen im Bereich der Fischereiforschung, werden Vorbehaltsgebiete festgelegt. Damit sollen diese Gebiete von Nutzungen frei gehalten werden, welche die Langzeitforschungsreihen entwerten könnten. Da es hier um die Sicherung des Bestandes geht, haben die Gebietsfestlegungen gegenüber dem Ist-Zustand und der Nullvariante keine weiteren Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt.

Weitere Aussagen trifft der Raumordnungsplan hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik bei der wissenschaftlichen Forschung. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse meeres-wissenschaftlicher Forschung zur möglichst flächendeckenden Erklärung ökosystemarer Zusammenhänge fortlaufend erfasst werden und somit eine wichtige Grundlage zu einer nachhaltigen Entwicklung der AWZ schaffen. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Hierdurch werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Die Festlegung der Vorbehaltsgebiete für wissenschaftliche Forschung im Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee führt dazu, dass sich bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter besser einschätzen lassen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 9.3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die wissenschaftliche Forschung im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **9.4.5 Offshore-Windenergie**

Die besonderen Eignungsgebiete "Westlich Adlergrund" sowie "Kriegers Flak" werden nach Einbeziehung weiterer Belange und abschließender Abwägung auch auf Ebene der Raumordnung als Vorranggebiete in den Raumordnungsplan übernommen, wie es auch § 18a Abs. 3 Satz 2 ROG 1998 vorsieht. Für die Bewertung der Vorranggebietsfestlegungen wird von einer vollständigen Bebauung der Gebiete ausgegangen, wobei zwischen den Parks ein Mindestabstand von 1000 m und zwischen den einzelnen Anlagen innerhalb der Parks ein Mindestabstand von 800 m angenommen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bereits vor Inkrafttreten des Raumordnungsplans drei Offshore-Windparks in den Vorranggebieten genehmigt worden sind (s. auch Kap. 9.3.1.5).

### ***Boden und Wasser***

Die Festlegung des Raumordnungsplans für Offshore-Windenergie hat im Hinblick auf die Schutzgüter Boden und Wasser eine lokale Umweltauswirkung. Während der Boden (Sediment) nur im unmittelbaren Nahbereich permanent durch das Einbringen der Gründungselemente und parkinternen Verkabelung betroffen ist, wird das Schutzgut „Wasser“ temporär im Umfeld der Anlagen durch verhältnismäßig geringe Strömungsverwirbelung, Dämpfung des Seegangs und Bildung von bodennahen Trübungsfahnen beeinflusst. Für die Festlegungen dieser Vorranggebiete zur Nutzung von Offshore-Windenergie ist neben den oben dargestellten geringen Auswirkungen von keinen weiteren Wirkungen auf die Schutzgüter „Wasser“ und „Sediment“ auszugehen. Der nach Aufgabe der Nutzung vorgesehene Rückbau von Windenergieanlagen führt zu einer positiven Wirkung insbesondere in Bezug auf das Schutzgut „Wasser“, da die räumlich eng begrenzten Änderungen in Strömungsfeld und Seegang aufgehoben werden. Ferner wird die durch die Gründung von baulichen Anlagen hervorgerufene kleinräumige Sedimentverdichtung rückgängig gemacht.

### **Benthos**

Für beide Vorranggebiete gilt gleichermaßen, dass durch den Bau, die Anlage, den Betrieb und den Rückbau der Windenergieanlagen im Vorranggebiet keine erheblichen Auswirkungen auf Populationsebene zu erwarten sind, da wegen der meist schnellen Regenerationsfähigkeit der vorkommenden Populationen von Benthosorganismen mit kurzen Generationszyklen und ihrer weiträumigen Verbreitung in der Ostsee eine schnelle Wiederbesiedlung sehr wahrscheinlich ist.

Durch die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten sowie einer möglichst flächensparenden Anordnung der einzelnen OWEA in den Festlegungen für die Windenergie wird einem Verlust weiterer Siedlungsräume entgegen gewirkt. Allerdings wird durch die Fundamente und den Kolkenschutz auch neuer Siedlungsraum geschaffen, der kleinräumig Auswirkungen auf die natürlicherweise vorkommenden Benthosgemeinschaften haben kann. Dies gilt besonders für die Weichbodengemeinschaften. Betriebsbedingt ist mit kleinräumigen und permanenten Auswirkungen geringer Intensität zu rechnen.

Indirekt kann die Festlegung auch positive Effekte für die Benthoslebensgemeinschaften haben, da innerhalb der Offshore-Windenergieparks eine Schleppnetzfisherei nur eingeschränkt möglich sein wird. Dies kann zu einer lokalen Verbesserung der Lebensbedingungen benthischer Arten führen, die empfindlich gegenüber dem Einfluss der Schleppnetzfisherei sind. Hierbei werden besonders Effekte für langlebige Arten erwartet (SCHOMERUS et al., 2006). Nach RUMOHR (2003) könnte dadurch ein Großteil der Rote-Liste-Arten positiv beeinflusst werden.

Auf Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Benthos zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **Fische**

In beiden Vorranggebieten für Windenergienutzung wurde übereinstimmend die habitattypische pelagische und demersale Fischgemeinschaft der Ostsee festgestellt. Für beide Vorranggebiete gilt gleichermaßen, dass durch den Bau, die Anlage, den Betrieb und den Rückbau der Windenergieanlagen im Vorranggebiet keine erheblichen Auswirkungen auf Populationsebene zu erwarten sind.

Durch die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten sowie die angestrebte möglichst flächensparende Anordnung der einzelnen OWEA in den Festlegungen für die Windenergie werden negative Auswirkungen auf das Schutzgut Fische vermindert, indem die für die Errichtung von OWEA in Frage kommenden Gebiete reduziert werden.

Indirekt kann die Festlegung auch positive Effekte für die Fischgemeinschaften haben, da innerhalb der Offshore-Windenergieparks eine Schleppnetzfisherei nur eingeschränkt möglich sein wird. Die Vorranggebiete können daher zu einem Rückzugsgebiet für Fische werden, sofern die entsprechenden Arten nicht durch Betriebsgeräusche abgeschreckt werden. Durch die anzunehmende Besiedlung der Anlagen mit Bewuchs von Algen und Muscheln wird in allen bisher bekannten Untersuchungen eine Erhöhung der lokalen Biomasse prognostiziert, die zu einer Erhöhung der Artenvielfalt führen kann.

Auf Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Fische zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **Marine Säugetiere**

Die Festlegungen des Raumordnungsplans für Offshore-Windenergie führen zu keinen erheblichen Auswirkungen auf marine Säugetiere. Die Regelungen zugunsten der Anwendung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik sollen auf Genehmigungsebene umgesetzt werden. Hier sollten bspw. auch Regelungen zur Lärmreduzierung getroffen werden, wie es auch der allgemeinen Genehmigungspraxis entspricht.

Die Festlegung von Vorranggebieten außerhalb von Hauptnahrungs- und Aufzuchtgebieten für Schweinswale dient mittelbar dem Schutz der Art. Gleichzeitig werden unter Berücksichtigung der Regelungen zugunsten der Anwendung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik und durch den Ausschluss neuer Planungen für Offshore-Windenergieanlagen innerhalb der Natura 2000-Gebiete Gefährdungen von Schweinswale in wichtigen Nahrungs- und Aufzuchtgründen vermieden. Für Seehunde und Kegelrobben führen die Gebietsfestlegungen ebenfalls zu keinen negativen Auswirkungen.

Auf Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut marine Säugetiere zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **Seevögel**

Die Einschätzung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen erfolgt schließlich auf Basis der Funktion und Bedeutung der Teilgebiete für Seevögel:

- In der *Bauphase* mit mittlerer bis hoher, allerdings nur temporärer Belastung wären erhebliche Auswirkungen in Bereichen mit besonderen Eigenschaften und von herausragender Bedeutung für rastende und nahrungssuchende Vögel zu erwarten: Neben Hauptnahrungs- und Hauptrasthabitaten wären hier Überwinterungshabitats von einzigartiger Bedeutung und Ausweichhabitats von besonderer Bedeutung in kritischen Situationen zu nennen. Für Teilgebiete, die keine herausragende Bedeutung haben, wären aufgrund der hohen Mobilität der Tiere keine erheblichen Auswirkungen zu erwarten.
- In der *Betriebsphase* mit eher geringer Belastung durch Schiffsverkehr könnten anlagenbedingt erhebliche Auswirkungen nur in Gebieten erwartet werden, die eine herausragende Bedeutung für Vogelarten des Anhangs I der VRL und gefährdete Arten aufweisen. In allen anderen Gebieten können jedoch nach aktuellem Kenntnisstand erhebliche Auswirkungen ausgeschlossen werden.

Die Auswirkungen von WEA auf Seevögel in den Vorranggebieten werden voraussichtlich insgesamt unerheblich sein. Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten und

durch die Festlegung von Vorranggebieten zur Windenergiegewinnung an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten werden negative Auswirkungen vermindert.

Insbesondere werden etwaige Barriereeffekte vermieden und Gebiete mit besonderer Bedeutung als Nahrungsgrund von weiteren Planungen bzw. Errichtungen von Offshore-Windparks ausgespart. Es wurde zudem darauf geachtet, dass die Vorranggebiete nicht im Weg zwischen Brutkolonien und Nahrungsgründen oder zwischen wichtigen Nahrungsgründen liegen. Barriereeffekte bei der Nahrungssuche der Vögel werden so vermieden.

Die Regelungen zugunsten der Anwendung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik zielen auf die Vermeidung und Verminderung von negativen Auswirkungen durch Errichtung und Betrieb von OWEA auf Seevögel ab. Dieses gilt insbesondere im Hinblick auf Maßnahmen zur Minimierung von Schadstoff- und Lichtemissionen, wie es auch der allgemeinen Genehmigungspraxis entspricht. Auf Grundlage der Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Seevögel zu erwarten sind, sondern vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **Zugvögel**

Die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Zugvögel wurden im Kapitel 3.8.1.5 diskutiert und eingeschätzt. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass von Offshore-Windenergieparks in beiden Vorranggebieten keine Gefährdung des Vogelzugs zu erwarten ist. Eine Gefährdung ergibt sich auch nicht aufgrund etwaiger kumulativer Auswirkungen.

Durch die Ausschlusswirkung in den Natura 2000-Gebieten und durch die Festlegung von Vorranggebieten zur Windenergiegewinnung an aus ökologischer Sicht geeigneten Standorten werden negative Auswirkungen vermindert, indem die für die Errichtung der OWEA in Frage kommenden Gebiete und damit etwaige Barrierewirkungen reduziert werden.

Für den Fall einer etwaigen Festlegung von zusätzlichen Flächen für die Offshore-Windenergie sieht der Raumordnungsplan vor, dass Windparks großräumig so angeordnet werden sollen, dass Barrierewirkungen in Bezug auf den Vogelzug auch weiterhin minimiert werden können.

Die beiden Hauptkonflikte für Zugaktivitäten sind Kollisionsrisiken mit den einzelnen OWEA und eine Barrierewirkung infolge der flächenhaften Wirkung eines Offshore-Windenergieparks. Das Konfliktpotenzial beider Aspekte wird durch eine Höhenbegrenzung für OWEA, die in Sichtweite der Küste und der Inseln errichtet werden, auf eine Nabenhöhe von 125 m über NN weiter gemindert.

Zusammenfassend lassen sich folgende prognostische Kernaussagen festhalten:

- Spezielle Zugkorridore sind für keine Zugvogelart im Bereich der Vorranggebiete der Ostsee erkennbar, da der Vogelzug entweder leitlinienorientiert küstennah oder in einem nicht näher abgrenzbaren Breitfrontzug über der Ostsee verläuft.
- Unter normalen, von den Zugvogelarten bevorzugten Zugverhältnissen lassen sich bisher für keine Art Hinweise darauf finden, dass die Vögel ihren Zug typischerweise im Gefahrenbereich der Anlagen einschließlich der Rotoren der OWEA durchführen und/oder diese Hindernisse nicht erkennen und meiden. Gefahren entstehen potenziell bei unerwartet aufkommenden schlechten Wetterbedingungen.
- Ein etwaiges Umfliegen der Vorranggebiete lässt keinen erheblichen negativen Effekt auf die weitere Entwicklung der Populationen entstehen.
- Möglichen Gefahrenpotenziale, die durch vorhabensbedingte Auswirkungen entstehen, muss auf Zulassungsebene durch auswirkungsvermeidende und/oder -minimierende Maßnahmen und Konzepte Rechnung getragen werden, so dass kein zusätzliches Gefahrenpotenzial geschaffen wird.



Die Betrachtung der vorhandenen Erkenntnisse über die Zugverhaltensweisen der verschiedenen Vogelarten, die üblichen Flughöhen und die tageszeitliche Verteilung des Vogelzugs lässt den Schluss zu, dass ein Großteil der ziehenden Vögel durch die Realisierung möglicher Vorhaben in den Vorranggebieten nicht betroffen sein werden und eine Gefährdung des Vogelzuges durch den Errichtung und Betrieb der OWEA auch unter kumulativer Betrachtung der auf dem Zugweg liegenden, bereits errichteten oder genehmigten Windenergieparks nicht eintreten wird. Es ist allerdings einzuräumen, dass diese Prognose nach dem bisherigen Stand von Wissenschaft und Technik unter Prämissen abgegeben wird, die noch nicht geeignet sind, die Grundlage für das Schutzgut auf befriedigende Weise abzusichern. Dieses ist auf Zulassungsebene zu regeln.

Auf diese Weise kann eine Gefährdung des Vogelzuges dauerhaft mit der erforderlichen Sicherheit ausgeschlossen werden. Auf Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Zugvögel zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden

### ***Fledermäuse***

Die Auswirkungen von OWEA in den Vorranggebieten auf Fledermäuse, die möglicherweise über Meer ziehen, lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund von fehlenden adäquaten Erfassungsmethoden und Informationen nicht einschätzen.

Die Festlegung von Vorranggebieten in Entfernungen von mehr als 30 km vom Festland (Küstenlinie) lässt jedoch die Annahme zu, dass in großen Konzentrationen entlang der Küste ziehende Fledermäuse ungefährdet bleiben. Gleichzeitig werden durch den Ausschluss neuer Planungen für Offshore-Windenergie innerhalb der Natura 2000-Gebiete Gefährdungen von Fledermäusen weiter vermindert. Gefährdungen einzelner Individuen durch Kollisionen lassen sich nicht völlig ausschließen.

### ***Klima***

Negative Auswirkungen auf das Klima durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks in den Vorranggebieten für Windenergie werden nicht erwartet. Vielmehr ergeben sich durch den Ausbau des regenerativen Energieträgers Windenergie und der hierdurch möglichen Substitution fossiler Energieträger erhebliche Vorteile für das Klima. Es kann ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der in der "Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See" definierten Ausbauziele für die Offshore-Windenergie geleistet werden.

### ***Landschaftsbild***

Die Landschaft in den Vorranggebieten für Windenergie ist bisher dadurch geprägt, dass in der näheren Umgebung über der Wassersäule bis auf die Forschungsplattform FINO 2 und den Messmast Arkona Becken keine Bauten herausragen. Durch die Realisierung von Offshore-Windparks werden Auswirkungen auf das Landschaftsbild eintreten, da es durch die Errichtung vertikaler Strukturen verändert wird. Die Anlagen müssen zudem nachts oder bei schlechter Sicht aus Sicherheitsgründen befeuert werden, auch dadurch kann es zu optischen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes kommen.

Das Maß der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Windenergieanlagen ist stark abhängig von den jeweiligen Sichtverhältnissen, aber auch von subjektiven Empfindungen sowie der grundsätzlichen Einstellung des Betrachters zur Offshore-Windenergie als Form der erneuerbaren Energien. Die für das gewohnte Landschaftsbild an der Küste atypischen vertikalen Strukturen können teilweise als störend, teils aber auch als technisch interessant empfunden werden. In jedem Fall bewirken sie eine Veränderung des Landschaftsbildes. Hierdurch wird auch der Charakter des Gebietes grundlegend modifiziert.

Aufgrund der Entfernung der Vorranggebiete von mehr als 30 km zur Küste werden die WEA, nur sehr eingeschränkt wahrnehmbar sein und dies auch nur bei guten Sichtverhältnissen. Dies gilt auch hinsichtlich der nächtlichen Sicherheitsbefeuerung.

Die mit Windenergieanlagen verbundene Beeinträchtigung der Landschaft bzw. ihre Wahrnehmbarkeit werden dadurch gemindert, dass im Raumordnungsplan die Nabenhöhe der WEA, die in Sichtweite der Inseln und der Küste errichtet werden, auf 125m über NN begrenzt wird. Darüber hinaus trägt die Ausschlusswirkung innerhalb der Natura 2000-Gebiete (ca. 58 % der Fläche der deutschen AWZ der Ostsee) Sorge dafür, dass weite Teile der AWZ frei von OWEA bleiben.

Im Ergebnis ist die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch die Festlegung der Vorranggebiete als gering einzustufen.

#### **Sachwerte, kulturelles Erbe**

Aufgrund der vorliegenden hydroakustischen Untersuchungen sowie nach Auswertung der Unterwasserhindernis-Datenbank liegen keine Erkenntnisse über Sachwerte oder kulturelles Erbe in den Vorranggebieten vor.

Sollten in Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Offshore-Windparks bei der vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsstudie und Baugrunderkundung kulturell bedeutsame Funde oder Sachwerte festgestellt werden, so sind geeignete Maßnahmen zu deren Erhaltung anzustreben. Hierfür wurde eine entsprechende textliche Festlegung getroffen.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und den Darstellungen in Kapitel 9.3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Windenergie im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Zugvögel zu erwarten sind, sondern vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **9.4.6 Fischerei und Marikultur**

Gebietsfestlegungen werden für die Fischerei und die Marikultur nicht getroffen. Daher kann es hier zu keinerlei Veränderungen der Umweltauswirkungen gegenüber der Nullalternative kommen.

Aussagen trifft der Raumordnungsplan jedoch hinsichtlich der anzustrebenden Reduzierung der Belastung der Meeresumwelt durch die Fischerei unter Berücksichtigung der besten Umweltpraxis ('best environmental practice') gemäß Helsinki- und OSPAR-Übereinkommen sowie des jeweiligen Standes der Technik. Darüber hinaus sollen zur dauerhaften Sicherung der fischereilichen Nutzung die Fischbestände unter Berücksichtigung des von der EU-Kommission entwickelten Konzeptes des höchstmöglichen Dauerertrags möglichst nachhaltig bewirtschaftet werden. Hierdurch werden negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Darüber hinaus sind zur Minimierung von Stoffeinträgen in die Meeresumwelt lediglich Marikulturen zulässig, deren Organismen im Regelfall keiner Stoffzuführung bedürfen. Darüber hinaus sollen Anlagen für die Marikultur bevorzugt in Kombination mit bereits vorhandenen Installationen erfolgen. Zudem sollen die Belange von Kulturgütern berücksichtigt werden. Hierdurch werden ebenfalls negative Auswirkungen auf die Schutzgüter vermieden.

Auf der Grundlage der obigen Aussagen und der Darstellungen in Kapitel 9.3 ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegungen für die Fischerei und Marikultur im Raumordnungsplan keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

#### **9.4.7 Meeresumwelt**

Im Raumordnungsplan werden im Kapitel 3.7 Festlegungen zur Meeresumwelt getroffen, die ebenfalls Auswirkungen auf die Schutzgüter und die Meeresumwelt insgesamt haben werden.

Die textlichen Grundsätze zur Meeresumwelt zielen zum einen auf den Schutz und die Entwicklung der Meeresnatur sowie zum anderen auf die Sicherung der Meereslandschaft bzw. den Erhalt der großflächigen Freiraumstruktur. So soll die AWZ als Naturraum in ihren jeweilig typischen, natürlichen Ausprägungen und mit ihren Austauschbeziehungen und Wechselwirkungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt dauerhaft gesichert und entwickelt werden. Die Naturgüter sollen dabei entsprechend der Leitvorstellung der Nachhaltigkeit sparsam und schonend in Anspruch genommen werden. Beeinträchtigungen des Naturhaushalts sollen unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips sowie des Ökosystemansatzes vermieden und vermindert werden. Auf dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen sollen die Funktionen des Naturhaushalts in ihrem ursprünglichen Zustand wiederhergestellt oder in einem den neuen Lebensverhältnissen angepassten Zustand eines neuen ökologischen Gleichgewichts in ihrer Leistungsfähigkeit gesichert werden.

Hinsichtlich der Meereslandschaft wird angestrebt, diese in ihrer natürlichen Eigenart zu sichern und ihre charakteristische großflächige Freiraumstruktur weitgehend zu erhalten. Die AWZ soll großflächig als ökologisch intakter Freiraum dauerhaft erhalten, entwickelt und in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Meeresböden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt (Biodiversität) und das Klima gesichert werden. Zudem soll der Freiraum von Nutzungen, insbesondere von baulichen Anlagen, die vergleichbar auch an Land möglich wären, freigehalten werden. Dieses umfasst nicht die Nutzungen, die grundsätzlich auch an Land möglich sind, aber auf dem Meer besondere Standortvoraussetzungen finden.

Diese Grundsätze verfolgen einen integrativen Ansatz zum Schutz und zur Entwicklung der Meeresumwelt sowie zur Minimierung möglicher negativer Beeinträchtigungen durch bestimmte Nutzungen. Sie berücksichtigen sowohl den Nachhaltigkeitsgedanken als auch den ökosystemaren Ansatz mit seiner ganzheitlichen Betrachtungsweise sowie mögliche kumulative Auswirkungen, Wechselwirkungen und Austauschbeziehungen.

Vor diesem Hintergrund ist für die Gesamtheit der Schutzgüter mit positiven Auswirkungen auf die Meeresumwelt aufgrund der Festlegungen des Raumordnungsplans zur Meeresumwelt zu rechnen.

#### **9.4.8 Wechselwirkungen der Nutzungen auf die Meeresumwelt und die biologische Vielfalt**

Der Raumordnungsplan entfaltet Steuerungswirkung mit möglichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt und biologische Vielfalt insbesondere für die Windenergienutzung sowie für die Verlegung und den Betrieb von Seekabeln zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie. Folgende Effekte sind im Wesentlichen durch die Errichtung und den Betrieb von Offshore Windenergieanlagen und der stromabführenden Seekabel zu erwarten:

- Sedimentumlagerung und Trübungsfahnen während der Bauphase eines Windparks bzw. der Verlegung eines stromabführenden Kabels werden kurzzeitig die Nahrungsbedingungen beeinflussen.
- Geräuschemissionen, wobei die stärksten Lärmemissionen wahrscheinlich durch das Rammen der Fundamente hervorgerufen werden. Diese können wahrscheinlich zu zeitweiligen Fluchtreaktionen und einer temporären Meidung des Gebietes durch einige Fischarten, viele Seevogelarten sowie Meeressäuger führen.

- Mit der Errichtung von Fundamenten kommt es zu einem Entzug von Besiedlungsfläche für die Benthoszönose, welche auch Veränderungen des Nahrungsangebots zur Folge haben kann.
- Einbringung von künstlichem Hartsubstrat durch Fundamente, Mast und Umspannstation führt lokal zu einer Veränderung der Bodenbeschaffenheit und der Sedimentverhältnisse. Durch Änderung der Artenzusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaft kann die Nahrungsgrundlage am Standort beeinflusst werden.
- Nutzungs- und Befahrensverbot bzw. Wegfall der Fischerei im Bereich der Offshore-Windenergieparks kann zu einer Erhöhung des Bestandes sowohl bei fischereilichen Zielarten als auch bei den nicht genutzten Fischarten führen.

Mit Durchführung des Raumordnungsplans für die AWZ der Ostsee besteht die Möglichkeit, Aktivitäten umweltverträglich zu gestalten. Es ist durch die quellenbezogenen Festlegungen zum Schutz der Meeresumwelt bei den o.g. Nutzungen sowie durch räumliche und zeitliche Planung und Koordinierung der Aktivitäten davon auszugehen, dass sich bei Durchführung des Raumordnungsplans der Zustand der belebten Meeresumwelt eher positiv entwickelt und die biologische Vielfalt erhalten bleibt. Die Festlegung von Vorranggebieten außerhalb von Gebieten mit herausragender Bedeutung für zu schützende und gefährdete Arten dient dem Schutz der Arten. Durch den Ausschluss neuer Planungen für Offshore-Windenergie innerhalb der Natura 2000-Gebiete sollen etwaige Gefährdungen von besonders gefährdeten und zu schützenden Arten vermieden werden. So werden wertvolle Habitate für Benthos mit hohem Vorkommen von Arten der Roten Liste von Planungen ausgeschlossen. Wichtige Rast-, Nahrungs-, Mauser- und Überwinterungshabitate von Seevögeln werden ebenfalls ausgeschlossen. Das gleiche gilt auch für wichtige Nahrungs- und Aufzuchtshabitate mariner Säugetiere. Durch den Ausschluss ökologisch wichtiger Habitate aus Planungen soll die biologische Vielfalt erhalten bleiben und geschützt werden.

Durch den Betrieb von OWEA und den damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei der Stromerzeugung ist langfristig mit positiven Auswirkungen auf den globalen Klimaschutz und den Erhalt der biologischen Vielfalt zu rechnen.

Positive Aspekte für die belebte Meeresumwelt insgesamt könnten durch eine ganzheitliche Betrachtung im Raumordnungsplan unter Berücksichtigung etwaiger Wechselwirkungen aller bereits bestehenden und geplanten Nutzungen für die deutsche AWZ der Ostsee entstehen: Bei bestehenden und vor allem bei zukünftigen Planungen lassen sich Wechselwirkungen unter den Nutzungen sowie kumulative Wirkungen auf biologische Schutzgüter besser einschätzen und ggf. prognostizieren.

Auf der Grundlage der obigen Beschreibungen und Bewertungen ist für die SUP abschließend festzuhalten, dass durch die Festlegung hinsichtlich der Schifffahrt, der Rohstoffgewinnung, der Rohrleitungen und Seekabel, der Offshore-Windenergie, der Fischerei und Marikultur sowie der wissenschaftlichen Meeresforschung im Raumordnungsplan für die deutsche AWZ der Ostsee keine erheblichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt und insbesondere auf die biologische Vielfalt zu erwarten sind, sondern im Vergleich mit der Nichtdurchführung des Plans vielmehr nachteilige Auswirkungen vermieden werden.

### **9.5 Verträglichkeitsprüfung bzgl. der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. bzgl. Europäischer Vogelschutzgebiete**

Nach § 7 Abs.7 (vgl. § 7 Abs. 6 ROG) ist zu prüfen, ob die Erhaltungsziele oder die Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. der Europäischen Vogelschutzgebiete durch die Festlegungen des Raumordnungsplans erheblich beeinträchtigt werden

können. Die entsprechende Verträglichkeitsprüfung richtet sich nach § 38 i.V.m. § 34 BNatSchG.

In der deutschen AWZ der Ostsee befinden sich das durch Verordnung vom 15.09.2005 festgesetzte Naturschutzgebiet "Pommersche Bucht" (EU-Vogelschutzgebiet) sowie die fünf FFH-Gebiete "Fehmarnbelt", "Kadetrinne", "Westliche Rönnebank", "Adlergrund" sowie "Pommersche Bucht mit Oderbank". Diese FFH-Gebiete sind 2007 von der EU Kommission in die Gemeinschaftsliste aufgenommen worden. Weitere FFH- bzw. Vogelschutzgebiete sind von Deutschland nicht gemeldet worden.

Maßstab für eine Verträglichkeitsprüfung sind die Erhaltungsziele der jeweiligen Schutzgebiete.

### 9.5.1 Rohrleitungen und Seekabel

#### **Rohrleitungen**

Zum jetzigen Zeitpunkt befinden sich in der deutschen AWZ der Ostsee keine Rohrleitungen, jedoch befinden sich drei Projekte unterschiedlich weit im Genehmigungsverfahren. Die geplante Rohrleitung BalticPipe führt mit einer der zu prüfenden Trassenvarianten durch die deutsche AWZ der Ostsee. Für eine dieser Gas-Rohrleitungen (BGI) wird im Rahmen der Raumordnung die derzeit geplante Leitungstrasse als Vorbehaltsgebiet gesichert. Diese hat eine Ausdehnung von 8 km<sup>2</sup>. Mögliche erhebliche Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele oder der Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. der Europäischen Vogelschutzgebiete können ausgeschlossen werden. Die Prüfung wurde anhand der entsprechenden Erhaltungsziele bzw. Schutzzwecke durchgeführt.

Festlegungsfläche für das Projekt BGI:

- Das geplante Projekt verläuft in ca. 6 km Entfernung zum FFH-Gebiet "Kadetrinne" (ca. 6 km).
- Riffe und Sandbänke / Marine Säuger: Durch Verlegung und Betrieb der BGI-Pipeline sind auf Grund der Entfernung von ca. 6 km keine Fernwirkungen auf das FFH-Gebiet "Kadetrinne" bezüglich des Lebensraumtyps „Riff“ zu erwarten. Erhebliche Beeinträchtigungen von Meeressäugern können ausgeschlossen werden. Die Verlegearbeiten, die zu Lärmemissionen führen, werden an nur wenigen Tagen und kleinräumig durchgeführt. Von möglichen erheblichen Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele und der Schutzzwecke dieses FFH-Gebietes ist folglich nicht auszugehen.

#### **Seekabel**

In der Ostsee wird ein Zielkorridor festgelegt, durch den die stromabführenden Kabel der Offshore-Windenergieparks im Vorranggebiet "Westlich Adlergrund" zu führen sind. Dieser Zielkorridor befindet sich in ca. 1 km Abstand zu dem FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank", deswegen sind Auswirkungen auf den Lebensraumtyp "Riff" ausgeschlossen.

Hinsichtlich des Schutzgutes marine Säuger gilt, dass mögliche Auswirkungen von Kabeln in der Regel auf die Verlegephase beschränkt und somit zeitlich und räumlich begrenzt sind. Fernwirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele des FFH-Gebietes „Westliche Rönnebank“ können daher ausgeschlossen werden.

### 9.5.2 Offshore-Windenergie

Im Raumordnungsplan werden zwei Vorranggebiete für Windenergie festgelegt: „Kriegers Flak“ und "Westlich Adlergrund". Mögliche erhebliche Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele oder der Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. der Europäischen Vogelschutzgebiete können ausgeschlossen werden. Die Prüfung im Rahmen des Verfahrens zur Festlegung als besondere Eignungsgebiete wurde anhand der entsprechenden Erhaltungsziele bzw. Schutzzwecke durchgeführt.

#### **Vorranggebiet „Kriegers Flak“**

- Das besondere Eignungsgebiet nach § 3a SeeAnIV "Kriegers Flak", das im Dezember 2005 vom BSH festgelegt wurde, wurde als Vorranggebiet Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen. Dieses Vorranggebiet befindet sich in ca. 52 km Entfernung zum FFH-Gebiet "Westliche Rönnebank".
- Die Verträglichkeitsprüfung kommt zu dem Ergebnis, dass die Errichtung von Windenergieanlagen in diesem Gebiet unter Berücksichtigung auswirkungsminimierender und schadensbegrenzender Maßnahmen keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" haben wird.

#### **Vorranggebiet „Westlich Adlergrund“**

- Das besondere Eignungsgebiet nach § 3a SeeAnIV "Westlich Adlergrund", das im Dezember 2005 vom BSH festgelegt wurde, wurde als Vorranggebiet Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen. Dieses Vorranggebiet befindet sich in ca. 100 m Entfernung zum FFH-Gebiet "Adlergrund" sowie dem Europäischen Vogelschutzgebiet "Pommersche Bucht". Zudem sind die FFH-Gebiete "Westliche Rönnebank" sowie "Pommersche Bucht mit Oderbank" 2,3 km bzw. 27 km vom Vorranggebiet entfernt. Im Rahmen des Festlegungsverfahrens wurde eine Verträglichkeitsprüfung nach § 34 BNatSchG anhand der oben genannten vorläufigen Erhaltungsziele des FFH-Gebietes "Westliche Rönnebank" durchgeführt: Diese Verträglichkeitsprüfung gilt analog für die weiteren FFH-Gebiete
- Die Verträglichkeitsprüfung kommt zu dem Ergebnis, dass die Errichtung von Windenergieanlagen in diesem Gebiet unter Berücksichtigung auswirkungsminimierender und schadensbegrenzender Maßnahmen keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele der FFH-Gebiete "Adlergrund", "Westliche Rönnebank" und "Pommersche Bucht mit Oderbank" sowie das EU-Vogelschutzgebiet "Pommersche Bucht" haben wird.

### **9.6 Maßnahmen, um erhebliche negative Auswirkungen durch die Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt zu verhindern, zu verringern und soweit wie möglich auszugleichen**

Grundsätzlich gilt, dass durch die Raumordnung von einer Verbesserung der Berücksichtigung der Belange der Meeresumwelt auszugehen ist. Durch die getroffenen raumordnerischen Festlegungen sind positive Auswirkungen auf die Entwicklung des Umweltzustandes zu erwarten. Dieses liegt insbesondere an der Tatsache, dass sich die untersuchten Nutzungen auch ohne Raumordnungsplan in einem mindestens gleichen Umfang entwickeln würden. In diesem Fall würde dieses jedoch ohne die Steuerungs- und Minimierungswirkung der Raumordnung geschehen, bei deren Entwicklung die Belange der Meeresumwelt einen wichtigen Abwägungsbestandteil darstellten. Darüber hinaus unterliefen die raumordnerischen Festlegungen einem kontinuierlichen Optimierungsprozess, da die fortlaufend gewonnenen Erkenntnisse aus der parallel zur Aufstellung des Raumordnungsplanes durchgeführten SUP berücksichtigt wurden (vgl. Kap. 5 des Raumordnungsplans).

Konkret sind im Raumordnungsplan räumliche und textliche Festlegungen getroffen worden, die entsprechend der in Kapitel 1.3 des Umweltberichts dargelegten Umweltschutzziele dazu dienen, erhebliche negative Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt zu vermeiden und zu vermindern. Wegen der Vorgaben des Raumordnungs-

plans sind daher keine erheblichen negativen sondern vielmehr positive Auswirkungen auf die Meeresumwelt durch die Durchführung des Raumordnungsplans zu erwarten.

Zur Vermeidung und Verminderung von erheblichen negativen Auswirkungen auf die Meeresumwelt ist bei der Auswahl der Festlegungen insbesondere Folgendes berücksichtigt worden:

- Ergebnisse der SUP in Bezug auf die Bedeutung einzelner Teilbereiche für biologische Schutzgüter bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die einzelnen Nutzungen, insbesondere bei der Offshore-Windenergie, inkl. Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den biologischen Schutzgütern bei der Wahl des Standortes für die jeweilige Nutzung
- Auf Projektebene gewonnene Erkenntnisse, insbesondere Ergebnisse projekt- und standortbezogener Umweltverträglichkeitsstudien (Basisaufnahme) sowie Ergebnisse aus Verträglichkeitsprüfungen bezüglich der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. bezüglich Europäischer Vogelschutzgebiete
- Kumulative Wirkungen einer Nutzung in verschiedenen Teilbereichen, schutzgutbezogen regional und / oder überregional.

Zudem werden im Raumordnungsplan zum einen quellenbezogene Festlegungen getroffen, die bei den einzelnen Nutzungen deren möglichst umweltverträgliche Ausgestaltung sicherstellen sollen. Zum anderen werden neben den dargestellten quellenbezogenen Festlegungen weitere Grundsätze zu Schutz und Pflege von Meeresumwelt und –landschaft getroffen, welche ebenfalls auswirkungsminimierende Wirkung entfalten. Weitergehende Regelungen werden zudem für die Nutzung Offshore-Windenergie getroffen.

Allgemein gilt, dass Festlegungen des Raumordnungsplans von der jeweils zuständigen Genehmigungsbehörde auf der Projektebene für Planungs-, Bau- und Betriebsphase zu konkretisieren sind.

Insbesondere im Hinblick auf eine möglichst umweltverträgliche Ausgestaltung möglicher Fortschreibungen des Raumordnungsplans werden folgende Maßnahmen angestrebt:

- Untersuchung und Darlegung der Auswirkungen der Nutzung auf die Meeresumwelt im Rahmen eines Monitorings (Kap. 8)
- Bewertung der Monitoring-Ergebnisse bezüglich kumulativer Wirkungen einer Nutzung in verschiedenen Teilbereichen
- Bewertung der Monitoring-Ergebnisse bezüglich kumulativer oder Wechselwirkungen verschiedener Nutzungen
- Berücksichtigung der Ergebnisse des Monitorings und ggf. Anpassung der Nutzungsstrategie.

## **9.7 Alternativenprüfung und Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung**

### **9.7.1 Alternativenprüfung**

#### **Schifffahrt**

Um die in Art. 58 Abs. 1 SRÜ verankerte Freiheit der Schifffahrt und die im Sinne des Art. 60 Abs. 7 SRÜ anerkannten und für die internationale Schifffahrt wichtigen Schifffahrtswege auch raumordnerisch zum Ausdruck zu bringen, wird ein Grundnetz von Routen für die Schifffahrt gesichert, vor allem um Abwehransprüche gegenüber Nutzungen zu begründen, die mit der Schifffahrt unverträglich sind. Eine Nullvariante, d.h. ein Verzicht auf Gebietsfestlegungen für die Schifffahrt, stellt daher keine Alternative dar. Diese Nullvariante würde zudem zu keinen

Veränderungen hinsichtlich der Umweltauswirkungen führen, da sich am Schiffsverkehr nichts ändern würde.

### ***Rohstoffgewinnung***

In der Ostsee wurden keine Gebietsfestlegungen für die Rohstoffgewinnung getroffen. Zur Zeit findet hier keine Gewinnung von Sand oder Kies statt, da die Rahmenbetriebspläne abgelau- fen sind. Im Bewilligungsfeld „Adlergrund Nordost“ sind 2008 zwei Abbauflächen beantragt worden, für die ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren zur Wiederaufnahme der Ge- winnung durchgeführt wird. Neben der bestehenden fachplanerischen Sicherung der Bewilli- gungsfelder ist es nicht erforderlich, diese zusätzlich planerisch durch eine Gebietsfestlegung zu sichern.

### ***Rohrleitungen***

Das Legen und die Unterhaltung von Rohrleitungen genießen die nach Art. 58 SRÜ gewährte Freiheit, wobei gemäß Art. 79 Abs. 5 SRÜ auf bereits vorhandene Rohrleitungen gebührend Rücksicht zu nehmen ist. Insbesondere dürfen die Möglichkeiten der Reparatur vorhandener Rohrleitungen nicht beeinträchtigt werden. Um diesen Umständen gerecht zu werden, ist es nötig, Gebietsfestlegungen zum Schutz vorhandener und geplanter Rohrleitungen zu treffen, u.a. um Abwehransprüche gegenüber unverträglichen Nutzungen zu begründen. Eine Nullva- riante kommt hier nicht in Betracht. Diese würde jedoch auch zu keinen Veränderungen hin- sichtlich der Umweltauswirkungen im Vergleich mit den getroffenen Festlegungen führen.

Die Festlegungen in der Ostsee orientieren sich an dem Verlauf der im Genehmigungsverfah- ren befindlichen Rohrleitungen. Folglich gibt es keine räumlichen Alternativen zu den gewähl- ten Gebietsfestlegungen.

### ***Seekabel zur Ableitung der in der AWZ erzeugten Energie***

Durch den geplanten Ausbau der Offshore-Windenergie in der AWZ ergibt sich eine entspre- chende Anzahl geplanter Kabel zur Ableitung in der AWZ erzeugter Energie. Zur benötigten Anbindung an das landseitige Stromnetz ist es erforderlich, die Trassierung der Kabel zu ge- eigneten Übergabepunkten an der Grenze zum Küstenmeer sicherzustellen. Vor diesem Hin- tergrund ist die Festlegung eines Zielkorridors, durch welche die Kabel zur Ableitung der in der AWZ gewonnenen Energie zu führen sind, notwendig. Eine Nullvariante kommt nicht in Be- tracht. Diese würde aufgrund des Entfallens der Bündelungswirkung des Zielkorridors durch den erhöhten Flächenverbrauch zudem vermehrt negative Umweltauswirkungen nach sich ziehen.

Die räumliche Lage des Zielkorridors in der Ostsee ergibt sich aus den raumordnerischen Festlegungen bzw. sonstigen landesplanerischen Erwägungen des Landes Mecklenburg- Vorpommern (welche sich wiederum an der Trassenführung zu geeigneten Stromeinspeise- punkten des Hoch-/Höchstspannungsnetzes orientieren), an welche sich die Planungen in der AWZ anschließen. Unter diesen gegebenen Voraussetzungen gibt es keine räumlichen Alter- nativen zu dem gewählten Zielkorridor.

### ***Wissenschaftliche Meeresforschung***

In der AWZ gibt es großräumige Untersuchungsgebiete, in denen Langzeitforschungsreihen insbesondere zur Untersuchung von Fischbeständen durchgeführt werden. Um diese For- schungsreihen nicht zu entwerten, ist die Festlegung von Vorbehaltsgebieten notwendig. Die Nullvariante ist auszuschließen, da sie die Fortsetzung der Untersuchungsreihen gefährden könnte.

Da die Festlegungen den Bestand übernehmen, gibt es keine räumlichen Alternativen.

### ***Offshore-Windenergie***



Im Rahmen der Strategie zur Windenergienutzung auf See der Bundesregierung wurden zum 31.12.2005 in der Ostsee nach §3a SeeAnIV die besonderen Eignungsgebiete für Windenergie "Adlergrund" und "Kriegers Flak" festgelegt. Nach Einbeziehung weiterer Belange neben der Schifffahrt und der Meeresumwelt und abschließender Abwägung konnte auch auf Ebene der Raumordnung eine besondere Eignung dieser Flächen für die Nutzung für die Windenergieerzeugung festgestellt werden, so dass die Gebiete als Vorranggebiete für Windenergie in den Raumordnungsplan übernommen wurden. Da es zudem aufgrund dieser Eignungsgebietsfestlegung nach SeeAnIV zu einer Konzentration von Windparkplanungen in diesen Gebieten gekommen ist, von denen eine Reihe bereits genehmigt ist, stellt die Nullvariante keine Alternative dar.

### ***Fischerei und Marikultur***

Gebietsfestlegungen für die Fischerei sind zum einen wegen der Regelungskompetenz der EU für die Fischereipolitik sowie auf der anderen Seite wegen räumlich nicht abgrenzbarer Fanggebiete nicht möglich. Insofern wurden für die Fischerei keine Gebietsfestlegungen in Betracht gezogen.

Für die Marikultur sind Gebietsfestlegungen denkbar. Da es aber für das Gebiet der AWZ weder belastbare Erfahrungen noch sich abzeichnende Entwicklungstrends im Bereich der Marikultur gibt, wurde von räumlichen Festlegungen abgesehen.

### ***Meeresumwelt***

Für den Schutz und die Entwicklung der Meeresumwelt werden keine eigenständigen Gebietsfestlegungen getroffen. Dieses hat verschiedene Gründe. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Raumordnung nicht an Stelle der Fachbehörden naturschutzfachliche Festlegungen treffen darf. So kommt den fachrechtlich bestimmten Natura 2000-Gebieten bereits Schutzstatus zu. Eine zusätzliche raumordnerische Gebietsfestlegung würde demgegenüber kein weiteres Steuerungspotenzial beinhalten, so dass von einer Festlegung von Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten abgesehen wird.

Bei der in Betracht gezogenen Festlegung von Gebieten mit besonderer Bedeutung für benthische Lebensgemeinschaften stellte sich zudem die Schwierigkeit der eindeutigen räumlichen Abgrenzbarkeit der Gebiete. Daher wurde der Schutz von Bereichen mit Vorkommen schutzwürdiger Benthoslebensgemeinschaften quellenbezogen bei den einzelnen Nutzungen als textlicher Grundsatz verankert und von Gebietsfestlegungen abgesehen.

Auch bei möglichen Gebieten mit besonderer Bedeutung für den Vogelzug stellte sich das Problem der eindeutigen räumlichen Abgrenzbarkeit der Gebiete, so dass hierfür ebenfalls keine Gebietsfestlegungen getroffen werden konnten. Eine Berücksichtigung dieses Belanges wird jedoch zum einen durch die Ausschlusswirkung für Windenergieanlagen in den Natura 2000-Gebieten sowie zum anderen durch die Aufnahme eines textlichen Grundsatzes zur Minimierung von Barrierewirkungen bei der Errichtung von OWEA sichergestellt.

## **9.7.2 Beschreibung der Durchführung der Umweltprüfung einschließlich etwaiger Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der erforderlichen Informationen**

Im vorliegenden Umweltbericht wird zum einen der derzeitige Zustand der Umwelt beschrieben und bewertet sowie die voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Plans dargestellt. Zum anderen werden die durch die Festlegungen des Plans bedingten voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen prognostiziert und bewertet.

Grundlage für die Einschätzung möglicher Auswirkungen des Raumordnungsplanes ist eine ausführliche Beschreibung und Einschätzung des Umweltzustandes. Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich aus der Besonderheit des Planungsraums AWZ: Zum einen wird hier erstmals eine flächendeckende Planung betrieben, so dass es auch hinsichtlich der Schutzgüter gilt, erstma-

lig eine umfassende Bestandsaufnahme zu erstellen. Zum anderen erfordert die besondere Beschaffenheit des Planungsraums Meer eine umfassende Analyse des Ist-Zustandes.

Die Beschreibung und Bewertung des derzeitigen Zustandes der Umwelt sowie der voraussichtlichen Entwicklung bei Nichtdurchführung des Planes ist im Hinblick auf diverse Schutzgüter vorgenommen worden.

Die Beschreibung und Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt beziehen sich ebenfalls auf besagte Schutzgüter. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Raumordnung in der AWZ um eine einstufige Planung handelt, d.h., dass nachfolgend bereits die Projektebene folgt.

Es werden alle Planinhalte untersucht, die möglicherweise erhebliche Umweltauswirkungen entfalten können. Die Bewertung erfolgt verbal-argumentativ.

Hinsichtlich der Festlegungen bei denen die Möglichkeit der erheblichen Beeinträchtigung der Erhaltungsziele oder der Schutzzwecke der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung und der Europäischen Vogelschutzgebiete nicht völlig ausgeschlossen werden kann, wird eine entsprechende Prüfung gem. § 38 i.V.m. § 34 BNatSchG bzw. analog Art. 6 Abs. 3 FFH-Richtlinie für die FFH-Gebiete durchgeführt. Maßstab für diese Prüfungen sind die jeweiligen Schutzzwecke und Erhaltungsziele der durch Verordnung festgelegten Naturschutzgebiete (EU-Vogelschutzgebiete) bzw. FFH-Gebiete. Soweit vorhanden, werden die Ergebnisse von bereits durchgeführten Verträglichkeitsprüfungen im Rahmen von Planfeststellungs- bzw. Festlegungsverfahren einbezogen.

Entsprechend der Anforderungen der SUP-Richtlinie werden die Maßnahmen dargestellt, die geplant sind, um erhebliche negative Umweltauswirkungen auf Grund der Durchführung des Planes zu verhindern, zu verringern und soweit wie möglich auszugleichen. Hierfür wird die Gesamtheit der Festlegungen des Plans hinsichtlich ihres Minderungspotenzials untersucht.

Hinsichtlich der Untersuchung von Alternativen zu den Planinhalten werden deren Umweltauswirkungen in dem Maße untersucht, wie dieses für eine ggf. zu treffende Auswahlentscheidung auf Raumordnungsebene notwendig ist.

Für die Beschreibung der geplanten Maßnahmen zur Überwachung werden zum bestehende Monitoringmaßnahmen sowie nationale und internationale Überwachungsprogramme hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für die Raumordnung untersucht.

### **Informationslücken und Fehlen von Bewertungskriterien**

#### ***Boden***

Die Beschreibung und Bewertung der Umweltwirkungen im Hinblick auf das Schutzgut Boden beruhen vor allem auf der Auswertung punktueller Datenerhebungen. Insbesondere fehlt in Bezug auf die Verbreitung von Grobsand-Feinkies-Flächen und Restsedimenten in Form von Kiesen, Steinen und Blöcken sowie potenzieller Vorkommen des Lebensraumtyps „Submarine Strukturen durch austretendes Gas“ eine flächendeckende Sedimentbeschreibung. Für die natürliche Sedimentdynamik können keine belastbaren Aussagen quantitativer Art über den räumlichen und zeitlichen Umgriff von Sandbewegungen getroffen werden. In diesem Zusammenhang fehlen flächenhafte Informationen über die Verteilung und Mächtigkeit der mobilen bzw. umlagerungsfähigen Sande sowie geeignete operationelle Werkzeuge zur Modellierung des Sedimenttransports, die belastbare Modellergebnisse über das Umlagerungsgeschehen auf dem Meeresboden liefern.

#### ***Wasser***

Für dieses Schutzgut sind grundsätzlich ausreichende Kenntnisse vorhanden. In Bezug auf die möglichen Einflüsse eines massiven Ausbaus der Offshore-Windenergie auf Salzwassereinbrüche aus der Nordsee wird auf das Forschungsprojekt Quantas verwiesen.

### **Phyto- und Zooplankton**

Informationslücken zeigen sich in Bezug auf mögliche Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Phyto- und Zooplankton:

- Effekte der Fischerei und der Marikultur auf das Phyto- und Zooplankton in der AWZ sind weitgehend unbekannt.
- Wechselwirkungen zwischen den Auswirkungen verschiedener Nutzungen und abiotischen Faktoren auf das Plankton sind noch unzureichend beschrieben und in ihrer gesamten Vielfalt noch nicht erfasst.
- Kumulative Wirkungen von Eutrophierung, Fischerei, Schifffahrt und anderer Nutzungen auf das Plankton sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marine nNahrungsketten auf das Plankton können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Meeresumweltverschmutzung auf das Plankton und Anreicherung in den Nahrungsketten können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Veränderungen in Phyto- und Zooplankton lassen sich kausal weder natürlichen noch anthropogenen Einflüsse zuverlässig zuordnen.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons in der deutschen AWZ nicht zu:

- Effekte von langanhaltenden Aktivitäten mit Erzeugung von Trübungsfahnen (wie Kies- und Sandgewinnung) sind weitgehend unbekannt;
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf das Phyto- und Zooplankton in der AWZ lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes von Phyto- und Zooplankton als Basis der gesamten marinen Nahrungsketten, noch weitgehend fehlen.

### **Benthos**

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf Benthos sind noch Informationslücken vorhanden:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf das Benthos sind nur unzureichend bekannt.
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf das Benthos sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marinen Nahrungsketten auf das Benthos können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Effekte der Einbringung von Hartsubstrat auf die Entwicklung der Benthoslebensgemeinschaften sind noch weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Effekte durch Einschränkung der Fischerei auf Grund eines eventuellen Befahrungsverbots bestimmter Fischereifahrzeuge in Offshore-Windenergieparks sind weitgehend unbekannt.
- Bisherige Erkenntnisse aus dem Küstenmeer und aus unterschiedlichen Biotoptypen lassen sich nicht ohne weiteres auf die Situation in der AWZ übertragen.
- Voraussichtliche kumulative Effekte verschiedener Nutzungen auf das Benthos können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Benthos in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf das Benthos (insbesondere Offshore-Windenergie und Sand- und Kiesgewinnung) fehlen, Auswirkungen von Offshore-Windparks auf das Benthos können noch nicht zuverlässig prognostiziert werden.
- Habitaterweiterung für Benthos durch Einbringung von Hartsubstrat in Offshore-Windparks kann nicht zuverlässig prognostiziert werden, kumulative Wirkungen auf Grund von Nutzungen auf die Populationsentwicklung benthischer Arten sind weitgehend unerforscht, die Bestandsentwicklung der Roten-Liste-Arten kann nicht abgeschätzt werden.
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung, Sand- und Kiesgewinnung, Offshore-Windenergienutzung und weiterer Nutzungen auf See auf das Benthos lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands benthischer Lebensgemeinschaften noch weitgehend fehlen.

### **Fische**

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf die Fischbestände sind noch Informationslücken gegeben:

- Wechselwirkungen zwischen artspezifischer Entwicklung von Fischbeständen (als Beuteorganismen und Prädatoren zugleich) und Fischerei sind weitgehend unklar.
- Auswirkungen von Schadstoffen auf Fische, insbesondere auf kommerziell wichtige Arten, sind teilweise bekannt (Untersuchungen der Bundesforschungsanstalt für Fischerei).
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf Fische sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marine nNahrungsketten auf die Fischfauna können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Informationen über Reaktion der Fische auf Schall, insbesondere Schallimmissionen aus Offshore-Windenergieanlagen sind nur sehr eingeschränkt verfügbar.
- Voraussichtliche Effekte der Veränderung von Habitat und Nahrungsspektrum durch Einbringung von Hartsubstrat auf die Entwicklung der Fischfauna sind noch weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Effekte durch Einschränkung der Fischerei auf Grund eines eventuellen Befahrungsverbots bestimmter Fischereifahrzeuge in Offshore-Windenergieparks sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche kumulative Effekte verschiedener Nutzungen auf die Fischfauna können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung der Fischfauna in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf die Fischfauna (insbesondere Offshore-Windenergie und Sand- und Kiesgewinnung) fehlen, so dass die Auswirkungen von Offshore-Windparks auf Fische noch nicht zuverlässig prognostiziert werden können.
- Eine mögliche Habitat- und Nahrungserweiterung für Fische durch Einbringung von Hartsubstrat in Offshore-Windparks kann nicht zuverlässig prognostiziert werden, kumulative Wirkungen auf Grund von Nutzungen auf die Populationsentwicklung von Fischarten sind weitgehend unerforscht, die Bestandsentwicklung der Rote-Liste-Arten kann nicht abgeschätzt werden.

- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung, Sand- und Kiesgewinnung, Offshore-Windenergienutzung und weiterer Nutzungen auf See auf die Fischfauna lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands der Fischfauna noch weitgehend fehlen.

### **Marine Säugetiere**

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen mariner Säugetiere sind noch Informationslücken gegeben:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf marine Säugetiere sind nur unzureichend bekannt.
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf marine Säugetiere sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch die marinen Nahrungsketten auf marine Säugetiere können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Effekte verschiedener Nutzungen auf marine Säugetiere können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und verschiedener Auswirkungen durch Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung mariner Säugetiere in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf marine Säuger fehlen, so dass die Nutzung von Offshore-Windparks durch Schweinswale oder auch möglicherweise Habitatverlust für Schweinswale durch Vermeidung von Offshore-Windparks noch nicht zuverlässig prognostiziert werden können.
- Zudem sind mögliche Auswirkungen, wie Verletzungen und physiologische Schäden aufgrund von Nutzungen wie auch Verhaltensänderungen aufgrund von Betriebsgeräuschen oder anderer betriebsbedingter Wirkfaktoren in Offshore-Windparks und deren Umgebung weitgehend unerforscht.
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf marine Säugetiere lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht verlässlich abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands mariner Säugetiere noch weitgehend fehlen.

### **Seevögel**

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Seevögeln sind noch Informationslücken gegeben:

- Auswirkungen von Schadstoffen auf Seevögel sind nur unzureichend bekannt.
- Chronische Effekte und kumulative Wirkungen verschiedener Schadstoffe auf Seevögel sind weitgehend unbekannt.
- Voraussichtliche Folgeeffekte der Fischerei durch Veränderungen der marinen Nahrungsketten auf Seevögel können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung von Seevögeln in der deutschen AWZ nur bedingt zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Seevögel (z. B. Offshore-Windenergie, Sand- und Kiesgewinnung) fehlen.

- Die artspezifische Nutzung von Offshore-Windparks durch Seevögel kann noch nicht zuverlässig prognostiziert werden.
- Ein artspezifischer Habitatverlust für Seevögel durch Vermeidung von Offshore-Windparks kann noch nicht zuverlässig prognostiziert werden.
- Mögliche Auswirkungen, wie Verletzungen und physiologische Schäden, auf Grund von Nutzungen sind weitgehend unerforscht.
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Seevögel mit Offshore- Windenergieanlagen ist nur teilweise prognostizierbar.
- Verhaltensänderungen auf Grund des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen bei Seevögeln sind weitgehend unbekannt.
- Auswirkungen durch Störungen oder Habitatverluste bei Seevögeln im Offshore-Bereich auf Populationsebene der Arten sind weitgehend unbekannt.
- Gewöhnungseffekte störendempfindlicher Arten an Nutzungen im Offshore-Bereich sind noch nicht untersucht.
- Ein artspezifischer Habitatverlust für Seevögel durch Vermeidung von Schifffahrtswegen bleibt unsicher.
- Voraussichtliche Effekte durch Habitatverlust in Nutzungsgebieten und Verlagerung der Bestände von Seevögeln in benachbarten Gebieten können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Voraussichtliche Folgeeffekte im Fall von Bestandsverlagerungen (Überlebenschance, Reproduktionserfolg) können nicht zuverlässig abgeschätzt werden.
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und weiterer Nutzungen auf See auf Seevögel lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes von Seevögeln noch weitgehend fehlen.

### **Zugvögel**

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf Zugvögel sind noch Informationslücken gegeben:

- Ausreichende Erkenntnisse über die Auswirkungen der Nutzungen, insbesondere Offshore-Windenergie, auf Zugvögel fehlen gegenwärtig noch.
- Bisherige Erkenntnisse über Auswirkungen aus Windenergieanlagen im Küstenmeer und auf dem Land sind auf Grund der unterschiedlichen Bedingungen nur sehr eingeschränkt übertragbar.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Zuges in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Zugvögel (z. B. Schifffahrt, Förderplattformen, Offshore-Windenergieanlagen) fehlen.
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Zugvögel mit Offshore-Windenergieanlagen ist weitgehend unbekannt.
- Mögliche Barrierewirkungen durch Offshore-Windenergieanlagen auf artspezifische Zugrouten über das Meer sind weitgehend unerforscht.
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Meeresumweltverschmutzung und Nutzungen auf See auf Zugvögel lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Vogelzugs über die Ostsee noch weitgehend fehlen.

### **Fledermäuse**

Informationslücken zeichnen sich in Bezug auf möglicher Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf das Vorkommen von Fledermäusen ab:

- Grundsätzliche Erkenntnisse über die Auswirkungen der Nutzungen auf Fledermäuse fehlen gegenwärtig.

Informationslücken bezüglich natürlicher Variabilität und Auswirkungen durch verschiedene Nutzungen lassen eine sichere Prognose der Entwicklung des Vorkommens von Fledermäusen in der deutschen AWZ nicht zu:

- Qualitätsgesicherte Daten über nutzungsspezifische Auswirkungen auf Fledermäuse (z. B. Schifffahrt, Förderplattformen, Offshore-Windenergieanlagen) fehlen.
- Die artspezifische Kollisionsgefahr für Fledermäuse mit Offshore-Windenergieanlagen ist weitgehend unbekannt.
- Kumulative und/oder Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Meeresumweltschmutzung und Nutzungen auf See auf Fledermäuse lassen sich anhand des aktuellen Kenntnisstands nicht abschätzen.

Die Auflistung der Kenntnislücken verdeutlicht, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung von Wander- und Zugbewegungen von Fledermäusen über die Ostsee noch weitgehend fehlen.

### **Fehlen von Bewertungskriterien**

Aus den vorhandenen Informationslücken ist vor allem ersichtlich, dass Kriterien sowohl hinsichtlich der Bewertung des Zustandes biologischer Schutzgüter als auch der Bewertung von Auswirkungen anthropogener Aktivitäten auf die Entwicklung der belebten Meeresumwelt noch weitgehend fehlen.

Das Fehlen von Kriterien zur Bewertung des Zustands und der natürlichen Trendentwicklung biologischer Schutzgüter im Meeresbereich hat schutzgutspezifisch vielfältige Gründe:

- Fehlen von historischen Daten und Langzeit-Datenreihen
- Fehlen gemeinsamer Auswertung aller vorhandenen schutzgutbezogenen Daten
- Fehlen von Trendanalysen
- Fehlen von Verschneidungen von Informationen aus Meeresphysik, Meereschemie, Meeresgeologie, Meeresbiologie und Seemeteorologie
- Fehlen von geeigneten Methoden zur Entwicklung von Bewertungskriterien des Zustands der belebten Umwelt im Meeresbereich.

Insgesamt erschweren mehrere Faktoren die Aufstellung von Kriterien zur Bewertung von Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf biologische Schutzgüter:

- Fehlen von Kriterien zur Bewertung des natürlichen Zustands biologischer Schutzgüter im Meer
- Fehlen von Daten über Auswirkungen einzelner Nutzungen (insbesondere bei neue Nutzungen) auf die Entwicklung biologischer Schutzgüter
- Fehlen von Langzeitdaten über Auswirkungen, um Rückschlüsse über permanente Verhaltensänderungen oder Beeinträchtigungen von Populationen ziehen zu können
- Fehlen von geeigneten Methoden zur Entwicklung von Bewertungskriterien der Auswirkungen von Nutzungen auf biologische Schutzgüter.

### **Zusammenfassung**

Die dargestellten Kenntnislücken verdeutlichen, dass geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustands der einzelnen Schutzgüter noch in der Entwicklung sind. Auf-

grund der Zunahme der Nutzungen einerseits und schnell voranschreitender Veränderungen des marinen Ökosystems andererseits, wären gezielte Maßnahmen zur Erfassung und Überwachung des Zustandes der Schutzgüter als Grundlage für eine angemessene marine Raumordnung sowie eines wirksamen Schutzes der marinen Umwelt wünschenswert. Für Prognosen im Rahmen von künftigen etwaigen Forschreibungen wären somit insbesondere folgende Punkte hilfreich:

- Gemeinsame Auswertung aller vorhandenen Datensätze aus allen Forschungs- und Überwachungsprogrammen sowie aus Umweltverträglichkeitsprüfungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren für verschiedene Nutzungen
- Gemeinsame Auswertung und Verschneidung biologischer Daten mit physikalischen und chemischen Daten
- Auswertung des Effekt-Monitoring, um mögliche Auswirkungen von Nutzungen wie Offshore-Windenergienutzung, auf die Schutzgüter erfassen zu können.

### **9.8 Geplante Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Umwelt**

Die erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Umwelt sind gemäß § 7 Abs. 10 ROG 1998 (vgl. § 9 Abs. 4 ROG) zu überwachen. Damit sollen frühzeitig unvorhergesehene negative Auswirkungen ermittelt und geeignete Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können (vgl. Art. 10 SUP-Richtlinie bzw. § 14m UVPG).

Dementsprechend sind gemäß § 7 Abs. 8 ROG 1998 (vgl. § 9 Abs. 4 ROG) im Umweltbericht die vorgesehenen Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Plans auf die Umwelt zu benennen. Die Überwachung obliegt dem BSH, da dieses die für die Strategische Umweltprüfung zuständige Behörde ist (siehe § 14 m Abs. 2 UVPG). Dabei kann, wie es Art. 10 Abs. 2 der SUP-Richtlinie bzw. § 14 m Abs. 5 UVPG intendieren, auf bestehende Überwachungsmechanismen zurückgegriffen werden, um Doppelarbeit bei der Überwachung zu vermeiden. Die Ergebnisse des Monitorings sind gemäß § 14 m Abs. 4 UVPG bei einer erneuten Aufstellung oder einer Änderung des Plans zu berücksichtigen.

Bei der Erörterung und Benennung der vorgesehenen Überwachungsmaßnahmen ist zu beachten, dass die eigentliche Überwachung der erheblichen Auswirkungen auf die Meeresumwelt erst in dem Moment einsetzen kann, in dem der Raumordnungsplan durchgeführt, also die im Raumordnungsplan geregelten Nutzungen realisiert werden. Dennoch darf bei der Auswertung der Überwachungsmaßnahmen die natürlich Entwicklung der Meeresumwelt einschließlich der Einflüsse des Klimawandels nicht außer Betracht bleiben. Es gilt jedoch, dass im Rahmen des planbezogenen Monitorings keine allgemeine Forschung betrieben werden kann.

Daher kommt dem Monitoring der Auswirkungen der einzelnen im Raumordnungsplan geregelten Nutzungen eine besondere Bedeutung zu. So ist im Raumordnungsplan zur Gewährleistung einer möglichst umweltfreundlichen Ausübung der Nutzungen Rohstoffgewinnung und Windenergie festgelegt worden, dass die Auswirkungen auf die Meeresumwelt im Rahmen eines vorhabensbezogenen Monitorings untersucht und dargelegt werden sollen.

Wesentliche Aufgabe des planbegleitenden Monitorings ist es, diese Ergebnisse aus den verschiedenen Monitoringprogrammen, die auf Projektebene durchgeführt werden (sog. Effektmonitoring), zusammenzuführen und auszuwerten. Die Auswertung wird sich auch auf die unvorhergesehenen erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf die Meeresumwelt sowie auf die Überprüfung der Prognosen des Umweltberichts bezie-



hen. Das BSH wird in diesem Zusammenhang nach § 14 m Abs. 4 UVPG bei den zuständigen Behörden die dort vorliegenden Monitoringergebnisse abfragen, die zur Wahrnehmung der Überwachungsmaßnahmen erforderlich sind.

Zusammengefasst lassen sich die vorgesehenen planbezogenen Monitoringmaßnahmen in der Ostsee wie folgt darstellen:

- Zusammenführung und Auswertung des vorhabensbezogenen, auf Projektebene durchgeführten Effektmonitorings und etwaiger begleitender Forschung
- Auswertung von nationalen und internationalen Überwachungsprogrammen, insbesondere
  - Bund-Länder-Messprogramm
  - marines Umweltmessnetz des BSH „MARNET“
  - Überwachungsprogramme im Rahmen von HELCOM (bspw. COMBINE, Pollution Load Compilation)
  - Überwachungsprogramme im Rahmen von ICES
  - Überwachung des Erhaltungszustandes bestimmter Arten und Lebensräume nach Art. 11 FFH-RL
  - Managementpläne für das Naturschutzgebiet „Pommersche Bucht“ (Europäisches Vogelschutzgebiet) bzw. Untersuchungen für die FFH-Gebiete
  - Umweltbeobachtung nach § 12 BNatSchG
  - Maßnahmen nach der Meeresstrategie-Richtlinie
  - Maßnahmen nach der Wasserrahmen-Richtlinie.

Da die Festlegungen des Raumordnungsplanes überwiegend bestandsbezogen sind, sind die ökologischen Auswirkungen vieler Nutzungen nur bedingt abhängig von der Durchführung bzw. Nichtdurchführung des Plans. Eine Ausnahme stellt die Offshore-Windenergie dar.

Erste Erkenntnisse für das Monitoring auf Raumplanungsebene werden durch das nach dem Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (Standarduntersuchungskonzept des BSH, StUK) auf Projektebene vorgeschriebene Effektmonitoring sowie durch die aus Forschungsmitteln des BMU geförderte ökologische Begleitforschung zum im Vorranggebiet für Windenergie „Nördlich Borkum“ gelegenen Testfeldvorhaben (Offshore-Windpark „alpha ventus“ mit 12 WEA) der Stiftung der Deutschen Wirtschaft erwartet. Diese Ergebnisse werden für das planbezogene Monitoring für die Ostsee herangezogen.

Im Rahmen der Festlegung des projektspezifischen Untersuchungsrahmens für das Effektmonitoring und der Entwicklung eines Konzepts zur begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben werden eine Reihe von Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen auf das marine Ökosystem bis Ende 2007 erarbeitet. Zur Überwachung der Durchführung des Raumordnungsplans sind darüber hinaus Maßnahmen geplant, die helfen, aufgestellte Prognosen hinsichtlich erheblicher Auswirkungen der Offshore-Windenergie zu verifizieren und ggf. Nutzungsstrategien sowie vorgesehene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen anzupassen bzw. Bewertungskriterien, insbesondere im Hinblick auf kumulative Wirkungen, zu überprüfen.

Es ist vorgesehen, das gesamte Konzept des Effektmonitorings, wie im StUK 3 aufgestellt, bei Errichtung und Betrieb des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ einer ersten Evaluierung zu unterziehen.

## 10 Quellenangaben

- AAREFJORD, H., BJOERGE, A., KINZE, C. C. and I. LINDSTEDT, 1995: Diet of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Scandinavian waters. In [eds.], A. BJOERGE and G. P. DONOVAN. *Biology of the Phocoenids*. International Whaling Commission. Cambridge. p. 211-222.
- ABSCHLUSSBERICHT der Basisaufnahme für das Offshore-Windenergieprojekt „Hochsee Windpark Nordsee“ 2005, Fachgutachten Avifauna Rastvögel.
- ABT, K. 2004: Robbenzählungen im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Bericht an das Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Tönning, Germany. 34 pp.
- ABT, K. F., N. HOYER, L. KOCH and D. ADELUNG, 2002: The dynamics of grey seals (*Halichoerus grypus*) off Amrum in the south-eastern North Sea - evidence of an open population. *J. Sea Res.* 47: 55-67.
- ABT, K. F., S. TOUGAARD, S. M. J. M. BRASSEUR, P. J. H. REIJNDERS, U. SIEBERT and M. STEDE, 2005: Counting harbour seals in the wadden sea in 2004 and 2005 - expected and unexpected results. *Waddensea Newsletter* 31: 26-27.
- ABT, K., 2002: Phänologie und Populationsdynamik des Seehunds (*Phoca vitulina*) im Wattenmeer: Grundlagen zur Messung von Statusparametern. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- ABT, K., 2006: Gibt es bei Schweinswalen „Invasionsjahre“? - Strandfunde als Index für Bestandsveränderungen. Seevögel.
- ADELUNG, D. 1997. Untersuchungen an Kleinwalen als Grundlage eines Monitorings. Schlussbericht. BMBF-Projekt 03F0139A. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin. 298 pp.
- ADELUNG, D., N. LIEBSCH und R. P. WILSON, 2004: Telemetrische Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Nutzung des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres und des angrenzenden Seegebietes durch Seehunde (*Phoca vitulina vitulina*) in Hinblick auf die Errichtung von Offshore-Windparks. *Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich - Endbericht. Teilprojekt 6.* Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Tönning, Germany. 418 pp.
- AHLEN I., L. BACH, T. GUSTAFSON, A. ERIKSSON and J. PETTERSON, 2005: Bat casualty risks at offshore wind power turbines (Schwedisch). Slutrapport från förstudien 2005 (Projekt Nr. 22316-1).
- AHLEN, I., 1997: Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Z. Säugertierkunde*, 62: 375-380.
- AHLEN, I., 2002: Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora*, 97 (3):14-21.
- AHLEN, I., 2003: Wind turbines and bats – a pilot study. Final Report to the Swedish National Energy Administration, 5 S.
- AK Seehunde, 2005: Protokoll Arbeitskreis Seehunde vom 27.10.2005. Arbeitskreis Seehunde, Hotel Fernsicht, Tönning, 27.10.2005. Landesamt für den Nationalpark schleswig-holsteinisches Wattenmeer. Tönning. 6 pp.

- ÅKESSON, S., 1999: Do passerine migrants captured at an inland site perform temporary reverse migration in autumn? *Ardea* 87: 129-137.
- ÅKESSON, S., WALINDER, G., KRALSSON, L. and S. EHNBOM, 2001: Reed warbler orientation: initiation of nocturnal migratory flights in relation to visibility of celestial cues at dusk. *Animal Behaviour* 61: 181-189.
- AL HISSNI, Z., 1989: Saisonale und annuale Fluktuationen des Makrozoobenthos in der Lübecker und Mecklenburger Bucht in den Jahren 1985-88. - Dissertation, Universität Rostock: 1-89.
- ALERSTAM, T., 1990: Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge.
- ALERSTAM, T. and A. LINDSTRÖM, 1990: Optimal bird migration: the relative importance of time, energy and safety. In: E. Gwinner (Hrsg.), Bird Migration: The Physiology and Ecophysiology, Berlin-Heidelberg-New York, 331-351.
- ALERSTAM, T. and C. A. BAUER, 1973: A radar study of the spring migration of the Crane (*Grus grus*) over the southern Baltic area. *Vogelwarte* 27: 1-16.
- ALERSTAM, T. and S. ULFSTRAND, 1972: Radar and field observations of diurnal bird migration in South Sweden, Autumn 1971. *Ornis Scand.* 3: S. 99-139
- ALERSTAM, T., 1975b: Crane *Grus grus* migration over sea and land. *Ibis* 117: 489-495.
- ALERSTAM, T., BAUER, C. A. and G. ROOS, 1974a: Spring migration of eiders *Somateria mollissima* in southern Scandinavia. *Ibis* 116: 194-210.
- ALHEIT, J., MÖLLMANN, C., DUTZ, J., KORNILOVS, G., LOWE, P., MOHRHOLZ, V. and N. WASMUND, 2005: Synchronous ecological regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s. *ICES J. Mar.Sci.* 62: 1205-1215.
- ALLEN, M. C. and A. J. READ, 2000: Habitat selection of foraging bottlenose dolphins in relation to boat density near Clearwater, Florida. *Mar. Mamm. Sci.* 16: 815-825.
- ANDERSIN, A.-B., J. LASSIG, L. PARKKONEN and H. SANDLER, 1978: The decline of macrofauna in the deeper parts of the Baltic proper and the Gulf of Finland. - *Kieler Meeresforschungen*, Sonderheft 4: 23-52.
- ANDREN, T. and E. ANDREN, 2001: Did the Second Storegga Slide Affect the Baltic Sea? *Baltica*, 14, 115-122.
- ANDRULEWICZ, E., NAPIERSKA, D. and Z. OTEMBRA, 2003: The Environmental Effects of the Installation and Functioning of the Submarine SwePol Link HVDC Transmission Line: a Case Study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, 49, 337-345.
- ARMONIES, W. und H. ASMUS, 2002: Fachgutachten Makrozoobenthos im Rahmen der UVS und FFH-VP für den Offshore-Bürgerwindpark „Butendiek“ westlich von Sylt. Im Auftrag der OSB-Offshore Bürgerwindpark „Butendiek“ GmbH & Co. KG.
- ARNTZ, W. and W. WEBER, 1970: *Cyprina islandica* L. (Molluska, Bivalvia) als Nahrung für Dorsch und Kliesche in der Kieler Bucht. *Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung*, 21, 193-209.
- ARNTZ, W. E. and H. RUMOHR, 1986: Fluctuations of Benthic Macrofauna during Succession and in an Established Community. *Meeresforschung* 31: 97-114.
- ARNTZ, W. E., 1970: Das Makrobenthos der Kieler Bucht im Jahre 1968 und seine Ausnutzung durch die Kliesche (*Limanda limanda* L.). Dissertation Universität Kiel. 167 S.
- ARNTZ, W. E., 1971: Biomasse und Produktion des Makrobenthos in den tieferen Teilen der Kieler Bucht im Jahr 1968. *Kieler Meeresforschung*, 27: 36-72.

- ARNTZ, W. E., 1978: Zielsetzung und Probleme struktureller Benthosuntersuchungen in der Marinen Ökosystemforschung – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie: 35-51.
- ARNTZ, W. E., BRUNSWIG, D. und M. SARNTHEIN, 1976: Zonierung von Mollusken und Schill im Rinnensystem der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). *Senckenbergiana marit.* 8: 189-269.
- ASCOBANS, 1997: Report of the second meeting of parties to ASCOBANS. 17 - 19 November, Bonn, Germany. ASCOBANS. Bonn, Germany. 67 pp.
- ASCOBANS, 2000: Report of the 7th meeting of the advisory committee, Bruges, Belgium, 13 - 16 March 2000. ASCOBANS. Bonn, Germany. 43 pp.
- ASCOBANS, 2003: Proceedings of the 4th meeting of the parties to ASCOBANS - Esbjerg, Denmark, 19-22 August 2003. ASCOBANS. Bonn. 121 pp.
- ASCOBANS, 2005: Workshop on the Recovery Plan for the North Sea Harbour Porpoise, 6.-8. Dezember 2004, Hamburg, Report released on 31.01.2005, 73 S.
- ASCOBANS, 2005a: ASCOBANS recovery plan for harbour porpoise (*Phocoena phocoena* L.) in the North Sea. unpublished draft working paper (5th version) 23.9.2005. 95 pp.
- ASCOBANS, 2005b: High-speed ferries: Secretariat's update. ASCOBANS information document. AC12/Doc. 14. ASCOBANS. Bonn. 7 pp.
- ASFERG, T., 2002. Vildtudbyttet i Danmark i jagdsæsonen 2000/2001. Faglig rapport fra DMU nr. 393.
- ATZLER, R., 1995: Der pleistozäne Untergrund der Kieler Bucht und angrenzender Gebiete nach reflexionsseismischen Messungen. Berichte – Reports, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel, 70, 116 S.
- AU, W. W. L., 1993: Sonar of dolphins. Springer. New York. 277 pp.
- BACH, L. und C. MEYER-CORDS, 2005: Lebensraumkorridore für Fledermäuse (Entwurf), 7 S.
- BACHOR, A., 2001: Zur Sedimentbeschaffenheit der inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. Veranstaltungsband 4/2001 der Bundesanstalt für Gewässerkunde zum 2. Ostsee-Workshop am 15. November 2001 in Berlin, S. 1-5.
- BAERENS, C. und P. HUPFER, 1999: Extremwasserstände and der deutschen Ostseeküste nach Beobachtungen und in einem Treibhausgasszenario. *Die Küste*, 61, 47-72.
- BAGGE, O. and O. RECHLIN, 1989: Baltic Sea Fishery Resources. Rapp P V Reun Cons. *Int. Explor. Mer.* 190: 285.
- BANZHAF, W., 1936: Der Herbstvogelzug über der Greifswalder Oie in den Jahren 1931-1934 nach Arten, Alter und Geschlecht. *Dohrniana* 15: 60-115.
- BARTER, M., 1992: Distribution, abundance, migration and moult of the Red Knot *Calidris canutus rogersi*. *Wader Study Group Bull.* 64 Suppl.: 64-70.
- BAUER, H.-G. und P. BERTHOLD, 1997: Die Brutvögel Mitteleuropas – Bestand und Gefährdung, Aula Verlag Wiesbaden.
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E. und W. FIEDLER, 2005: Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. Nonpasseriformes-Nichtsperrlingsvögel. Aula-Verlag Wiebelsheim. 808 S.
- BEARZI, G., POLITI, E., AGAZZI, S. and A. AZZELINO, 2006: Prey depletion caused by overfishing and the decline of marine megafauna in eastern Ionian Sea coastal waters (central Mediterranean). *Biol. Conserv.* 127: 373-382.
- BEAUGRAND G. and P. C. REID, 2003: Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate. *Global Change Biology*, 9:1-17.

- BEAUGRAND G., 2004: The North Sea regime shift: evidence, causes, mechanisms and consequences. *Progress in Oceanography* 60: 201-222.
- BECKER, P., 1990: Die Nordsee als physikalisches System. In: Warnsignale aus der Nordsee. LOZAN, J. L., LENZ, W., RACHOR, E., WATERMANN, B. und H VON WESTERNHAGEN (Hrsg.), Paul Parey, Hamburg.
- BEHRENDTS, G., 1985: Zur Nahrungswahl von Seehunden (*Phoca vitulina* L.) im Wattenmeer Schleswig-Holsteins. *Haustierkunde*.
- BENKE, H., HARDER, K., HEIDEMANN, G. UND G. SCHULZE, 1998: ROTE LISTE UND ARTENLISTE DER MARINEN SÄUGETIERE DES DEUTSCHEN MEERES- UND KÜSTENBEREICHS DER OSTSEE. IN: SCHR.-R. F. LANDSCHAFTSPFL. U. NATURSCH. HRSG. BfN, 55, 60-64.
- BENKE, H., SIEBERT, U., LICK, R., BANDOMIR, B. and R. WEISS, 1998: The current status of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in German waters. *Arch. Fish. Mar. Res. / Arch. Fisch. Meeresforsch.* Vol. 46, no. 2, pp. 97-123. 1998. 97-123.
- BeoFINO Endbericht, 2005: Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO). Zusammenge stellt von: OREJAS, C., JOSCHKO, T., SCHRÖDER, A., DIERSCHKE, J., EXO, M., FRIEDRICH, E., HILL, R., HÜPPOP, O., POLLEHNE, F., ZETTLER, M. and R. BOCHERT, 356 S.
- BERGGREN, P. and F. ARRHENIUS, 1995: Densities and seasonal distribution of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Swedish Skagerrak, Kattegat and Baltic Seas. In [eds.], BETTIN, A., ÖHLMANN, C. J. and E. STROBEN, 1996. TBT-induced imposex in marine neogastropods is mediated by an increasing androgen level. *Helgol. Meeresunters.* 50: 299-317.
- BERNDT, R. K. und G. BUSCHE, 1991: Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Bd. 3, Entenvögel I (Höckerschwan-Löffelente). Wachholtz Verlag, Neumünster.
- BERTHOLD, P., 1996: Control of Bird Migration, London.
- BERTHOLD, P., 2000: Vogelzug – Eine aktuelle Gesamtübersicht, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- BEZZEL, E. und R. PRINZINGER, 1990: *Ornithologie*. Stuttgart. 552 S.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2000, European bird populations: estimates and trends. BirdLife International / European Bird Census Council, Cambridge, Conservation Series No. 10.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004: Birds in Europe: population estimates, trends and conservation STATUS. Wageningen, The Netherlands: BirdLife Conservation Series No. 12.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004a, Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. BirdLife Conservation Studies No.12, Cambridge.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004b, Birds in the European Union: a status assessment. Wageningen, the Netherlands, BirdLife International.
- BJØRGE, A., BEKKBY, T. and E. B. BRYANT, 2002: Summer home range and habitat selection of harbor seal (*Phoca vitulina*) pups. *Mar. Mamm. Sci.* 18: 438-454.
- BLESS, R., LELEK, A. und A. WATERSTRAAT, 1994: Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata und Pisces). In: NOWAK et al. (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. *Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch.* 42, BfN, Bonn-Bad Godesberg: 137-156.
- BLEW, J., DIEDERICHS, A., GRÜNKORN, T., HOFFMANN, M. and G. NEHLS, 2006: Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Status Report 2005 zum BMU F+E Vorhaben FKZ 0329963 und FKZ 0329963A.

- BLOMKVIST, G., ROOS, A., JENSEN, S., BIGNERT, A. and M. OLSSON, 1992: Concentrations of sDDT and PCB in seals from Swedish and Scottish waters. *Ambio* 21: 539-545.
- BOBERTZ, B., HARFF, J., KRAMARSKA, R., LEMKE, W., PRZEZDZIECKI, P., USCINOWICZ, S. and J. ZACHOWICZ, 2004: Map of Surface Sediments of the Pomeranian Bight. International Borders Geoenvironmental Concerns, 7-8.
- BOCK, G. M., 2003: Quantifizierung und Lokalisierung der entnommenen Hartsubstrate vor der Ostseeküste Schleswig-Holsteins. Eine historische Aufarbeitung der Steinfischerei. Studie im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU), 52 S.
- BOCK, G. M., THIERMANN, F., RUMOHR, H. und R. KAREZ, 2004: Jahresbericht Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU) 2003, 111-116.
- BÖRJESSON, P. and A. J. READ, 2003: Variation In Timing Of Conception Between Populations Of The Harbor Porpoise. *Journal of Mammalogy* 948-955.
- BÖRJESSON, P., BERGGREN, P. and B. GANNING, 2003: Diet of harbor porpoises in the Kattegat and Skagerrak seas: Accounting for individual variation and sample size. *Marine Mammal Science* pp-58.
- BOWLES, D., 1999: An overview of the concentrations and effects of metals in cetacean species. *J. Cetacean Res. Manage.* 125-148.
- BOYE, P., DIETZ, M. und M. WEBER, 1999: Fledermäuse und Fledermausschutz in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 110 S.
- BOYE, P., HUTTERER, R. und H. BENKE, 1998: Rote Liste der Säugetiere (Mammalia) in: Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, Schriftreihe Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55:33-39.
- BRAUNEIS, S. 2000: Der Einfluss von Windkraftanlagen (WKA) auf die Avifauna, dargestellt insb. am Beispiel des Kranichs *Grus grus*. *Ornithologische Mitteilungen*; 52: 410-415.
- BREUER, G. and W. SCHRAMM, 1988: Changes in Macroalgal Vegetation of Kiel Bight (Western Baltic Sea) During the Past 20 Years. *Kieler Meeresforschungen*, Sonderheft 6, 241-255.
- BREY, T., 1984: Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5-15 m Wassertiefe. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel* Nr. 186: 248 S.
- BRUDERER, B. and L. JENNI, 1990: Migration across the Alps. In: E. GWINNER (Hrsg.), *Bird Migration: The Physiology and Ecophysiology*, Berlin-Heidelberg-New York, 60-77.
- BRUDERER, B., 1971: Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. *Ornithol. Beob.* 68: 89-158.
- BSH, 1996: Naturverhältnisse in der Ostsee. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, Sonderdruck Nr. 20032, 294pp.
- BSH, 2005a: Festlegung des besonderen Eignungsgebietes gem. § 3a SeeAnIV „Kriegers Flak“. Aktenzeichen: 513/EG Kriegers Flak/05 Z1192.
- BSH, 2005b: Festlegung des besonderen Eignungsgebietes gem. § 3a SeeAnIV „Westlich Adlergrund“. Aktenzeichen: 513/EG Westlich Adlergrund/05 Z1102.
- BTO-Bericht, 2005: Climate changes and migratory species Robinson, R. A., Learmonth, J. A., Hutson, A. M., Macleod, C. D., Sparks, T. H., Leech, D. I., Pierce, G. J., Rehfish, M. M. and H. Q. P Crick. (Eds.), *BTO Research Report* 414, 312 p.
- BURCHARD, H. und H. U. LASS, 2004: Einschätzung einiger Risiken durch Offshore-Windkraftanlagen im Bereich Kriegers Flak und Adlergrund auf das marine Ökosystem der Ostsee. Schreiben des IOW an das BSH vom 2.1.2004.

- BURCHARD, H., LASS, H. U., MOHRHOLZ, V., UMLAUF, L., SELLSCHOPP, J., FIEKAS, V., BOLDING, K. and L. ARNEBORG, 2005: Dynamics of medium-intensity dense water plumes in the Arkona Basin, Western Baltic Sea. *Ocean Dynamics*, 55, 391-402 (DOI: 10.1007/s10236-005-0025-2).
- BUSBEE, D., TIZARD, I., STOTT, J., FERRICK, D. and E. OTT-REEVES, 1999: Environmental pollutants and marine mammal health: the potential impact of hydrocarbons and halogenated hydrocarbons on immunosystem dysfunction. *J. Cetacean Res. Manage. special issue 1*: 223-248.
- CAMPBELL, N. A. and J. B. REECE, 2003: *Biologie*. 6. Auflage 2003, Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg, Berlin, 1.606 Seiten).
- CAMPHUYSEN, C. J. and M. F. LEOPOLD, 1993: The harbour porpoise in the southern North Sea, particularly the Dutch sector, *Lutra* 36: 1-24.
- CAMPHUYSEN, C. J. and S. GARTHE, 2000: Seabirds and commercial fisheries: population trends of piscivorous seabirds explained? In: *The Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats* (Kaiser, M.J. and S. J. Groot d. Hrsg), pp. 163-184. Blackwell Science, Oxford.
- CAMPHUYSEN, C. J., 2005: The return of the harbour porpoise in Dutch coastal waters, *Lutra* 47: S. 135-144.
- CAMPHUYSEN, C. J., CALVO, B., DURINCK, J., ENSOR, K., FOLLESTAND, A., FURNESS, R. W., GARTHE, S., LEAPER, G., SKOV, H., TASKER, M. L. and C. J. N. WINTER, 1995: Consumption of discards by seabirds in the North Sea. Final report to the European Commission, study contr. BIO/ECO/93/10. NIOZ Report 1995-5, Den Burg.
- CAMPHUYSEN, C. J., WRIGHT, P. J., LEOPOLD, M., HÜPPOP, O. and J. B. REID, 1999: A review of the causes, and consequences at the population level, of mass mortalities of seabirds. *ICES Coop. Res. Rep.* 232: 51-63.
- CAMPHUYSEN, C., 2002: Post-fledging dispersal of common guillemots *Uria aalge* guarding chicks in the North Sea: the effect of predator presence and prey availability at sea. *Ardea* 90 (1): S. 103-119.
- CAMPHUYSEN, C., 2003: Häufigkeit und räumliche Verteilung der Seevögel im und um das Windpark-Pilotgebiet „GlobalTech I“ in der Deutschen Bucht, CSR Consultancy Report 2003-07.
- CARSTENSEN, J., HENRIKSEN, O. D and J. TEILMANN, 2006: impacts of Offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs), *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 321: S. 295-308.
- CHRISTENSEN, T. K. and J. P. HOUNISEN, 2005: Investigations of migratory birds during operation of Horns Rev offshore wind farm. Annual status report 2004. NERI report, Energi E2.
- CHRISTENSEN, T. K., HOUNISEN, J. P., CLAUSAGER, I. and I. K. PETERSEN, 2004: Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev Offshore wind farm. National Environmental Research Institute, annual status report 2003.
- CRESPIN L., HARRIS, M. P., LEBRETON, J.-D., FREDERIKSEN, M. and S. WANLESS, 2006: Recruitment to a seabird population depends on environmental factors and on population size. *J. of Animal Ecology*, 75:228-238.
- DANNENBERGER, D. and A. LERZ, 1996: Polychlorinated Biphenyls (PCB) and Organochlorine Pesticides in Sediments of the Baltic and Coastal Waters of Mecklenburg-Vorpommern. *Dt. hydrogr. Z.*, 48, 1, 5 - 26.
- DAVIDSE, C. T., HARTE, M. & H. BRANDERHORST, 2000: Estimation of bird strike rate on a new island in the North Sea. International Bird Strike Committee IBSC25/WP-AV7, Amsterdam, 17.-21. April 2000.

- DAVOREN, G. K., MONTEVECCHI, W. A. and J. T. ANDERSON, 2002: Scale-dependent associations of predators and prey: constraints imposed by flightlessness of common murre. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 245: S. 259-272.
- DE SWART, R. L., ROSS, P. S., VEDDER, E. J., TIMMERMAN, H. H., HEISTERKAMP, S. H, VAN LOVEREN, H., VOS, J. G., REIJNDERS, P. J. H and A. D. M. E. OSTERHAUS, 1994: Impairment of immune function in harbour seals (*Phoca vitulina*) feeding on fish from polluted waters. *Ambio* 23: 155-159.
- DEHNHARDT, G. and H. M. B. BLECKMANN, 1998: Seal whiskers detect water movements. *Nature* 394: 235-236.
- DELANY, S. and D. SCOTT, 2002: Waterbird population estimates. Third edition. Wetlands Int. Global Series 12.
- DESHOLM, M. and J. KAHLERT, 2005: Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology Letters*, published online: Doi:10.1098/rsbl.2005.0336.
- DESHOLM, M., 2005: Preliminary investigations of birdturbine collisions at Nysted offshore wind farm and final quality control of Thermal Animal Detection System (TADS). NERI report, Energi E2.
- DESHOLM, M., CHRISTENSEN, T. K., SCHEIFFARTH, G., HARIO, M., ANDERSSON, Å., ENS, B., CAMPHUYSEN, C. J., NILSSON, L., WALTHO, C. M., LORENTSEN, S.-H., KURESOO, A., KATS, R. K. H., FLEET, D. M. and A. D. FOX, 2002: Status of the Baltic/Wadden Sea population of the Common Eider *Somateria m. mollissima*. *Wildfowl* 53: 167-203.
- DESHOLM, M., FOX, T., BEASLEY, P. and J. KAHLERT, 2005: Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis*: im Druck.
- DIERSCHKE, V. & J. P. DANIELS, 2003: Zur Flughöhe ziehender See-, Küsten- und Greifvögel im Seegebiet um Helgoland. *Corax* 19, Sonderheft 2: 35-41.
- DIERSCHKE, V., 1989: Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Die Vogelwarte* 35: 115-131.
- DIESING, M. und K. SCHWARZER, 2003: Erforschung der FFH-Lebensraumtypen Sandbank und Riff in der AWZ der deutschen Nord- und Ostsee. 2. Zwischenbericht, Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 62 S. mit Anhang.
- DIETZ, R., TEILMANN, J., DAMSGAARD, O. and N. HENRIKSEN, 2003: Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. NERI Technical Report. 429. National Environmental Research Institute. Roskilde, Denmark. 44 pp.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A.L. AND J. VAN DER WINDEN, 1998a: Nocturnal migration and flight altitudes of waders in the IJmuiden northern breakwater during spring migration.- *Sula* 10: 129-142
- DIRKSEN, S., SPAANS, A.L., WINDEN, J. VAN DER AND M.J. VAN DEN BERG, 1998b: Nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van duikenden in het IJsselmeergebied. *Limosa* 71: 57-68
- DOER, D., MELTER, J. und C. SUDFELDT, 2002: Anwendung der ornithologischen Kriterien zur Auswahl von Important Bird Areas in Deutschland. *Ber. Vogelschutz* 38: 111-156.
- DRINKWATER, K., 2005: Cod stocks: winners and losers in the climate change sweepstakes. *ICES newsletter* 42: 6-9.
- DUNCKER, G. und W. LADIGES, 1960: Die Fische der Nordmark. *Abh. u. Verh. Naturw. V. Hamburg, N. F. Bd. III*: 1-432.
- DURINCK, J., SKOV, H., JENSEN, F. P. and S. PIHL, 1994: Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea. Copenhagen.



- EASTWOOD, E. and G. C. RIDER, 1965: Some radar measurements of the altitude of bird flight, *Brit. Birds* 58 (10), S. 393-426.
- EDWARDS M. and A. J. RICHARDSON, 2004: The impact of climate change on the phenology of the plankton community and trophic mismatch. *Nature* 430: 881-884.
- EHRICH, S., KLOPPMANN, M. H. F., SELL, A. F. and U. BÖTTCHER, 2006: Kap. 11 Distribution and Assemblages of Fish Species in the German Waters of North and Baltic Seas and Potential Impact of Wind Parks. In: KÖLLER, J., KÖPPEL, J. und W. PETERS (Eds.): Offshore Wind Energy. Research on Environmental Impacts. 372p.
- EIDAM, J., BACHOR, A., DANNENBERGER, D. und H. SCHMIDT, 2000: Zum Schwebstofftransport im westlichen Oderästuar - Haupteintragspfad für Schadstoffe? Bodden, 9, Hrsg.: Ernst-Moritz-Arndt- Universität Greifswald, Institut für Ökologie. 87-95.
- EKLÖF, J., 2003: Vision in echolocating bats. Doctoral thesis, Zoology Department University of Göteborg, Sweden.
- ELKINS, N., 1988: Weather and bird behaviour. 2<sup>nd</sup> ed., Calton. 239 S.
- ELMGREN, R. and LARRSON, U., 2001: Nitrogen and the Baltic Sea: managing nitrogen in relation to phosphorus. *The Scientific World* 1 (S2), 371-377.
- ELLESTRÖM, O., 2002: Sjöfågelsträcket i östra Skåne. In: ARINDER, M. und D. ERTERIUS: Fåglar i Skåne 2001. Anser supplement nr 46: 99-105.
- EMEIS, K.-C., STRUCK, U., LEIPE, T., POLLEHNE, F., KUNZENDORF, H. and C. CHRISTIANSEN, 2000: Changes in the C, N, P burial rates in some Baltic Sea sediments over the last 150 years – relevance to P regeneration rates and the phosphorus cycle. *Marine Geology*, 167, 43-59.
- ERBE, C., 2002: Underwater noise of whale watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Mar. Mamm. Sci.* 18: 394-418.
- ERIKSSON, M. O. G., JOHANSSON, I. and C.-G. AHLGREN, 1992: Levels of mercury in eggs of Red-throated Diver *Gavia Stellata* and Black-throated Diver *Gavia arctica* during the breeding season in south-west Sweden. *Ornis Svecica* 2: S. 29-36.
- ERNI, B., LIECHTI, F., UNDERHILL, L. G. and B. BRUDERER, 2002: Wind and rain govern the intensity of nocturnal bird migration in central Europe – a log-linear regression analysis. *Ardea* 90: 155-166.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2005a: Thematische Strategie für den Schutz und die Erhaltung der Meeresumwelt. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament, KOM (2005) 504 endgültig.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2005b: VORSCHLAG FÜR EINE RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES ZUR SCHAFFUNG EINES ORDNUNGSRAHMENS FÜR MAßNAHMEN DER GEMEINSCHAFT IM BEREICH DER MEERESUMWELT (MEERESSTRATEGIE-RICHTLINIE). KOM (2005) 505 ENDGÜLTIG.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006: Grünbuch. Die künftige Meerespolitik der EU: Eine europäische Vision für Ozeane und Meere. KOM (2006) 275 endgültig Teil II- Anhang.
- EVANS, P. G. H., 1998: Biology of Cetaceans of the north-east Atlantic (in relation to seismic energy). In [eds.], M. L. Tasker and C. Weir. Proceedings of the seismic and marine mammal workshop London 23-25 June 1998.
- EVANS, P. G. H., 2003: Shipping as a possible source of disturbance to cetaceans in the ASCOBANS region - Report to ASCOBANS. Information document. MOP4/Doc.17. ASCOBANS. Bonn, Germany. 58 pp.

- EVANS, P. G. H., CARSON, Q., FISHER, P., JORDAN, W., LIMER, R. and I. REES, 1994: A study of the reactions of harbour porpoises to various boats in the coastal waters of southeast Shetland. *European Research on Cetaceans* 8: 60-64.
- EVANS, P.G.H., 1990: European cetaceans and seabirds in an oceanographic context, *Lutra*, 33: 95-125.
- FABI G., GRATI, F., PULLETI, M., SCARSELLA, G., 2004: Effects on fish community induced by installation of two gas platforms in the Adriatic Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 273, S. 187-197.
- FACHGUTACHTEN, 2003: Fachgutachten Vogelzug zum Offshore-Windparkprojekt „Kriegers Flak“. Bericht für das 1. Jahr der Basisaufnahme, August 2003, IfAO, Neu Brodersdorf.
- FACHGUTACHTEN, 2005: Fachgutachten Vogelzug zum Offshore-Windparkprojekt „Ventotec Ost 2“ zum Abschlussbericht der Basisaufnahme, Februar 2005, IfAO, Neu Brodersdorf.
- FENNEL, W., 1996: Wasserhaushalt und Strömungen. In: RHEINHEIMER, G., Hrsg.: *Meereskunde der Ostsee*, 2. Auflage, Springer, 56-67.
- FLUIT, C. C. J. M. and S. J. M. H. HULSCHER, 2002: Morphological Response to a North Sea Bed Depression Induced by Gas Mining. *Journal of Geophysical Research*, 107, C3, 8-1 – 8-10.
- FLYCKT, G., HELLQUIST, A., HOLMGREN, T., HOLMQVIST N, LARSSON, H. STRANDBERG R., SVANBERG T., SÖDERBERG P. and P. ÖSTERBLAD, 2004: Fågelrapport 2003. In: SkOF. Fåglar I Skåne: 89-192.
- FLYCKT, G., HELLQUIST, A., HOLMGREN, T., HOLMQVIST, N., LARSSON, H., STRANDBERG, R., SVANBERG, T., SÖDERBERG, P. and P. ÖSTERBLAD, 2003: Fågelrapport 2002. In: SkOF. Fåglar I Skåne: 97-192.
- FONSELIUS, F.H. (1969): Hydrography of the Baltic deep basins. – III Fish. Board Swed. Ser. Hydrogr. 23, 1-97.
- FOX, T., CHRISTENSEN, T. K., DESHOLM, M., KAHLERT, J. and I. K. PETERSEN, 2006: Birds: avoidance responses and displacement. In: Danish Offshore wind - Key Environmental Issues, DONG, Vattenfall, DEA and DFNA (Publ.).
- FRANSSON, T. and J. PETTERSSON, 2001: Svensk ringmärkningsatlas. Vol. 1. Stockholm.
- FREDERIKSEN, M., EDWARDS, M., RICHARDSON, A. J., HALLIDAY, N. C. and S. WANLESS, 2006: From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *J. Anim. Ecology*, 75: 1259-1266.
- FREDERIKSEN, M., HARRIS, M. P., DAUNT, F., ROTHERY, P. and S. WANLESS, 2004: Scale-dependent climate signals drive breeding phenology of three seabird species. *Global Change Biology*, 10: S. 1214-1219.
- FRICKE, R., 1987: Deutsche Meeresfische, Bestimmungsbuch. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg: 219 S.
- FRICKE, R., BERGHAIN, R., RECHLIN, O., NEUDECKER, T., WINKLER, H., BAST, H. - D. und E. HAHLBECK, 1998: Rote Liste der in Küstengewässern lebenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata and Pisces). In: Schr.-R. f. Landschaftspf. u. Natursch. Hrsg. BfN, 55, 60-64.
- FRICKE, R., RECHLIN, O., WINKLER, H. und H.-D. BAST 1996: Rote Liste und Artenliste der Rundmäuler und Meeresfische des deutschen meeres- und Küstenbereichs der Ostsee. Schr.-R.f. Landschaftspf. u. Natursch., 48, 83-90.
- FRIEB, C. C., 2003: Bericht über die 142. Reise des FKK „Clupea“ vom 30.06. bis 18.07.2003. Jungfischsurvey in der Arkonasee und Mecklenburger Bucht (ICES 22+24). Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BfA). Homepage 6 S.

- FROST, K. J. and L. F. LOWRY, 1993: Marine Mammals Study Number 5: Assessment of injury to harbor seals in Prince William Sound, Alaska, and adjacent areas following the Exxon Valdez oil spill. Washington, D. C., USA. 95 pp.
- GARTHE S., 1998: Gleich und doch anderes: Zur Habitatwahl von Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*) und Sturmmöwe (*Larus canus*) in der Deutschen Bucht. *Seevögel* 19:81-85.
- GARTHE, S. and O. HÜPPOP, 2004: Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 41, S. 724-734.
- GARTHE, S. and U. KUBETZKI, 1998: The diet of Sandwich Terns (*Sterna sandvicensis*) on Juist, southern North Sea. *Sula* 12: 13-18.
- GARTHE, S., 1997: Influence of hydrography, fishing activity and colony location on summer seabird distribution in the south-eastern North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 54:566-577.
- GARTHE, S., 2003: Verbreitung, Bestand und Jahresdynamik der Mantelmöwe *Larus marinus* in der Deutschen Bucht, Nordsee. *Corax* 19, Sonderh. 2: 43-49.
- GARTHE, S., 2003a: Erfassung von Rastvögeln in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ 802 85 280 K 1 (Bundesamt für Naturschutz), Büsum.
- GARTHE, S., 2003b: Verbreitung, Bestand und Jahresdynamik der Mantelmöwe (*Larus marinus*) in der Deutschen Bucht, Nordsee. *Corax* 19, Sonderheft: 43-50.
- GARTHE, S., DIERSCHKE, V., WEICHLER, T. und P. SCHWEMMER, 2004: Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung: Analyse des Konfliktpotenzials für die deutsche Nord- und Ostsee. Abschlussbericht des Teilprojektes 5 im Rahmen des Verbundvorhabens "Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshorebereich (MINOS)". Forschungs- u. Technologiezentrum Westküste, Univ. Kiel, Büsum.
- GARTHE, S., DIERSCHKE, V., WEICHLER, T. und P. SCHWEMMER, 2004: Rastvogelvorkommen und Offshore-Windkraftnutzung: Analyse des Konfliktpotenzials für die deutsche Nord- und Ostsee. MINOS Abschlussbericht, TP 5, S. 195-333.
- GARTHE, S., KUBETZKI U., HÜPPOP O. und T. FREYER, 1999: Zur Ernährungsökologie von Heringssilber- und Sturmmöwe auf der Nordinsel Amrum während der Brutzeit, *Seevögel* 20: S. 52-58.
- GARTHE, S., ULLRICH, N., WEICHLER, T., DIERSCHKE, V., KUBETZKI, U., KOTZERKA, J., KRÜGER, TH., SONNTAG, N. und A. J. HELBIG, 2003: See- und Wasservögel der deutschen Ostsee. Verbreitung, Gefährdung und Schutz. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup. 170 S.
- GASKIN, D. E. and A. P. WATSON, 1985: The harbor porpoise, *Phocoena phocoena*, in Fish Harbour, New Brunswick, Canada: Occupancy, distribution, and movements. *Fishery Bulletin* 83: 427-442.
- GASKIN, D. E., 1992: Status of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in Canada. *Canadian Field-Naturalist* 106: 36-54.
- GATTER, W., 2000: Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. Aula Verlag Wiebelsheim.
- GERACI, J. R. and D. J. ST AUBIN, 1990: Sea Mammals and Oil: Confronting the Risks. Academic Press. San Diego
- GENTRY R.L., 2007. Presentation at the second plenary meeting of the advisory committee on acoustic impacts on marine mammals, 28-30 April 2004 Arlington, Virginia
- GERLACH, S. A., 2000: Checkliste der Fauna der Kieler Bucht und eine Bibliographie zur Biologie und Ökologie der Kieler Bucht. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Die

- Biodiversität in der deutschen Nord- und Ostsee, Band 1. Bericht BfG-1247, Koblenz. 376 S.
- GESSNER, J., DEBUS, L., FILIPIAK, J., SPRATTE, S., SKORA, K. and G. M. ARNDT 2000: Development of sturgeon catches in German and adjacent waters since 1980. *J. Appl. Ichthyol.* 15: 136-141.
- GILLES et al., 2006a: MINOSplus – Zwischenbericht 2005, Teilprojekt 2, Seiten 30-45.
- Gilles et al., 2006b: MINOSplus –MINOSplus Status Seminar, 09/2006, Stralsund, Präsentation.
- GILLES, A., SCHEIDAT, M. und U. SIEBERT, 2004: Erfassung von Meeressäugetieren und Seevögeln in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee (EMSON) - Teilvorhaben: Erfassung von Meeressäugetieren -. interner Zwischenbericht 09/2004 für das Bundesamt für Naturschutz, Vilm. FKZ: 802 85 260
- GILLES, A., H. HERR, K. LEHNERT, M. SCHEIDAT und U. SIEBERT, 2008: Harbour porpoises – abundance estimates and seasonal distribution patterns. In: Wollny-Goerke K. and K. Eskildesen (Eds). *Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. MINOS-marine warm-blooded animals in North and Baltic Seas.* Teubner Verlag, Wiesbaden.
- GJOSAETER, J., LEKVE, K., STENSETH, N. C., LEINAAS, H. P., CHRISTIE, H., DAHL, E., DANIELSEN, D., EDVARDSEN, B., OLSGARD, F., OUG, E. and PAASCHE, E., 2000: A long term perspective on the Chrysochromulina bloom on the Norwegian Skagerrak coast 1988: a catastrophe or an innocent incident?. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 207: 201-218.
- GOLLASCH S. und U. TUENTE, 2004: Einschleppung unerwünschter Exoten mit Ballastwasser: Lösungen durch weltweites Übereinkommen. *Wasser und Abfall*, 10: 22-24.
- GOLLASCH, S., 2003: Einschleppung exotischer Arten mit Schiffen. In: Lozan, J.L., Rachor, E., Reise, K., Sündermann, J. und H. von Westernhagen. *Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer – Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen*, Hamburg 2003. 309-312.
- GOODMAN, S. J., 1998: Patterns of extensive genetic differentiation and variation among European harbor seals (*Phoca vitulina vitulina*) revealed using microsatellite DNA polymorphisms. *Mol. Biol. Evol.* 15: 104 - 118.
- GORDON, J. C. D., GILLESPIE, D., POTTER, J., FRANTZIS, A., SIMMONDS, M. P. and R. SWIFT, 1998: The effects of seismic surveys on marine mammals. In [eds.], M. L. Tasker and C. Weir. *Proceedings of the seismic and marine mammal workshop London 23-25 June 1998.*
- GOSELCK, F. and F. GEORGI, 1984: Benthic recolonization of the Lübeck Bight (Western Baltic) in 1980/1981. *Limnologica* 15: 407-414.
- GOSELCK, F., 1992: Zwischen Artenreichtum und Tod. Die Tiere des Meeresbodens der Lübecker Bucht als Maßstab ihrer Umwelt. *Ber. Ver. Natur Heimat Kulturhist. Mus. Lübeck* 23/24: 41-61.
- GOSELCK, F., ARLT, G., BICH, A., BÖNSCH, R., KUBE, J., SCHROEREN, V. und J. VOSS, 1996: Rote Liste und Artenliste der benthischen wirbellosen Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee. – In: NORDHEIM, H. VON und MERCK, T. (Bearb.) (1996): *Rote Listen und Artenlisten der Tiere und Pflanzen des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee.* - Schr.-R. Landschaftspfl. Natursch. 48: 41-51
- GOSELCK, F., DOERSCHEL, F. and T. DOERSCHEL, 1987: Further developments of macrozoobenthos in Lübeck Bay, following recolonisation in 1980/81. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 72: 631-638.
- GÖTMARK, F. R., NEERGARD, R. and M. AHLUND, 1989: Nesting ecology and management of the arctic loon in Sweden. *J. Wildlife Management*, 54: S. 429-432.

- GREEN, M. (2005): Flying with the wind – spring migration of Arctic breeding waders and geese over South Sweden. *Ardea* 92: 145-160.
- GREEN, M. and T. ALERSTAM, 2000: Flight speeds and climb rates of Brent Geese: mass-dependent differences between spring and autumn migration. *Journal of Avian Biology* 31: 215-225.
- GREEN, M., 1998: Spring migration of Barnacle Goose *Branta leucopsis* and Dark-bellied Brent Goose *B. bernicla bernicla* over Sweden. *Ornis Svecica* 8:103-123.
- GREEN, M., 2005: Flying with the wind – spring migration of Arctic breeding waders and geese over South Sweden. *Ardea* 92: 145-160.
- GREEN, M., ALERSTAM, T., CLAUSEN, P., DRENT, R. and B. S. EBBINGE, 2002: Dark-bellied Brent Geese *Branta bernicla bernicla*, as recorded by satellite telemetry, do not minimize flight distance during spring migration. *Ibis* 144: 106-121.
- GRELLIER, K., THOMPSON, P. M. and H. M. CORPE, 1996: The effect of weather conditions on harbour seal (*Phoca vitulina*) haul-out behaviour in the Moray Firth, N.E. Scotland. *Can. J. Zool.* 74: 1806-1811.
- GRENMYR, U., 2003: Kungsfågeln svåra år. *Vår Fågelvärld* 1: 6-10.
- GROMOLL, L., STÖRR, M., 1988: Zur Geologie und Genese der Kiessand-Lagerstätten der südwestlichen Ostsee. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 35, 314-322.
- GUDMUNDSSON G. A., 1994: Spring migration of the Knot *Calidris c. canutus* over southern Scandinavia, as recorded by radar. *J. Avian Biol.* 25: 15-26.
- GUDMUNDSSON, G. A., 1992: Flight and Migration Strategies of Birds at Polar Latitudes, Lund.
- HAGEMEIER, J. M. and M. J. BLAIR, 1997: The EBCC atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance. T. and A. D. Poyser, London.
- HAGEMEIER, E. J. M. and M. J. BLAIR, 1997: The EBCC atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance. T. and A. D. POYSER, London.
- HAGMEIER, A., 1930: Die Bodenfauna der Ostsee im April 1929. Ber. dt. wiss. Komm. Meerforschung, V.: 156-173.
- HAMMOND, J. A., HALL, A. J and E. A. DYRYNDA, 2005: Comparison of polychlorinated biphenyl (PCB) induced effects on innate immune functions in harbour and grey seals. *Aquat. Toxicol.* 74: 126-138.
- HAMMOND, P. S., 2006: Präsentation beim MINOSplus Status Seminar, Stralsund Sept. 2006.
- HAMMOND, P. S., BERGGREN, P., BENKE, H., BORCHERS, D. L., COLLET, A., HEIDE-JORGENSEN, M. P., HEIMLICH-BORAN, S., HIBY, A. R., LEOPOLD, M. F. and N. OIEN, 2002: Abundance of harbour porpoise and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *J. appl. Ecol.*, 39, S. 361-376.
- HAMMOND, P. S., NORTHRIDGE, S. P., THOMPSON, D., GORDON, J. C. D, HALL, A. J., SHARPLES, R. J., GRELLIER, K. and J. MATTHIOPOULOS, 2004: Background information on marine mammals relevant to Strategic Environmental Assessment 5. SEA 5 Assessment Documents. Department of Trade and Industry. Aberdeen. 73 pp.
- HAMMOND, P.S. and K. MACLEOD, 2006: Progress report on the SCANS-II project, Paper prepared for ASCOBANS Advisory Committee, Finland, April 2006.
- HANSEN, L., 1954: Birds killed at lights in Denmark 1886-1939. Vidensk. Medd. Naturh. Foren. Kopenhagen 116: 269-368.
- HARDER, K., 1996: Zur Situation der Robbenbestände. In [ed.], J. L. Lozan. Warnsignale aus der Ostsee. Blackwell. Berlin. p. 236-242

- HÄRKÖNEN, T. and K. C. HARDING, 2001: Spatial structure of harbour seal populations and the implications thereof. *Can. J. Zool.* 79: 2115-2127.
- HÄRKÖNEN, T. J., 1988: Food-habitat relationship of harbour seals and black cormorants in Skagerrak and Kattegat. *J. Zool.* 214: 673-681.
- HÄRKÖNEN, T., 1987: Seasonal and regional variations in the feeding habits of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Skagerrak and the Kattegat. *J. Zool.* 213: 535-543.
- HARRIS, R. E., MILLER, G. W. and W. J. RICHARDSON, 2001: Seal responses to airgun sounds during summer seismic surveys in the Alaskan Beaufort Sea. *Mar. Mamm. Sci.* 17: 795-812.
- HATFIELD, M. G., CARPIZO-ITUARTE, E. J., DEL CARMEN, K. and B. T. NEDVED, 2001: Metamorphic competence, a major adaptive convergence in marine invertebrate larvae. *Amer. Zool.* 41:1123-1131.
- HAYS, C. G., RICHARDSON, A. J. and C. ROBINSON, 2005: Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution, Review*, Vol. 20: 337-344.
- HEATH, M. F. and M. I. EVANS, 2000: Important Bird Areas in Europe. Priority sites for conservation. Vol. 1: Northern Europe. BirdLife International Conservation Series 8, Cambridge.
- HEATH, M., BORGGREVE, C. and N. PEET, 2000: European bird populations: estimates and trends. Cambridge, UK: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 10).
- HELCOM, 1986: Water balance of the Baltic Sea. *Baltic Sea Environm. Proc.* 16: 174 pp.
- HELCOM, 2001: Triennial review of marine mammal populations in the Baltic Sea - extract from ICES ACME report 2000. information document HELCOM Nature Conservation and Coastal Zone Management Group 21-25 May 2001 Sigulda, Latvia. 2/2001 6/2. HELCOM. Helsinki. 11 pp.
- HELCOM, 2004. Phytoplankton biomass and species succession in the Gulf of Finland, Northern Baltic Proper and Arkona Basin in 2004. *Indicators 2004*, HELCOM.
- HELCOM, 2006. Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environm. Proc.* No. 104.
- HENRIKSEN, O. D., TOUGAARD, J., MILLER, L. and R. DIETZ, 2003: Underwater noise from offshore wind turbines: expected impacts on harbour seals and harbour porpoises. ECOUS Symposium, 12-16 May 2003, San Antonio TX.
- HERMANSEN, B. and J. B. JENSEN, 2000: Digital Sea Bottom Sediment Map Around Denmark (1 : 500.000). Geologischer Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS).
- HERR, H., GILLES, A., SCHEIDAT, M. and U. SIEBERT, 2005: Distribution of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the German North Sea in relation to density of sea traffic. ASCOBANS information document. AC12/Doc. 8. ASCOBANS. Bonn. 6 pp.
- HÜPPOP, K. und O. HÜPPOP, 2002: Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil I: Zeitliche und regionale Veränderungen der Wiederfundraten und Todesursachen auf Helgoland beringter Vögel (1909 bis 1998). *Die Vogelwarte* 41: 161-181.
- HÜPPOP, O., DIERSCHKE, J. und H. WENDELN, 2005: Zugvögel und Offshore-Windkraftanlagen: Konflikte und Lösungen. *Ber. Vogelschutz* 41: 127-218.
- HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. and L. RODRIGUES, 2005: Bat Migrations in Europe: A Review of Banding Data and Literature. Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 28, 162 S.
- ICES, 2001: Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem. ICES Cooperative Research Report, No. 247, 80 S.

- IFAÖ (2005): BENTHOS – Bestandsaufnahme und Monitoring benthischer Lebensgemeinschaften des Sublitorals vor der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns. Teilvorhaben „Monitoring Makrozoobenthos“. - Bericht über das Untersuchungsjahr 2004: 1-111 + Anhang.
- IFAÖ, 2005: Gutachtlicher Vorschlag zur Identifizierung, Abgrenzung und Beschreibung sowie vorläufigen Bewertung der zahlen- und flächenmäßig geeignetsten Gebiete zur Umsetzung der Richtlinie 79/409/EWG in den äußeren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns. Unveröff. Gutachten im Auftrag des LUNG M-V, Broderstorf.
- INF.EUROBATS, 2000: National report on the implementation of the agreement in Finland.
- INF.EUROBATS, 2000: National report on the implementation of the agreement in U.K.
- INF.EUROBATS, 2000: National report on the implementation of the agreement in Norway.
- INF.EUROBATS, 2004: Bat conservation status in Denmark.
- INF.EUROBATS. AC10.23, 2005: National report on the implementation of the agreement in Poland.
- INF.EUROBATS. AC8.25, 2003: National report on the implementation of the agreement in Latvia.
- INF.EUROBATS.MoP4.11, 2003: National report on bat conservation in Belgium.
- INF.EUROBATS.MoP4.23, 2003: National report on bat conservation in the Sweden.
- INF.EUROBATS.MoP4.27, 2003: NATIONAL REPORT ON THE IMPLEMENTATION OF THE AGREEMENT IN LITHUANIA.
- INF.EUROBATS.MoP4.28, 2003: NATIONAL REPORT ON BAT CONSERVATION IN NETHERLANDS.
- INF.EUROBATS.MoP4.38, 2003: NATIONAL REPORT ON BAT CONSERVATION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR THE EXPLORATION OF THE SEA, 1999: Report of the working group on marine mammal population dynamics and trophic interactions. ICES CM 1999/G:3. International Council for the Exploration of the Sea. Copenhagen, Denmark. 27 pp.
- INTERNATIONAL WHALING COMMISSION, 1996: Report of the Scientific Committee 1995. Reports of the International Whaling Commission. 46. International Whaling Commission. Cambridge. 97 pp.
- INTERNATIONAL WHALING COMMISSION, 2000: Report of the Scientific Committee, Annex O. REport of the IWC-ASCOBANS working group on harbour porpoises. J. Cetacean Res. Manage 2 (Suppl.): 297-304.
- JACOBSEN, T. S., 1980: Sea Water Exchange of the Baltic – Measurements and Methods. National Agency of Environmental Protection, Copenhagen, 1-71.
- JANSSEN F., SCHRUMM, C. and J. O. BACKHAUS, 1999: A Climatological Data Set of Temperature and Salinity for the Baltic Sea and the North Sea, *German Journal of Hydrographic*, Supplement 9, 245pp.
- JELLMANN, J., 1989: Radarmessungen zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges über Nordwestdeutschland im Frühjahr und im Hochsommer, *Vogelwarte* 35, S. 59-63.
- JEPSEN, P. U., 2001: Conservation and Management of Seal Populations in the Baltic - ACTION PLAN for the implementation of the HELCOM Project on Seals. Report to HELCOM HABITAT, 3rd meeting 29 January - 1 February 2002, Gdynia, Poland. Ministry of Environment and Energy, Danish Forest and Nature Agency. Copenhagen. 53 pp.

- JOHNSON, G., 2004: A review of bat impacts at wind farms in the US. Proceedings of the Wind Energy and Birds / Bats Workshop: Understanding and Resolving Bird and Bat Impacts, Washington D.C., Sept. 2004.
- JOHNSTON, D. W., WESTGATE, A. J. and A. J. READ, 2005: Effects of fine-scale oceanographic features on the distribution and movements of harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the Bay of Fundy, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 295. S. 279-293.
- KAATZ, J., 1999: Einfluss von Windenergieanlagen auf das Verhalten der Vögel im Binnenland. In: IHRE, S. & E. VAUK-HENTZELT (Hrsg., 1999): Vogelschutz und Windenergie – Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. Bundesverband WindEnergie e. V.
- KAHLERT, J., PETERSEN, I. K., FOX, A. D., DESHOLM, M. and I. CLAUSAGER, 2004: Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rodsand, Annual Status Report 2003, NERI, Eneri E2 A/S 2004.
- KAKUSCHKE, A., VALENTINE-THON, E., GRIESEL, S., FONFARA, S., SIEBERT, U. and A. PRANGE, 2005: Immunological Impact of Metals in Harbor Seals (*Phoca vitulina*) of the North Sea. *Environ. Sci. Technol.* 39: 7568-7575.
- KANNAN, K. and S. FALANDYSZ, 1997: Butyltin residues in sediment, fish, fish eating birds, harbour porpoise and human tissues from the Polish coast of the Baltic Sea. *Mar. Poll. Bull.* 34: 203-207.
- KAREZ, R. und D. SCHORIES, 2005: Die Steinfischerei und ihre Bedeutung für die Wiederansiedlung von *Fucus vesiculosus* in der Tiefe. *Rostocker Meeresbiologische Mitteilungen*, 14, 95-107.
- KARLSSON, J. and T. ALERSTAM, 1974: Flyghöjden hos flyttande tranor *Grus grus* over sydligaste Skåne - bestämning med hjälp av radar. *Vår Fågelvärld* 33: 265-269.
- KARLSSON, L., 1992. Falsterbo ur fågelperspektiv. Anser, supplement 32.
- KARLSSON, L., EHNBOOM, S., OLSSON, P. and G. WALINDER, 2002a: Ringmärkningen vid Falsterbo Fågelstation. In: ARINDER, M. and D. ERTERIUS: Fåglar i Skåne 2001. Anser supplement nr 46: 21-42.
- KARLSSON, L., EHNBOOM, S., PERSSON, K. and G. WALINDER, 2002b: Changes in numbers of migrating birds at Falsterbo, South Sweden, during 1980-1999, as reflected by ringing totals. *Ornis svecica* 12: 113-137.
- KARLSSON, O., 2003: Population structure, movements and site fidelity of grey seals in the Baltic Sea. PhD. Department of Zoology, Stockholm University, Stockholm, Sweden. 89 pp.
- Kaschner, K., 2001: Harbour porpoises in the North Sea and the Baltic - bycatch and current status. WWF Germany. Frankfurt. 90 pp.
- KASCHNER, K., 2003: Review of small cetacean bycatch in the ASCOBANS area and adjacent waters - current status and suggested future actions. MOP4/Doc 21(S). ASCOBANS. Bonn. 122 pp.
- KASTAK, D. and R. J. SCHUSTERMAN, 1998: Low frequency amphibious hearing in pinnipeds: methods, measurement, noise, and ecology. *Journal of the Acoustical Society of America* 103: 2216-2228.
- KASTELEIN, R. A., BUNSKOEK, P., HAGEDOORN, M. and W. W. L. AU, 2002: Audiogram of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) measured with narrow-band frequency-modulated signals. *J. Acoust. Soc. Am.* 112, S. 334-344.
- KATZUNG, G., 2004: Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 580 S.



- KETTEN, D. R., 2002: Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and implications for underwater acoustic impacts. *Polarforschung*, 72 (2/3), S. 79-92.
- KING, J. E., 1983: Seals of the world. 2nd ed. 1. seals. Oxford University Press. Oxford
- KLOPPMANN, M. H. F., BÖTTCHER, U., DAMM, U., EHRICH, S., MIESKE, B., SCHULTZ, N. und K. ZUMHOLZ, 2003: Erfassung von FFH-Anhang II-Fischarten in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee. Studie im Auftrage des BfN. Bundesforschungsanstalt für Fischerei. Endbericht, Hamburg, 82 S.
- KNUST, R., DALHOFF, P., GABRIEL, J., HEUERS, J., HÜPPOP, O. und 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 FuE-Vorhaben 200 97 106, UBA.
- Koch, L., 1989: Kegelrobben im Wattenmeer. Naturschutzgesellschaft. Schutzstation. Wattenmeer.
- KOCK, K. H. und H. FLORES, 2003: Fang und Beifang der deutschen Stellnetzfisherei in der Nordsee. Projektbericht an das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Bundesforschungsanstalt für Fischerei. Hamburg. 49 pp.
- KOCK, M., 2001: Untersuchungen des Makrozoobenthos im Fehmarnbelt, einem hydrographisch besonders instabilen Übergangsbereich zwischen zentraler und westlicher Ostsee. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 103 S. und Anhang.
- KÖLMEL, R., 1979: The annual cycle of macrozoobenthos: Ist community structures under the influence of oxygen deficiency in the western Baltic. - In: E. & R. G. Naylor
- KOLP, O., 1965: Paläogeographische Ergebnisse der Kartierung des Meeresgrundes der westlichen Ostsee zwischen Fehmarn und Arkona. *Beiträge zur Meereskunde*, 12-14, 19-65.
- KOLP, O., 1966: Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. *Beiträge zur Meereskunde*, 17/18, 9-60.
- KOLP, O., 1976: Die submarinen Uferterrassen der südlichen Ostsee und Nordsee und ihre Beziehung zum eustatischen Meeresspiegelanstieg. *Beiträge zur Meereskunde*, 35, 6-47.
- KOOP, B., 2005: Engpass im europäischen Vogelzug. Feste Fehmarnbelt-Querung. Betrifft: Natur 1: 10-11.
- KOSCHINSKI, S., 2002: Ship collisions with whales. Information document presented at the eleventh meeting of the CMS scientific council. 14-17 September 2002, Bonn/Germany. UNEP/ScC11/Inf.7. 19 pp.
- KOSCHINSKI, S., 2004: Verpasste Chance im EU Kleinwalschutz. Gesellschaft zum Schutz der Meeressäuger e. V. München. 8 pp.
- KOSCHINSKI, S., CULIK, B. M., HENRIKSEN, O. D., TREGENZA, N., ELLIS, G., JANSEN, C. and G. KATHE, 2003: Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 265, S. 263-273.
- KÖSTER, R. und W. LEMKE, 1996: Morphologie und Bodenbedeckung. In: RHEINHEIMER, G., Hrsg.: *Meereskunde der Ostsee*, 2. Auflage, Springer, 34-41.
- KOTTELAT, M., 1997: European freshwater fishes. *Biologia*, 52, Suppl. 5: 1-271.
- KRAMARSKA, R., 1998: Origin and Development of the Odra Bank in the Light of the Geologic Structure and Radiocarbon Dating. *Geological Quarterly*, 42, 277-288.

- KRAUSE, J., 1999: Analyse der Nahrungsreste im Verdauungstrakt von *Phoca vitulina* in Relation zu den tatsächlich verfügbaren Nahrungsressourcen. Institut für Meereskunde an der Universität Kiel.
- KRÖNCKE, I. and C. BERGFELD, 2001: Synthesis and New Conception of North Sea Research (SYCON), Working Group 10: Review of the current knowledge on North Sea benthos.- Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung 12: 115 pp.)
- Kröncke, I., 1995: Long-term Changes in North Sea Benthos. *Senckenbergiana maritima*. 26 (1/2): 73-80
- KROST, P., BERNHARD, M., WERNER, W. and W. HUKRIEDE, 1990: Otter Trawl Tracks in Kiel Bay (Western Baltic) Mapped by Side-Scan Sonar. *Meeresforschung*, 32, 344-353.
- KRÜGER, T. and S. GARTHE, 2001: Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed, *Atlantic Seabirds* 3, S. 203-216.
- KUBE, J., 2002: Vogelschutz: Kollisionen von Zugvögeln mit anthropogenen Strukturen. *Vogelwelt* 123: 165-167.
- KUBETZKI, U., GARTHE, S. and O. HÜPPOP, 1999: The diet of common gulls *Larus canus* breeding on the German North Sea Coast. *Atlantic Seabirds* 1: S. 57-70.
- KÜHLMORGEN-HILLE, G., 1963: Quantitative Untersuchungen der Bodenfauna in der Kieler Bucht und ihrer jahreszeitlichen Veränderungen. *Kieler Meeresforschung*, 19: 42-103.
- KÜHLMORGEN-HILLE, G., 1965: Qualitative und quantitative Veränderungen der Bodenfauna der Kieler Bucht in den Jahren 1953-1965. *Kieler Meeresforschung*, 21: 167-191.
- KVITTEK, R. and C. BRETZ, 2005: Shorebird foraging behaviour, diet and abundance vary with harmful algal bloom toxin concentrations in invertebrate prey. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 293: 303-309.
- LAIST, D. W., KNOWLTON, A. R., MEAD, J. G., COLLET, A. S. and M. PODESTA, 2001: Collisions between ships and whales. *Mar. Mamm. Sci.* 17: 35-75.
- LANGE, W., MITTELSTAEDT, E. und H. KLEIN, 1991: Strömungsdaten aus der westlichen Ostsee. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, Reihe B, Nr. 24, 129pp.
- LARGIER J. L., 2003: Considerations in estimating larval dispersal distances from oceanographic data. *Ecol. Applications* 13 (1): S71-S89.
- LARKIN, R. P., 1991: Flight speeds observed with radar, a correction: slow „birds“ are insects. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29: 221-224.
- LASS, H. U.: 2003: Über mögliche Auswirkungen von Windparks auf den Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee. In: Meeresumwelt-Symposium 2002. Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. S. 121-130.
- LAUSTEN, M. and P. LYNGS, 2004: Trækfugle på Christiansø 1976-2001. Christiansø Naturvidenskabelige Feltstation.
- LAW, R. J., ALLCHIN, C. R. and L. K. MEAD, 2005: Brominated diphenyl ethers in the blubber of twelve species of marine mammals stranded in the UK. *Mar. Poll. Bull.* 50: 356-359.
- LEIPE, T., KERSTEN, M., HEISE, S., POHL, C., WITT, G., LIEHR, G., ZETTLER, M. and F. TAUBER, 2005: Ecotoxicity assessment of natural attenuation effects at a historical dumping site in the western Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 50, p 446–459.
- LEMKE, W. und F. TAUBER, 1997: Bericht zur Auswertung von Sidescan-Sonar.Aufzeichnungen von bathymetrischen Daten von Munitionsverdachtsflächen in der Pommerschen Bucht. Interner Bericht, Institut für Ostseeforschung Warnemünde, 19 S.

- LEMKE, W., 1998: Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkona-Becken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression. *Meereswissenschaftliche Berichte, Warnemünde*, 31, 156 S. mit Anhang.
- LEMKE, W., KUIJPERS, A., HOFFMANN, G., MILKERT, D. and R. ATZLER, 1994: The Darss Sill, Hydrographic Threshold in the Southwestern Baltic: Late Quarternary Geology and Recent Sediment Dynamics. *Continental Shelf Research*, 14, 847-870.
- LEONHARD, S. B. and J. PEDERSEN, 2005: Hard bottom substrate monitoring, Horns Rev offshore wind farm. Annual Status Report 2004. Bio/consult as and Elsam Engineering, 79 pp.
- LEOPOLD, M. F., WOLF, P.A. and O. HÜPPOP, 1992: Food of young and colony-attendance of adult guillemots *Uria aalge* on Helgoland. *Helg. Meeresunters.* 46: S.237-249.
- LICK, R. R., 1991: Parasites from the digestive tract and food analysis of harbour porpoise from German coastal waters, P.G.H. Evans (Ed.): European Research on Cetaceans, European Cetacean Society, vol. 5: S. 65-68.
- LICK, R. R., 1991: Untersuchungen zu Lebenszyklus (Krebse - Fische - Marine Säuuger) und Gefrierresistenz anisakider Nematoden in Nord- und Ostsee. Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität. Kiel. 189 pp.
- LIECHTI F., KLAASEN, M. and B. BRUDERER, 2000: Predicting migratory flight altitudes by physiological migration models, *The Auk* 117, S. 205-214. et al., 2000.
- LIECHTI, F. and B. BRUDERER, 1998: The relevance of wind for optimal migratory theory, *J. Avian Biol.* 29, S. 561-568).
- LØKKEBORG, S., HUMBORSTAD, O.B. and T. JORGENSEN, 2002: Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platforms. *ICES Journal of Marine Science* 59 (S): 294-299.
- LÖWE, P., BECKER, G., BROCKMANN, U., FROHSE, A., HERKLOTZ, K., KLEIN, H. und A. SCHULZ, 2003: Nordsee und Deutsche Bucht 2002. Ozeanographischer Zustandsbericht. Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, Nr. 33, 89 S.
- LUCKE, K., SUNDERMEYER, J. and U. SIEBERT, 2006: MINOSplus Status Seminar, Stralsund, Sept. 2006, Präsentation.
- LUCKE K., P.A. LEPPER, M.-A. BLANCHET and U. SIEBERT, 2007a. Testing the auditory tolerance of harbour porpoise hearing for impulsive sounds. Posterpräsentation auf der internationalen Fachkonferenz: „Effects of Noise on Aquatic Life“, Nyborg 2007.
- LUCKE K., P.A. LEPPER, B. HOEVE, E. EVERAARTS, N. VAN ELK and U. SIEBERT, 2007b. Perception of low-frequency acoustic signals by a harbour porpoise in the presence of simulated offshore wind turbine noise. *Aquatic mammals*, 33:55-68.
- LUCKE K., P.A. LEPPER, M.-A. BLANCHET and U. SIEBERT, 2008. How tolerant are harbour porpoises to underwater sound? In: Wollny-Goerke K. and K. Eskildesen (Eds). *Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. MINOS- marine warm-blooded animals in North and Baltic Seas.* Teubner Verlag, Wiesbaden.
- LUDWIG, A., DEBUS, L., LIECKEFELD, D., WIRING, I., BENECKE, N., JENCKENS, I., WILLIOT, P., WALDEMANN, J. R. and C. PITRA, 2002: When the American sea sturgeon swam east. *Nature* 419: 447-448.
- LUDWIG, S., RISCH, D., WERNER, S. und U. SIEBERT, 2004: Interkalibrierung verschiedener Methoden zur Erfassung von Schweinswalbeständen im Walschutzgebiet des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. *Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich - Endbericht. Teilprojekt 4.* Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Tönning, Germany. 193 pp.

- LYNAM, C. P., HAY, S. J. and A. S. BRIERLEY, 2004: Interannual variability in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation. *Limnol. Oceanogr.* 49: 637-643.
- MADSEN, J., CRACKNELL, G. and T. FOX, 1999: Goose Populations of the Western Palearctic. A review of status and distribution. Wetlands International Publication No. 48. National Environmental Research Institute, Denmark.
- MADSEN, P. T., WAHLBERG, M., TOUGAARD, J., LUCKE, K. and P. TYACK, 2006: Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 309: S. 279-295.
- MARKS, J. S. and REDMOND, R. L., 1994: Migration of bristle-thighed curlews on Laysan Island: timing, behavior and estimated flight range. *Condor* 96: 316-330.
- MATTHÄUS, W., 1996: 1.2. Ozeanographische Besonderheiten. In: LOZAN et al. (Hrsg.) Warnsignale aus der Ostsee, Verlag Paul Parey, Berlin: 17-24.
- MAYR, E. und W. MEISE, 1930: Theoretisches zur Geschichte des Vogelzuges. *Vogelzug* 1: 149-172.
- MCCONNELL, B. J., FEDAK, M. A., LOVELL, P. and P. S. HAMMOND, 1999: Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *J. Appl. Ecol.* 36: 573-590.
- MEIER, H. E. M., BROMAN, B. and E. KJELLSTRÖM, 2004: Simulated sea levels in past and future climates of the Baltic Sea. *Climate Research*, 27, 59-75.
- MENDEL, B., N. SONNTAG, J. WAHL, P. SCHWEMMER, H. DRIES, N. GUSE, S. MÜLLER UND S. GARTHE 2008: Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 59, 437 S.
- MERCK, T. und H. von NORDHEIM, 1996: Rote Listen und Artenlisten der Tiere und Pflanzen des deutschen Küstenbereichs der Ostsee. - BfN, Bonn-Bad Godesberg, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 48: 1-108.
- MES, M. J., 1990: Ekofisk Reservoir Voidage and Seabed Subsidence. *Journal of Petroleum Technology*, 42, 1434-1439.
- MESSPROGRAMM MEERESUMWELT, 2005: Zustandsbericht 1999 – 2002 für Nordsee und Ostsee. Herausgegeben vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Hamburg, Sekretariat BLMP. <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/BLMP-Messprogramm/index.jsp>.
- MEYER, P. F., 1935: Die Salz- und Brackwasserfische Mecklenburgs. Arch. Naturg. Mecklenb. N. F. Bd. 9: 59-97.
- MEYER, S. K., SPAAR, R. and B. BRUDERER, 2000: To cross or to follow the coast? Flight directions and behaviour of migrating raptors approaching the Mediterranean Sea in autumn. *Behaviour* 137: 379-399.
- MIESKE, B., 2002: Bericht über die 494. Reise des FFK „Solea“ vom 13.06 bis 28.06.2002. Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BfA). Homepage 6 S.
- MIESKE, B., 2003: Bericht über die 510. Reise des FFK „Solea“ vom 13.06 bis 28.06.2003. Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BfA). Homepage 6 S.
- MIESKE, B., 2006: Bericht über die 558. Reise des FFK „Solea“ vom 12.06 bis 23.06.2006. Untersuchungen zur demersalen Fischfauna in den für Naturschutz bedeutsamen Gebieten vor der deutschen Ostseeküste mittels Grundschnernetz. Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BfA). Homepage 13 S.

- MILLER, H., GOHL, K., UNZELMANN-NEBEN, G., MÜLLER, C. and W. JOKAT, 2002: Acoustic parameters and hydroacoustic equipment: natural noise, industrial exploration and basic science. *Polarforschung*, 72 (2/3), S. 109-114.
- MÖBIUS, K., 1873: Die wirbellosen Tiere der Ostsee. Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für das Jahr 1871, 1: 97-144.
- MÖBIUS, K. und F. HEINCKE, 1883: Die Fische der Ostsee. Kiel: 206 S.
- MOJSKI, J. E., 2000: The Evolution of the Southern Baltic Coastal Zone. *Oceanologia* 42, 285-303.
- MOREAU, R. E., 1954: The main vicissitudes of the European avifauna since the Pliocene. *Ibis* 96: 411-431.
- MOYLE, P. B. and J. J. CECH, 2000: Fishes. An Introduction to Ichthyology. 4<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall: 1-612.
- MÜLLER, G., WOHLSEIN, P., BEINECKE, A., HAAS, L., GREISER-WILKE, I., SIEBERT, U., FONFARA, S., HARDER, T., STEDE, M., GRUBER, A. D. and W. BAUMGÄRTNER, 2004: Phocine distemper in German seals. *Emerging Infectious Diseases* 10: 723-725.
- MÜLLER, H. H., 1981: Vogelschlag in einer starken Zugnacht auf der Offshore-Forschungsplattform „Nordsee“ im Oktober 1979. *Seevögel* 2: 33-37.
- MÜLLER, H., 1983: Fische Europas. Deutscher Taschenbuch Verlag. 320 Seiten.
- MÜLLER, K., 1982: Coastal research in the Gulf of Bothnia. W. Junk Publishers, The Hague Boston London.
- NAUSCH, G., FEISTEL, R., LASS, H. U., NAGEL, K. und H. SIEGEL: Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 1999-2004. Warnemünde. Im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie Hamburg und Rostock.
- NEDWELL, J. R., EDWARDS, B., TURNPENNY, A. W. H. and J. GORDON, 2004: Fish and Marine Mammals Audiograms: a summary of available information, Subacoustech Report 534R0214.
- NEHLS, H. W. and Z. ZÖLLICK, 1990: The moult migration of the Common Scoter (*Melanitta nigra*) off the coast of the GDR. *Baltic Birds* 5 (Proceedings) Vol. 2: 36-46.
- NEHRING, S., 2003: Einnischung exotischer und wärmeliebender Arten. In: Lozan J. L., Racher, E., Reise, K., Sündermann, J. and H. von Westernhagen (Hrsg.), Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer - Eine aktuelle Umweltbilanz GEO, Hamburg S. 169-171.
- NELLEN, W. und R. THIEL, 1995: In: RHEINHEIMER, G. (Hrsg.) Meereskunde der Ostsee. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 189 - 196.
- NELLEN, W., 1968: Fischbestand und die Fischereiwirtschaft in der Schlei. Biologie, Wachstum, Nahrung und Fangerträge der häufigsten Fischarten. *Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein* 381: 5-50.
- NOWACEK, S. M., WELLS, R. S. and A. R. SOLOW, 2001: Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science* 17: 673-688.
- OLSEN, B., MUNSTER, V. J., WALLENSTEN, A., WALDENSTRÖM, J., OSTERHAUS, A. D. M. E and R. A. M. FOUCHIER, 2006: Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science* 312: 384-388.
- OLSSON, A. and Å. BERGMAN, 1995: A new persistent contaminant detected in Baltic wildlife: Bis (4-chlorophenyl) sulfone. *Ambio* 24: 119-123.

- OREJAS, C., JOSCHKO, T., SCHRÖDER, A., DIERSCHKE, J., EXO, K. M., FRIEDRICH, E., HILL, R., HÜPPOP, O., POLLEHNE, F., ZETTLER, M. L. und R. BOCHERT, 2005: Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO). Abschlussbericht. BMU.
- ORTHMANN, T., 2000: Telemetrische Untersuchungen zur Verbreitung, zum Tauchverhalten und zur Tauchphysiologie von Seehunden *Phoca vitulina vitulina*, des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany.
- OSPAR/ICES, 1996: Workshop on the overall evaluation and update of background / reference concentrations for nutrients and for contaminants in sea water, biota and sediment. Hamburg 22.-25. Oktober 1996 Hamburg, WS Background 96/6/1-E Annex 4.
- OTT, J., 1996: Meereskunde. UTB-Verlag, Stuttgart, 340-342.
- OTTO, L., ZIMMERMANN, J. T. F., FURNES, G. K., MORK, M., SAETRE, R. and G. BECKER, 1990: Review of the Physical Oceanography of the North Sea. Netherland. *Journal of Sea Research*, 26(2-4), 161-238.
- PANOV, V. E., KRYLOV, P. I. and N. RICCARDI, 2004: Role of diapause in dispersal and invasion success by aquatic invertebrates. *J. Limnol.* 63: 56-69.
- PASCHEN, M., RICHTER, U. and W. KÖPNICK, 2000: TRAPESE – Trawl Penetration in the Seabed. Abschlussbericht, Universität Rostock, Fachbereich Maschinenbau und Schiffstechnik, Institut für Maritime Systeme und Strömungstechnik, 150 S. mit Anhang.
- PETERSEN, C. G. J., 1918: The sea bottom and its production of fish-food. A survey of work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883-1917. *Rep. Dan. Biol. Sta.* 25: 62 S.
- PETERSONS, G., 2004: Seasonal migrations of north-eastern populations of Nathusius' bat *Pipistrellus nathusii* (Ciroptera). *Myotis*, Vol. 41/42:29-56.
- PETTERSSON, J. AND T. STALIN, 2003: The influence of offshore windmills on migration birds in southeast coast of Sweden. GE Wind Energy.
- PETTERSSON, J., 2001: Bird observation in southern Kalmar Sund. Autumn / early winter 2000. Report to Vindkompaniet AB/Enron Wind Sverige.
- PFEIFER, G., 1974: Schleswig-Holstein als Schlüsselpunkt des Vogelzuges zwischen Nord und Süd, Ost und West.- In: SCHMIDT, G. A. J. und K. BREHM (Hrsg.): *Vogelleben zwischen Nord- und Ostsee.*- Neumünster.
- PIERCE, G. J., THOMPSON, P. M., MILLER, A., DIACK, J. S. W., MILLER, D. and P. R. BOYLE, 1991: Seasonal variation in the diet of common seals (*Phoca vitulina*) in the Moray Firth area of Scotland. *J. Zool.* 223: 641-652.
- POHL, C., HENNINGS, U. und T. LEIPE, 2006: Die Schwermetall-Situation in der Ostsee im Jahre 2005. Meereswissenschaftliche Berichte des Leibnizinstitut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), 66.
- POSTEL, L., 2005. Zooplankton: BLMP-Bericht, Meeresumwelt 1999-2002, Bund-Länder Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee, S. 237-243.
- PRENA, J., GOSSELCK, F., SCHROEREN, V. and J. VOSS, 1997: Periodic and episodic benthos recruitment in southwest Mecklenburg Bay (western Baltic Sea). *Helgoländer Meeresunters.* 51, 1-21.
- RACHOR, E., 1990: Veränderungen der Bodenfauna. In: LOZAN, J. L., LENZ, W., RACHOR, E., WATERMANN, B. und H. V. WESTERNHAGEN (Hrsg.): *Warnsignale aus der Nordsee.*
- RAE, B. B., 1965: The food of the common porpoise, *J. Zool.* 146, S. 114-122.

- RAE, B. B., 1973: Additional notes on the food of the common porpoise, *J. Zool.*, 169, S. 127-131.
- RAUTENBERG, W., 1956: Über den Verlauf des Vogelzuges im Raum von Rügen, *Beitr. Vogelkunde* 6, S. 257 – 267.
- READ, A. J. and A. J. WESTGATE, 1997: Monitoring the movements of harbour porpoise with satellite telemetry. *Marine Biology*, 130, S. 315-322.
- REID, J. B., EVANS, P. G. H. and S. P. NORTHBRIDGE, 2003: Atlas of the cetacean distribution in north-west european waters, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- REIJNDERS, P. J. H., 1986: Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature* 324: 456-457.
- REIJNDERS, P. J. H., 1992: Harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the North Sea: numerical responses to changes in environmental conditions. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26: 75-85.
- REMANE, A., 1955: Die Brackwasser-Submergenz und die Umkomposition der Coenosen in Belt-und Ostsee, Kieler Meeresforsch.
- REMANE, A., 1958: Ökologie des Brackwassers. In: REMANE, A. und C. SCHLIEPER (Hrsg.): Die Biologie des Brackwassers. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1-216.
- REMMERT, H., 1968: Über die Besiedlung des Brackwasserbeckens der Ostsee durch Meerestiere unterschiedlicher ökologischer Herkunft, *Oecologia*, 1: 296-303.
- RHEINHEIMER, G. (Hrsg.), 1996: Meereskunde der Ostsee. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 338pp.
- RICHARDSON, J. W., 1990: Timing of bird migration in relation to weather: updated review. In: E. Gwinner (Hrsg.), *Bird Migration: The Physiology and Ecophysiology*, Berlin-Heidelberg-New York, 78-101.
- RICHARDSON, J. W., 2002: Marine mammals versus seismic and other acoustic surveys: Introduction to the noise issue. *Polarforschung*, 72 (2/3), S. 63-67.
- RICHARDSON, W. J., GREENE, C. R., MALME, C. I. and D. H. THOMSON, 1995: Marine mammals and noise. Academic Press. San Diego. 576 pp.
- RIECKEN, U., RIES, U. und A. SSYMANK, 1994: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 41, 1-141
- RIJNSDORP, A. D., VAN LEEUWEN, P. I., DAAN, N. and J. L. HEESSEN, 1996: Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906-1909 and 1990-1995. *ICES Journal of Marine Science* 53 (6): 1054-1062.
- RÖNN, VON, J., 2001: Zug- und Rastvögel der Greifswalder Oie. Seevögel. *Seevögel*, 22, Sonderheft 1: 58-107.
- ROSE P. M. and D. A. SCOTT 1997: Waterfowl population estimates. 2. Aufl., Wetlands International Publ. 44, Wageningen.
- RUCK, K.-W., 1969: Voruntersuchungen und Baugrundverhältnisse für eine Brücke über den Fehmarn-Belt. *Der Bauingenieur*, 44, 175-180.
- RUDOWSKI, S., 1979: The Quaternary History of Baltic Poland. In: GUDELIS, V. and L.-K. KÖNIGSSON, Hrsg.: The Quaternary History of the Baltic. Acta Universitatis Upsaliensis. Symposia Universitatis Upsaliensis Annum Quingentesimum Celebrantis, 1, 175-183.
- RUMOHR, H., 1993: Erfahrungen und Ergebnisse aus 7 Jahren Benthosmonitoring in der südlichen Ostsee; in DUINKER, J. C. (Hrsg.): Das Biologische Monitoring der Ostsee im Institut

- für Meereskunde Kiel 1985-1992. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel Nr. 240: 207 S.
- RUMOHR, H., 1995: 6.3.2 Zoobenthos. In: G. RHEINHEIMER (Hrsg.): Meereskunde der Ostsee. 2. Auflage. – Berlin; Heidelberg; Mailand; Paris; Tokyo: Springer Verlag, 1995. 173-181.
- RUMOHR, H., 1996: Veränderungen des Lebens am Meeresboden, S. 162-168. In: Wahrsignale aus der Ostsee, Lozan, J. L., LAMPE, R., MATTHÄUS W., RACHOR, E., RUMOHR, H. und H. VON WESTERNHAGEN, Hrsg.
- RUMOHR, H., 2003: Am Boden zerstört... Auswirkungen der Fischerei auf Lebewesen am Meeresboden des Nordost-Atlantiks. WWF Deutschland, 26 S.
- RUMOHR, H. and P. KROST, 1991: Experimental evidence of damage to benthos by bottom trawling with special reference to *Arctica islandica*. Meeresforsch. 33, 340-345.
- SANDBERG, R. and S. ÅKESSON, 1999: Behavioural ecology of migratory orientation. In: Adams, N.J. and Slotow, R.H. (eds) Proc. 22 Int. Ornithol. Congr., Durban: 1005-1016. Johannesburg BirdLife South Africa.
- SANTOS, M. B. and G. J. PIERCE, 2003: The diet of harbour porpoise in the northeast Atlantic. *Oceanography and Marine Biology: An annual review*, 41, S. 355-390.
- SCHEIDAT, M., GILLES, A. und U. SIEBERT, 2004 b: Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee. MINOS - Teilprojekt 2, Abschlussbericht, S. 77-114.
- SHELTEMA, R. S., 1986: On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bull. Mar. Sci.* 39: 290-322.
- SCHRÖDER, H., 1980: Bemerkenswerte Fischnachweise aus der Ostsee. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg* 23(1): 10-15.
- SCHULZ, S., 1968: Rückgang des Benthos in der Lübecker Bucht. Monatsbericht. Dt. akad. Wissensch. Berlin 10: 748-754.
- SCHULZ, S., 1969a: Benthos und Sediment in der Mecklenburger Bucht. *Beiträge zur Meereskunde* 24/25: 15-55.
- SCHULZ, S., 1969b: Das Makrobenthos der südlichen Beltsee (Mecklenburger Bucht und angrenzende Seegebiete). *Beiträge zur Meereskunde* 25: 21-46.
- SCHULZ-OHLBERG, J., LEMKE, W. and F. TAUBER, 2002: Tracing Dumped Chemical Munitions in Pomeranian Bay (Baltic Sea) at Former Transport Routes to the Dumping Areas off Bornholm Island. In: MISSIAEN, T. and J.-P. HENRIET, Hrsg.: Chemical Munition Dump Sites in Coastal Environments. Belgian Ministry of Social Affairs, Public Health and Environment, 43-51.
- SHD (SEEHYDROGRAPHISCHER DIENST DER DDR), 1987: Kadettrinne.
- SHIRMEISTER, B., 1992: Zu Verlusten von Wasservögeln in Fischnetzen der Küstenfischerei. Ornithologische Rundbriefe, M.-V. 35: S. 23-26.
- SIEGEL, H., GERTH, M. and A. MUTZKE, 1999: Dynamics of the Oder river plume in the Southern Baltic Sea: satellite data and numerical modelling. *Continental Shelf Research*, 19, 1143-1159.
- SKIBA, R., 2003: Europäische Fledermäuse: Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. Westarp Wissenschaften-VerlagsGmbH, Hohenwarsleben.
- SKOV, H. and E. PRINS, 2001: Impact of Estuarine Fronts on the Dispersal of Piscivorous Birds in the German Bight. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214, 279-287.



- SKOV, H., CHRISTENSEN, K. D., JACOBSEN, E. M., MEISSNER, J. and J. DURINCK, 1998: Birds and marine mammals. Baseline investigation. Fehmarn Belt Feasibility Study coast-to-coast investigations of environmental impact. Technical note, phase 2. COWI-Lahmeyer. Report-no. 27774C-E-N-11-1.
- SKOV, H., DURINCK, J., LEOPOLD, M. F. and M. L. TASKER, 1995: Important Bird Areas for seabirds in the North Sea. BirdLife International, Cambridge.
- SOUTHALL B.L., A. E. BOWLES, W. T. ELLISON, J. J. FINNERAN, R.L. GENTRY, C. R. GREENE, D. KASTAK, D. R. KETTEN, J. H. MILLER, P. E. NACHTIGALL, W. J. RICHARDSON, J. A. THOMAS and P.L. TYACK, 2008: Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33:509 p.
- SOMMER, U., 1998: Biologische Meereskunde. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 475 S.
- STARK, H., 1996: Flugmechanik nachts ziehender Kleinvögel, Diss. Univ. Basel.
- STRATHMAN, R. R., 1978: Length of pelagic period in echinoderms with feeding larvae from the northeast Pacific. *J. Exp. Mar. Biol.* 34: 23-27.
- STRYBNY, J. und SCHULZ, D., 2001: Sichtbarkeitsanalyse für Offshore-Windparks, [www.gigawind.de](http://www.gigawind.de).
- TARDENT, P., 1993: Meeresbiologie. Eine Einführung. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 305 S.
- TAUBER, F. und W. LEMKE, 1995: Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee – Blatt Darß. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 47, 171-178.
- TAUBER, F., LEMKE, W. and R. ENDLER, 1999: Map of Sediment Distribution in the Western Baltic Sea (1 : 100,000), Sheet Falster-Møn. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 51, 5-32.
- TAUBER, F., LEMKE, W. and R. ENDLER, 2005: Map of Sediment Distribution in the Western Baltic Sea (1 : 100,000), Sheet Arkona.
- TEILMANN, J., TOUGAARD, J. and J. CARSTENSEN, 2004: Effects of the Nysted Offshore wind-farm construction on harbour porpoises- comparisons with Horns Reef. Workshop on Offshore Wind Farms and the Environment, 21-22 Sept. 2004, Billund, DK, Presentation.
- THAMM, R., G. SCHERNEWSKI, N. WASMUND und T. NEUMANN,, 2004: Spatial phytoplankton pattern in the Baltic Sea, *Coastline Reports*, 4. 85-109.
- THEOBALD, N., 1998, Identifizierung neuer Schadstoffe im Rahmen der Meeresumwelt-Überwachung (Target- und Non-Target-Screening), *Dt. Hydrogr. Z.*, Suppl. 8, 27-37.
- THIEL, R. und H. M. WINKLER, 2004: Erfassung von FFH-Anhang II-Fischarten in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee (ANFIOS). Zwischenbericht über das F+E-Vorhaben, FKZ: 803 85 220.
- THIEL, R., 1991: Stoff- und Energieumsatz der Jung- und Kleinfische in Boddengewässern der südlichen Ostsee. *Arb. des Deutschen Fischerei-Verbandes* 52: 45-60.
- THIEL, R., WINKLER, H. M. und L. URHO, 1996: 3.2.1. Zur Veränderung der Fischfauna. In: LOZAN et al. (Hrsg.) Warnsignale aus der Ostsee, Verlag Paul Parey, Berlin: 181-188.
- THIENEMANN, J., 1927: Rossitten, Neudamm.
- THOMSEN, F., LÜDEMANN, K., KAFEMANN, R. and W. PIPER, 2006: Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, Biola, Hamburg, on behalf of COWRIE.
- THORSON, G., 1957: Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on Marine Ecology and Palaeoecology Vol I, Ecology, ed. J.W. Hedgpeth. *Memoirs of the Geological Society of America* 67: 461-534.

- TOUGAARD, J., CARSTENSEN, J., HENRIKSEN, O. D., TEILMANN, J., and J. R. HANSEN, 2004a: Harbour porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Windfarm, Annual Status Report 2003, NERI.
- TOUGAARD, J., CARSTENSEN, J., SKOV, H., TEILMANN, J. and O. D. HENRIKSEN, 2004b: Effects from pile driving operations on harbour porpoises at Horns Reef offshore wind farm, monitored by TPODs and behavioural observations. Workshop on Policy on Sound and Marine Mammals, USMMC and JNCC, 28-30 Sept. 2004, London, Presentation.
- TOUGAARD, J., TEILMANN, J. and J. R. HANSEN, 2004c: Effects of the Horns Reef windfarm on harbour porpoises. – Interim report to ELSAM Engineering A/S for the harbour porpoise monitoring program 2004, NERI.
- TRITES, A. W., CHRISTENSEN, V. and D. PAULY, 2006: Effects of fisheries on ecosystems: just another top predator?
- TUCKER, G. M. and M. F. HEATH, 1994: Birds in Europe: their conservation status. BirdLife Conservation Series 3, Cambridge.
- TULP, I., MCCHESENEY, S. and DE GOEIJ, P., 1994: Migratory departures of waders from northwestern Australia: behaviour, timing and possible migration routes. *Ardea* 82: 201-221.
- UBA, 2004: Studie zur Ermittlung von Hintergrundwerten bzw. der natürlichen Variabilität von chemischen und biologischen Messgrößen im Meeresmonitoring; UBA Texte 38/04; ISSN 0722-186X; p45-46.
- USCINOWICZ, S., KRAMARSKA, R. and P. PRZEZDZIECKI, 1988: The Quarternary of the South-West Region of the Polish Baltic. In: WINTERHALTER, B., Hrsg.: The Baltic Sea. Geological Survey of Finland, Special Paper, 6, 31-37.
- VARANESI, U. [Hrsg.], 1989: Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. CRC Press Inc. Boca Raton. Florida.
- VLIESTRA, L. S., 2005: Spatial associations between seabirds and prey: effects of large-scale prey abundance on small-scale seabird distribution.
- VOIPIO, A., 1981: The Baltic Sea. Elsevier Oceanogr. Ser. 30, Amsterdam, Oxford, New York.
- WAHLBERG, M. and H., WESTERBERG, 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, vol. 288: 295-309.
- WALTER, G., MATTHES, H. und M. JOOST, 2005: Fledermauszug über Nord- und Ostsee. *Natur und Landschaft*, 41, 12-21.
- WANLESS S., 2006: Climate change and North Sea seabirds. 24<sup>th</sup> Intern. Ornithological Congress in Hamburg, 17.-21. Aug. 2006, Presentation.
- WASMUND, N. 1997: Occurrence of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea in relation to environmental conditions. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 82: 169-184.
- WASMUND, N. F. POLLEHNE, L. POSTEL, H. SIEGEL und M. ZETTLER, 2005. Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2004, *Mar. Sci. Reports, IOW* No.64, 78 S.
- WASMUND, N. J. GÖBEL und C. SCHÖPPE, 2005. Phytoplankton: BLMP-Bericht, Meeresumwelt 1999-2002, Bund-Länder Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee, S. 219-236.
- WASMUND, N., F. POLLEHNE, L. POSTEL, H. SIEGEL und M. ZETTLER, 2004: Biologische Zustandseinschätzung der Ostsee im Jahre 2003. *Meereswiss. Ber., Warnemünde*, 60, 94 pp.
- WASMUND, N., G. NAUSCH, L. POSTEL, Z. WITEK, M. ZALEWSKI, S. GROMISZ, E. LYSIAK-PASTUSZAK, I. OLENINA, R. KAVOLYTE, A. JASINSKAITE, B. MÜLLER-KARULIS, A. IKAUNIECE, A. ANDRUSHAITIS, H. OJAVEER, K. KALLSTE und A. JAANUS, 2000. Trophic status of coastal

- and open areas of the south-eastern Baltic Sea based on nutrient phytoplankton data from 1993-1997, *Mar. Sci. Reports IOW*, No. 38, 83 S.
- WATERMANN, B., SCHULTE-OEHLMANN, U. und J. OEHLMANN, 2003: Endokrine Effekte durch Trbutylzinn (TBT). In: Lozan, J.L., Rachor, E., Reise, K., Sündermann, J. und H. von Westernhagen. Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer – Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg 2003. 239-244.
- WATTENBERG, H., 1949: Entwurf einer natürlichen Gliederung der Ostsee. *Kieler Meeresforschungen*, 6, 10-15.
- WEIGELT, M., 1985: Auswirkungen des Sauerstoffmangels 1981 auf Makrozoobenthos und Bodenfische in der Kieler Bucht. *Berichte aus Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel* 138: 122 S.
- WEIGELT, M., 1987: Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Bodenfauna der Kieler Bucht. - *Berichte aus dem Institut für Meereskunde Kiel*, 176: 1-297.
- WEBER, W. und O. BAGGE, 1996: Belastungen durch die Fischerei, S. 88-92. In: Wahrsignale aus der Ostsee, LOZAN, J.L., R. LAMPE, W. MATTHÄUS, E. RACHOR, H. RUMOHR und H. von WESTERNHAGEN, Hrsg.
- WENDELN, H. und J. KUBE, 2005: Zugplanbeobachtungen in der westlichen Ostsee: die Bedeutung des „Darßer Ortes“ für den sichtbaren Vogelzug. 137. Jahresversammlung der DO-G, 29. September bis 4. Oktober 2004 in Kiel. Abstract. *Vogelwarte* 43: 77.
- WERNER, F., HOFFMANN, G., BERNHARD, M., MILKERT, D. und K. VKGREN, 1990: Sedimentologische Auswirkungen der Grundfischerei in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). *Meyniana*, 42, 123-151.
- WESTGATE, A. J., READ, A. J., BERGGREN, P., KOOPMANN, H. N. and D. E. GASKIN, 1995: Diving behaviour of harbour porpoises, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: S. 1064-1073.
- WESTHEIDE, W. und R. RIEGER, 2004: Spezielle Zoologie. Teil 2: Wirbel- oder Schädeltiere. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München. 712 Seiten.
- WETLANDS INTERNATIONAL, 2006: Waterbird population estimates - Fourth edition. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- WINKLER, H. M. und H. SCHRÖDER, 2003: Die Fische der Ostsee, Bodden und Haffe. In: Fische und Fischerei in Ost- und Nordsee. Meer und Museum, Bd. 17. Schriftenreihe des Deutschen Meeresmuseums.
- WINKLER, H. M. und R. THIEL, 1993: Beobachtungen zum aktuellen Vorkommen wenig beachteter Kleinfischarten an der Ostseeküste Mecklenburgs und Vorpommerns (Nordostdeutschland). *Meeresbiol. Beitr. Rostock* 1: 95-104, 3: 49-57.
- WINKLER, H. M., 1991: Changes of structure and stock in exploited fish communities in estuaries of the southern Baltic coast (Mecklenburg-Vorpommern, Germany). *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 76: 413-422.
- WINKLER, H. M., SKORA, K., REPECKA, R., PLIKS, M., NEELO, A., URHO, L., GUSHIN, A. and H. JESPERSEN, 2000: Checklist and status of fish species in the Baltic Sea. ICES, CM 2000/Mini 11: 1-14
- ZANDER, C. D., 1991: Die biologische Bedeutung der Lebensgemeinschaft „Miesmuschelgürtel“ in der Ostsee. *Seevögel*, 12, Sonderheft 1, 127-131.
- ZEHNDER, S., ÅKESSON, S., LIECHTI, F. and B. BRUDERER, 2001: Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *J. Avian Biol.* 32: 239-248.
- ZEILER, M., FIGGE, K., GRIEWATSCH, K., DIESING, M. und K. SCHWARZER, 2004: Regenerierung von Materialentnahmestelle in Nord- und Ostsee. *Die Küste*, 68, 67-98.

- ZETTLER, M. L., RÖHNER, M., FRANKOWSKI, J., BECHER, H. und I. GLOCKZIN, 2003: F+E-Vorhaben, FKZ: 802 85 210, Benthologische Arbeiten zur ökologischen Bewertung von Windenergie- Anlagen-Eignungsgebieten in der Ostsee. Endbericht für die Areale Kriegers Flak (KF) und Westlicher Adlergrund (WAG), Bundesamt für Naturschutz, 54 S.
- ZETTLER, M., R. BÖNSCH and F. GOSSELCK, 2001: Distribution, abundance, and some population characteristics of the Ocean Quahog, *Arctica islandica* (Linnaeus, 1767), in the Mecklenburg Bight (Baltic Sea). *Jour. Shellfish Research*, 20,2:161-169.
- ZETTLER, M.L., BÖNSCH, R. und F. GOSSELCK, 2000: Verbreitung des Makrozoobenthos in der Mecklenburger Bucht (südliche Ostsee) – rezent und im historischen Vergleich. Institut für Ostseeforschung Warnemünde. *Meereswissenschaftliche Berichte* No. 42: 144 S.
- ZYDELIS, R. and M. DAGYS, 1997: Winter period ornithological impact assessment of oil related activities and sea transportation in Lithuanian inshore waters of the Baltic Sea and in Kur-siu Lagoon. *Acta Zool. Lituanica, Ornithologia*, 6: S. 45-65.

## 11 Anhang I - Konzeptentwurf für einen Monitoringplan zu den möglichen erheblichen Auswirkungen von Windenergieanlagen

Der Konzeptentwurf für einen Monitoringplan zu den möglichen erheblichen Auswirkungen von Windenergieanlagen basiert auf dem auf Projektebene beim Testfeldvorhaben „alpha ventus“, geplanten schutzgutbezogenen Effektmonitoring und den im Rahmen der ökologischen Begleitforschung wünschenswerten Untersuchungen.

Im folgenden werden schutzgutbezogen die im Rahmen des projektspezifischen Effektmonitorings nach dem Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (Standarduntersuchungskonzept des BSH (StUK), derzeit StUK 3) und der vom BMU geförderten begleitenden ökologischen Forschung für das Testfeldvorhaben geplanten bzw. wünschenswerten Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen dieses Offshore-Windparkvorhabens mit 12 WEA dargestellt. Aus der Zusammenführung und Auswertung dieser Informationen sind erste Erkenntnisse über etwaige Auswirkungen der Festlegung der Vorranggebiete für Windenergie und die Überprüfung der im Umweltbericht getroffenen Prognosen möglich.

### a) Boden und Wasser

Entsprechend der Zielsetzung des StUK 3 ist im Hinblick auf die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen die Kolk- und Sedimentdynamik im Testfeld „alpha ventus“ zu erfassen, um Änderungen in der Sediment- und Habitatstruktur für die Bewertung der Benthosbesiedlung berücksichtigen zu können.

Im Zusammenhang mit dem Testfeldvorhaben, aber auch hinsichtlich einer eventuellen Fortschreibungen des Plans wird darauf hingewiesen, dass Boden und Wasser Nahrungs- und Lebensraum für die Meeresfauna und –flora darstellen und die wesentlichen Bestandteile mariner Habitate bilden. Sie wirken als Speicher, Puffer und/oder Quelle für Nähr- und Schadstoffe in Meeresökosystemen. Eine wesentliche Besonderheit im Vergleich zu den terrestrischen Ökosystemen ist die fehlende Abgrenzbarkeit mariner Ökosysteme, insbesondere im Hinblick auf den Wasserkörper, dessen Strömungs- und Zirkulationssysteme u.a. die großräumige Verbreitung von Meereslebewesen (z.B. Larven oder Laich) sicher stellt.

Zwischen beiden Kompartimenten und ihrer Dynamik treten ausgeprägte Wechselwirkungen auf, die sich z. B. in der tiefenabhängigen Verteilung von Sedimenttypen oder der Sedimentdynamik in Form von Sandumlagerung und Schwebstofftransport dokumentieren. Hydro- und sedimentdynamische Prozesse, die wiederum von atmosphärischen oder klimatischen Veränderungen abhängig sind, haben einen bestimmenden Einfluss auf biologische Phänomene. So ist die Primärproduktion von den Wassermassen und deren Durchmischung abhängig; die Verteilung der benthischen Lebensgemeinschaften wird insbesondere von Wassertiefe, Sedimenttyp und Salzgehalt kontrolliert. Aus diesem Grund können biologische Zusammenhänge nicht losgelöst von abiotischen Faktoren beschrieben und bewertet werden.

Die im Folgenden dargestellten wünschenswerten Forschungsmaßnahmen für das Schutzgut Boden sollen sicherstellen, dass im Sinne eines integrierten ökosystemaren Ansatzes einerseits das formulierte Ziel eines hohen Umweltschutzniveaus einschließlich der dafür vorgeschriebenen Grundsätze erreicht werden kann, andererseits die im Umweltbericht dargelegten Prognosen in Bezug auf die negativen und positiven Wirkungen des Raumordnungsplans überprüft werden.

Wegen der in Kap. 7.2 dargelegten Kenntnislücken im Hinblick auf Gestalt, Beschaffenheit und Besiedlung des Meeresbodens ist es empfehlenswert, Physiographie, Topographie bzw. Morphologie des Meeresbodens, Verbreitung der vorhandenen Sedimenttypen sowie ihre

Nutzung durch Meeresorganismen zu erfassen. Wesentliches Ziel ist es, eine großräumige Informationsgrundlage über die Bedingungen am Meeresboden zu schaffen und Strukturen auf dem Meeresboden unter dem Aspekt vorhandener und möglicher Nutzungen abzugrenzen.

Zur Erfassung der Meeresbodengestalt und Sedimentverteilung wären indirekte Messverfahren (Seitensichtsonar und Fächerecholot) hilfreich. Die Messdaten sollen stichprobenartig im Rahmen routinemäßiger Seevermessungsaufgaben überprüft und ausgewertet werden. Zusätzlich ist vorgesehen, soweit Messdaten vorliegen, diese im Hinblick auf die Mächtigkeitsverteilung der nacheiszeitlichen Sedimente flächenhaft auszuwerten. Unter Hinzuziehung entsprechender biologischer Expertisen soll eine Verifizierung von raumbezogenen Informationen zur Meeresbodenbeschaffenheit und –besiedlung eine nachhaltige Raumordnung in der AWZ sicherstellen.

Die Dokumentation der flächendeckenden Ergebnisse zur Meeresbodenbeschaffenheit und –besiedlung erfolgt durch die Übernahme der Fachinformationen in ein entsprechendes Informationssystem (z. B. „Shelf Geology Explorer“) im Rahmen der GDI-BSH mit geeigneter Qualitätssicherung, so dass ein fachübergreifender Zugriff auf die Ergebnisse nach dem Stand der Geoinformationstechnologie sicher gestellt ist.

Für die ozeanographische Umweltbeobachtung wird auf das bestehende marine Umweltmessnetz des BSH „MARNET“ zurückgegriffen, das an 5 Stationen im Bereich der Deutschen Bucht meeresphysikalische und –chemische Standardparameter kontinuierlich erfasst. Um die in Kap. 7.2 aufgezeigten Informationslücken auf dem Gebiet der stofflichen Umweltüberwachung zu verringern, sollte ein räumlich hoch aufgelöstes Untersuchungsprogramm für Sedimente durchgeführt werden, bei dem ein erweitertes Schadstoffspektrum und ein Non-Target-Screening durchgeführt wird. Da es sich hierbei um sehr aufwändige Untersuchungen handelt, kann ein solches Vorhaben nur im Rahmen eines Sonderprogramms durchgeführt werden.

Für die Wasser- und Schwebstoffphase müssten evtl. auch zeitlich höher aufgelöste Untersuchungen erfolgen, um dynamische Prozesse und jahreszeitliche Einflussgrößen zu erfassen.

## **b) Phyto- und Zooplankton**

Unabhängig von den vorhabensbezogenen Vorgaben des StUK sind grundsätzlich folgende Maßnahmen der begleitenden Forschung zur Erfassung von Wechselwirkungen innerhalb der marinen Nahrungsketten im Rahmen der Entwicklung eines Konzepts für das Testfeldvorhaben hinsichtlich Phyto- und Zooplankton wünschenswert.

Aus der Zustandsbeschreibung des Phyto- und Zooplanktons im Kapitel 2.3 und 2.4 wurde deutlich, dass Informationen über Wechselwirkungen mit anderen Schutzgütern weitgehend fehlen. Das gleiche gilt für die komplexen trophischen Beziehungen innerhalb der marinen Nahrungsketten. Dies liegt zum einen an den komplexen Kausalketten der Effekte zwischen biotischen und abiotischen Faktoren. Zum anderen fehlen Daten bzw. Überwachungsprogramme für Phyto- und Zooplankton. Derzeit liefert nur die Langzeit-Datenreihe Helgoland Reede Informationen über Abundanz und Biomasse des Phyto- und Zooplanktons im Offshore Bereich. Im Rahmen der begleitenden Untersuchungen für die Plattform FINO I wurden auch Untersuchungen des Merozooplanktons unternommen (BeoFINO Endbericht, 2005).

Es ist jedoch im Laufe der Beschreibung des Vorkommens von höheren Konsumenten (Benthos, Fische, marine Säugetiere und Seevögel) ersichtlich geworden, dass gerade die Abundanz und Biomasse von planktischen Organismen an der Basis der marinen Nahrungsketten eine zentrale Steuerungsrolle im marinen Ökosystem einnimmt. Vor dem Hintergrund der komplexen Wechselwirkungen innerhalb der marinen Nahrungsketten und der voranschreitenden Veränderungen des marinen Ökosystems ist es sinnvoll, im Rahmen der be-

gleitenden Forschung neben hydrographisch-physikalischen Parameter, wie Temperatur und Salzgehalt, auch Daten zur Abundanz und Biomasse von Phyto- und Zooplankton zu erheben. Langjährige Erfahrung bei der Helgoland Reede, aber auch bereits gesammelte Erfahrungen aus den Untersuchungen der FINO I Plattform, können dazu beitragen, das Effektmonitoring im Testfeldvorhaben durch begleitende Untersuchungen an Phyto- und Zooplankton sinnvoll zu ergänzen bzw. ein adäquates Forschungskonzept aufzustellen.

Zur Beurteilung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das Benthos stellt zudem die Erfassung von Meroplankton eine sinnvolle ergänzende Maßnahme dar. Schließlich erlaubt eine durch Einbeziehung von Planktondaten und physikalischen Parametern synoptische Auswertung aller erhobenen Daten eine bessere Evaluierung der Auswirkungen auf die belebte Meeresumwelt, die aus der Durchführung des Raumordnungsplans resultieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Artenspektrum sowie die Abundanz und die Biomasse von Phyto- und Zooplankton für begleitende Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben von Interesse sind. Ein Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

### **c) Benthos**

#### *Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das Benthos*

Die Überwachung des im festgelegten Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ gelegenen Testfeldvorhabens wird sich nach dem StUK (derzeit StUK 3) richten. Vorgesehen sind neben den Untersuchungen der Sediment- und Habitatstruktur mit dem Seitensichtsonar (SSS), wie bereits unter dem Schutzgut Boden beschrieben, Untersuchungen der Epifauna und der Infauna sowie des Aufwuchses an den Unterwasserkonstruktionen.

Zur Erfassung von mittel- und kleinräumigen Auswirkungen auf die Epifauna sind Video-Aufnahmen und Probenahmen mit der Baumkurre vorgesehen. Die mittel- und kleinräumigen Auswirkungen auf die Infauna werden durch Greiferbeprobung untersucht. An mindestens zwei Anlagen wird zudem ein anlagenorientiertes Effektmonitoring vorgenommen (siehe StUK 3). Der Aufwuchs an den Unterwasserkonstruktionen wird durch Video-Aufnahmen dokumentiert. Entnahmen von Aufwuchsproben durch Taucher sind ebenfalls vorgesehen.

Die Erfassung und Quantifizierung der Ursachen einer möglichen Veränderung des Habitats durch Einbringung von Hartsubstrat im Bereich des Windparks werden im Vordergrund stehen. Mögliche Veränderungen des Artenspektrums, der interspezifischen Abundanz- und Dominanzverhältnisse und der Biomasse innerhalb des Windparks und eines Referenzgebietes werden dabei ebenfalls untersucht.

Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorliegenden Untersuchungen im Offshore-Windpark „Horns Rev“ werden bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt. Auf Grund der Abweichungen des Benthoslebensraumes in der Umgebung von „Horns Rev“ im Vergleich zum Offshore Gebiet „Nördlich Borkum“ werden jedoch im Untersuchungsrahmen zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Insgesamt werden durch das Effektmonitoring folgende Aspekte untersucht:

- Habitatveränderungen
- Veränderungen im Artenspektrum, der Abundanz- und Dominanzverhältnisse und in der verfügbaren Biomasse
- Verdrängung gefährdeter Arten

- Begünstigung von Arten in ihrer Abundanz und Verbreitung.

Der Untersuchungsrahmen für das Effektmonitoring der Benthoslebensgemeinschaften im Bereich des Testfeldvorhabens wird noch festgelegt.

*Begleitende Forschung zur Beantwortung von komplexen ökologischen Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das Benthos*

Es ist vorgesehen, im Rahmen des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ begleitende Forschungsmaßnahmen einzuleiten. Hinsichtlich des Benthos betreffen die geplanten Maßnahmen gemeinsame Auswertung von vorhandenen Daten aus Forschungsprogrammen (AWI, Senckenberg), Überwachungsprogrammen (BLMP), Umweltverträglichkeitsstudien und Daten aus dem Effektmonitoring. Dabei sind Langzeitveränderungen des Benthos zu dokumentieren und diese bei der Bewertung von Auswirkungen der Offshore-Windenergieanlagen zu berücksichtigen. Auf Grund der raschen Veränderungen des marinen Ökosystems in den letzten Jahren (Kap. 2) ist zu befürchten, dass eine Bewertung von möglichen Auswirkungen nur anhand der Basisaufnahmen (Umweltverträglichkeitsstudien) und des Effektmonitorings nicht einfach sein wird. So wurde z. B. in den letzten Jahren von klimabedingten Veränderungen des Benthos in der südlichen Nordsee berichtet. Langzeitbeobachtungen des Benthos an der Helgoland Reede zeigen, dass Veränderungen der hydrographischen Bedingungen in den letzten Jahren mit immer stärker ausgeprägten ozeanischen Eigenschaften direkten Einfluss auf die Benthoslebensgemeinschaften haben. So werden an der Helgoland Reede immer mehr Benthosarten südlich-ozeanischer Herkunft festgestellt, die als Indikatoren der Klimaerwärmung gelten (FRANK UND GUTOW, 2004).

Insgesamt werden durch begleitende Forschung für das Schutzgut Benthos eher Aspekte der Datenzusammenführung und gemeinsamen Auswertung abgedeckt:

- Gemeinsame Auswertung von Benthosdaten aus Forschungs-, Überwachungsprogrammen und Umweltverträglichkeitsstudien
- Verschneidung von relevanten Informationen hinsichtlich Wechselwirkungen zwischen Fischerei und Klimaveränderungen auf Benthos
- Erarbeitung von Kriterien, um Auswirkungen der Offshore-Windenergie bewerten zu können.

Ein Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird möglichst zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

*Gemeinsame Auswertung von Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen, Umweltverträglichkeitsstudien und Effektmonitoring*

Im Kapitel 2 (unter 2.6) wurden Ergebnisse aus Forschungsvorhaben (AWI) und aus Umweltverträglichkeitsstudien zur Beschreibung des Benthos in der AWZ eingesetzt. Es wird jedoch angestrebt, alle vorhandenen Daten einer gemeinsamen Auswertung zu unterziehen. Daten aus unterschiedlichen Quellen werden dabei harmonisiert und überprüft, Plausibilität und Vergleichbarkeit der Daten werden kontrolliert. Schließlich werden harmonisierte bzw. bereinigte Datenbestände ausgewertet und dargestellt.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung der Benthos-Daten sollen zudem die Voraussetzung schaffen, um Ergebnisse aus dem Effektmonitoring im Testfeldvorhaben überhaupt bewerten zu können.

Folgende Schritte sind bei der geplanten gemeinsamen Auswertung von Daten aus Forschungsvorhaben und Umweltverträglichkeits-Projektdateien erforderlich:



- Einbeziehung der Daten aus Forschungsvorhaben, Harmonisierung der Datenbestände und Qualitätskontrolle
- Gemeinsame Auswertung der Daten aus Forschungsvorhaben und Umweltverträglichkeitsstudien
- Einbeziehung in der Auswertung der Daten aus dem Effektmonitoring am Testfeldvorhaben
- Einbeziehung der Daten aus den Untersuchungen aus Dänemark (Windpark „Horns Rev“) und aus den Niederlanden (z.B. Windpark Egmond aan Zee) in Zusammenarbeit mit dänischen und niederländischen Kollegen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept zur gemeinsamen Auswertung von bereits vorhandenen und zu erwartenden Informationen über das Benthos entwickelt.

#### *Verschneidung von relevanten Informationen aus Biologie, Geologie, Physik und Chemie des Meeres*

Die Beschreibung des Vorkommens von benthischen Arten sowie der möglichen Auswirkungen bei Durchführung des Raumordnungsplans haben wesentliche Informationslücken aufgezeigt. Informationslücken über Zusammenhänge biotischer und abiotischer Parameter sind dabei besonders prägnant. Es wird angestrebt, durch Verschneidung von Informationen über die Zusammensetzung des Benthos mit den verfügbaren Informationen über den Lebensraum (physikalische und biologische Komponenten), den aktuellen Kenntnisstand zu erweitern. Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ sollen dabei integriert werden. Zudem sind hier Auswertungen, Bewertungsstrategien und Maßnahmen aus verschiedenen küsten- und meerbezogenen Übereinkommen und Gremien in die Betrachtung mit einzubeziehen: OSPAR, WWRL, BLMP, LAWA.

Die Verschneidung von relevanten Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ soll eine ganzheitliche Betrachtung des marinen Ökosystems ermöglichen und überdies Ansätze bzw. Anregungen für ein Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) in Deutschland bieten.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept entwickelt, um sich Fragestellungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Parametern annähern zu können. Insbesondere sind hier ozeanographische Datenerhebungen parallel zu den biologischen Erfassungen zu planen und durchzuführen. Verschneidung der Informationen zur Abundanz und Biomasse des Benthos und Daten zur Temperaturverteilung, Salinität oder Primärproduktion gewähren einen ersten Einblick in Wechselwirkungen. Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Benthos ließen sich voraussichtlich auf der Grundlage der Informationen über Wechselwirkungen zwischen belebter und unbelebter Meeresumwelt leichter differenzieren.

#### *Überprüfung von aufgestellten Prognosen auf Grund neuer Erkenntnisse und ggf. Anpassung von Nutzungsstrategien*

Der aktuelle Kenntnisstand lässt eine sichere Prognose der Entwicklung des Benthos bei Durchführung des Raumordnungsplans in der deutschen AWZ nicht zu. Es ist daher geboten, nach Durchführung der hier dargestellten Maßnahmen zur Überwachung von Auswirkungen bereits aufgestellte Prognosen auf der Basis neu gewonnener Erkenntnisse zu überprüfen. Insbesondere sind kumulative Wirkungen sowie Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung und Offshore-Windenergie auf Benthos hinsichtlich der Prognosen zu überprüfen. Sollten auf Grund neuer Erkenntnisse Abweichun-

gen von den aufgestellten Prognosen eintreten, so sind die Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen anzupassen.

Im Anschluss an die Untersuchungen und Auswertungen von Informationen aus dem Effektmonitoring für das Testfeldvorhaben wird die Überprüfung von aufgestellten Prognosen angestrebt. Für Benthos stehen folgende Auswirkungsprognosen zur Überprüfung an:

- Veränderungen der benthischen Lebensgemeinschaften durch Errichtung von künstlichem Hartsubstrat
- Zeitlich begrenzte erhebliche Auswirkungen in der Bauphase durch Zerstörung von Benthos
- Schnelle Regenerierung des Benthos nach Beendigung der Bauphase
- Unerhebliche Auswirkungen in der Betriebsphase.

#### *Erarbeitung von Bewertungskriterien*

Gemeinsame Auswertung der Daten einerseits und Verschneidung von Informationen andererseits sollen schließlich dazu beitragen, Bewertungskriterien hinsichtlich der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf das Benthos aufzustellen. Auf der Grundlage einer geeigneten Methodik soll die Erheblichkeit der Auswirkungen regional wie überregional bewertet werden. Im Vordergrund steht die Aufstellung von Kriterien, um mögliche Habitatveränderungen kumulativ bewerten zu können. Sollten auf der Basis der erarbeiteten Bewertungskriterien Abweichungen von den aufgestellten Prognosen festgestellt werden, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen zu treffen, ggf. ist die Nutzungsstrategie zu ändern.

Bewertungskriterien für die Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das Benthos sind hinsichtlich folgender Aspekte erforderlich:

- Habitatveränderung durch Errichtung von künstlichem Hartsubstrat
- Veränderungen der Artenzusammensetzung
- Veränderungen der Abundanz- und der verfügbaren Biomasse.

Ziel der gesamten Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf Benthos ist es, durch Aufstellen von geeigneten Bewertungskriterien Nutzungen in der AWZ, im Sinne der Nachhaltigkeit des marinen Ökosystems, wie in den Grundsätzen formuliert, gestalten und steuern zu können.

#### **d) Fische**

##### *Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Fische*

Die Überwachung der Auswirkungen auf Fische im Testfeldvorhaben wird sich nach dem StUK richten. Zur Erfassung der demersalen Fischfauna sind Untersuchungen mit Baumkurre im Vorhabens- und im Referenzgebiet vorgesehen. Zudem ist ein anlagenorientiertes Effektmonitoring durch Aufstellung von Stellnetzen zwischen den Anlagen vorgesehen.

Die Erfassung und Quantifizierung von Effekten einer möglichen Veränderung des Habitats für Fische im Bereich des Windparks durch Einbringung von Hartsubstrat werden im Vordergrund stehen. Dabei werden auch mögliche Veränderungen des Artenspektrums, der Abundanz- und Dominanzverhältnisse und der Biomasse innerhalb des Windparks und im Referenzgebiet untersucht.

Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorliegenden Untersuchungen im Offshore-Windpark „Horns Rev“ werden bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt. Auf Grund der Verschiedenheit der Umgebung von „Horns Rev“ als Lebensraum für Fische in Vergleich zum Offshore Gebiet „Nördlich Borkum“ werden jedoch im Untersuchungsrahmen zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Insgesamt werden durch das Effektmonitoring folgende Aspekte untersucht:

- Relevante Habitatveränderungen für Fische
- Veränderungen im Artenspektrum, in Abundanz- und Dominanzverhältnissen und Biomasse
- Verdrängung gefährdeter Arten
- Begünstigung von Arten in ihrer Abundanz und Verbreitung.

Der Untersuchungsrahmen für das Effektmonitoring für das Testfeldvorhaben für Fische wird noch festgelegt.

*Begleitende Forschung zur Beantwortung von komplexen ökologischen Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Fische*

Es ist vorgesehen, im Rahmen des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ begleitende Forschungsmaßnahmen einzuleiten. Hinsichtlich der Fischfauna betreffen die geplanten Maßnahmen gemeinsame Auswertung von vorhandenen Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen (BfA-Fisch), Umweltverträglichkeitsstudien und Daten aus dem Effektmonitoring. Dabei sind Langzeitveränderungen der Fischfauna zu dokumentieren und diese bei der Bewertung von Auswirkungen der Offshore-Windenergieanlagen zu berücksichtigen. Auf Grund der raschen Veränderungen des marinen Ökosystems in den letzten Jahren (Kap. 2) ist zu befürchten, dass eine Bewertung von möglichen Auswirkungen nur anhand der Basisaufnahmen (Umweltverträglichkeitsstudien) und des Effektmonitorings nicht einfach sein wird. So wird in den letzten Jahren von klima- und fischereibedingten Veränderungen der Fischfauna in der südlichen Nordsee berichtet. Es ist daher eine gemeinsame Auswertung aller vorhandenen Datenbestände aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Küstenmeer und aus der AWZ anzustreben, um Langzeittrends ermitteln zu können.

Hinsichtlich der Auswirkungen von schallintensiven Aktivitäten in der Bauphase auf Fische sind insbesondere Untersuchungen von Wirkzonen des Schalleintrags hinsichtlich Hörbarkeit, Verhaltensreaktion oder physische Schädigung zu ermitteln. Es sind vor allem Berechnungen anhand der tatsächlich gemessenen Schallimmissionen und der Schallcharakteristika vorzunehmen und Auswirkungsprognosen des Schalleintrags auf Fische zu überprüfen. Auf der Basis der gemessenen Schallimmissionen sind eventuell auch experimentelle Arbeiten fortzuführen.

Insgesamt werden durch begleitende Forschung für das Schutzgut Fischfauna folgende Aspekte abgedeckt:

- Ermittlung von Wirkzonen für Fische in Anlehnung an gemessene Schallimmissionen und Schallcharakteristika während der Rammarbeiten im Testfeld
- Ermittlung von Wirkzonen für Fische in Anlehnung an gemessene Schallimmissionen und Schallcharakteristika während der Betriebsphase (Vollast, Wetterbedingungen) im Testfeld.

Ein Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird möglichst zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

### *Gemeinsame Auswertung von Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen, Umweltverträglichkeitsstudien und Effektmonitoring*

Im Kapitel 2 (unter 2.7) wurden Ergebnisse aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen (BFA-Fisch) und aus Umweltverträglichkeitsstudien zur Beschreibung der Fischfauna in der AWZ verwendet. Es wird jedoch angestrebt, alle vorhandenen Daten einer gemeinsamen Auswertung zu unterziehen. Es werden dabei Daten aus unterschiedlichen Quellen harmonisiert und Prüfungen durchgeführt. Plausibilität und Vergleichbarkeit der Daten werden überprüft. Schließlich werden harmonisierte bzw. bereinigte Datenbestände von kompetenten Stellen ausgewertet und dargestellt.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung der Fischfauna-Daten sollen zudem die Voraussetzung schaffen, um Ergebnisse aus dem Effektmonitoring im Testfeldvorhaben überhaupt bewerten zu können.

Folgende Schritte sind bei der geplanten gemeinsamen Auswertung von Daten aus Forschungsvorhaben und Umweltverträglichkeits-Projektdateien erforderlich:

- Einbeziehung der Daten aus Forschungsvorhaben, Harmonisierung der Datenbestände und Qualitätskontrolle
- Gemeinsame Auswertung der Daten aus Forschungs-, Überwachungsvorhaben und Umweltverträglichkeitsstudien
- Einbeziehung in der Auswertung der Daten aus dem Effektmonitoring am Testfeldvorhaben
- Einbeziehung der Daten aus den Untersuchungen aus Dänemark (Windpark „Horns Rev“) und aus den Niederlanden (z.B. Windpark Egmond aan Zee) in Zusammenarbeit mit dänischen und niederländischen Kollegen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept zur gemeinsamen Auswertung von bereits vorhandenen und zu erwartenden Informationen über Fische entwickelt.

### *Verschneidung von relevanten Informationen aus Biologie, Geologie, Physik und Chemie des Meeres*

Bei der Beschreibung des Vorkommens von Fischen sowie der möglichen Auswirkungen bei Durchführung des Raumordnungsplans wurden wesentliche Informationslücken festgestellt. Informationslücken über Zusammenhänge biotischer und abiotischer Parameter sind dabei besonders prägnant. Es wird angestrebt, durch die Verschneidung von Informationen zur Fischfauna mit den verfügbaren Informationen über die physikalischen und biologischen Komponenten des Lebensraumes den aktuellen Kenntnisstand zu erweitern. Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ sollen dabei integriert werden. Zudem sind hier Auswertungen, Bewertungsstrategien und Maßnahmen aus verschiedenen küsten- und meerbezogenen Übereinkommen und Gremien in der Betrachtung mit einzubeziehen: OSPAR, WRRRL, BLMP, LAWA.

Die Verschneidung von relevanten Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ soll eine ganzheitliche Betrachtung des marinen Ökosystems fördern und überdies Ansätze bzw. Anregungen für das IKZM in Deutschland bieten.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept entwickelt, um sich Fragestellungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Parametern annähern zu können. Insbesondere sind hier ozeanographische Datenerhebungen parallel zu den biologi-

schen Erfassungen zu planen und durchzuführen. Die Verschneidung der Informationen zur Abundanz und Biomasse der Fische mit Daten zur Temperaturverteilung, Salinität oder Primärproduktion gewähren einen ersten Einblick in Wechselwirkungen. Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Fische ließen sich voraussichtlich auf der Grundlage der Informationen über Wechselwirkungen mit der belebten und unbelebten Meeresumwelt leichter differenzieren.

#### *Überprüfung von aufgestellten Prognosen auf Grund neuer Erkenntnisse und ggf. Anpassung von Nutzungsstrategien*

Der aktuelle Kenntnisstand lässt eine sichere Prognose der Entwicklung der Fischfauna bei Durchführung des Raumordnungsplans in der deutschen AWZ nicht zu. Es ist daher geboten, nach Durchführung der hier dargestellten Maßnahmen zur Überwachung von Auswirkungen bereits aufgestellte Prognosen auf der Basis neu gewonnener Erkenntnisse zu überprüfen. Insbesondere sind kumulative Wirkungen sowie Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Meeresumweltverschmutzung und Offshore-Windenergie auf Fische hinsichtlich der Prognosen zu überprüfen. Sollten auf Grund neuer Erkenntnisse Abweichungen von den aufgestellten Prognosen eintreten, so sind neue Vermeidungs- und Verringerungsmaßnahmen von erheblichen Auswirkungen zu treffen.

Im Anschluss an die Untersuchungen und Auswertungen von Informationen aus dem Effektmontoring für das Testfeldvorhaben wird die Überprüfung von aufgestellten Prognosen angestrebt. Für die Fischfauna stehen folgende Auswirkungsprognosen zur Überprüfung aus:

- Habitatveränderungen durch Einbringung von künstlichem Hartsubstrat
- Zeitlich begrenzte erhebliche Auswirkungen in der Bauphase durch Zerstörung des Habitats
- Zeitlich begrenzte Auswirkungen durch Schallimmissionen in der Bauphase
- Schnelle Regenerierung des Habitats nach Beendigung der Bauphase
- Unerhebliche Auswirkungen in der Betriebsphase.

#### *Erarbeitung von Bewertungskriterien*

Gemeinsame Auswertung der Daten einerseits und Verschneidung von Informationen andererseits sollen dazu beitragen, Bewertungskriterien hinsichtlich der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf Fische aufzustellen. Auf der Grundlage einer geeigneten Methodik soll die Erheblichkeit der Auswirkungen regional wie überregional bewertet werden. Im Vordergrund steht die Aufstellung von Kriterien, um möglichen Habitatveränderungen kumulativ bewerten zu können. Sollten auf der Basis der erarbeiteten Bewertungskriterien Abweichungen von den aufgestellten Prognosen festgestellt werden, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen zu treffen, ggf. ist die Nutzungsstrategie zu ändern.

Bewertungskriterien der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Fische sind hinsichtlich folgender Aspekte erforderlich:

- Habitatveränderung durch Einbringung von Hartsubstrat
- Veränderungen der Artenzusammensetzung
- Veränderungen der Abundanz- und der Biomasse.

Ziel der gesamten Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf Fische ist es letztlich, durch Aufstellung von geeigneten Bewertungskriterien, Nutzungen in der AWZ im Sinne der Nachhaltigkeit des marinen Ökosystems, wie in den Grundsätzen formuliert, gestalten und steuern zu können.

## **e) Marine Säugetiere**

Folgende Maßnahmen werden im Rahmen der Festlegung des Untersuchungsrahmens für Effektmonitoring und der Entwicklung eines Konzepts zur begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben hinsichtlich mariner Säugetiere weiter konkretisiert:

*Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere.*

Die Monitoringstrategie im Testfeld wird sich nach dem StUK richten. Vorgesehen sind visuelle flugzeug- und schiffsgestützte Transektuntersuchungen des Vorkommens und der Verbreitung mariner Säugetiere während der Bauphase und für mindestens drei, wenn erforderlich bis zu fünf, Jahre ab Inbetriebnahme. Zudem werden akustische Erfassungsmethoden (TPODs) eingesetzt, um die Habitatnutzung des Vorhabensgebiets und der Umgebung durch marine Säugetiere während der Bauphase und im Betrieb festzustellen. Zudem sind Untersuchungen zu Hydroschallemissionen und – immissionen in der gesamten Bauphase und in der Betriebsphase vorgesehen.

Die Erfassung und Quantifizierung von Effekten eines möglichen Habitatverlusts durch Meidungsverhalten mariner Säugetiere gegenüber dem Windpark werden im Vordergrund stehen. Mögliche Verlagerung von Konzentrationsbereichen außerhalb des Windparks oder Anlockeffekte durch den Windpark werden dabei ebenfalls untersucht. Es ist jedoch wichtig, durch zeitgleiche großräumige Erfassung des Vorkommens in der gesamten AWZ mögliche Abundanzschwankungen und mögliche Verlagerungen von Konzentrationsschwerpunkten, die unabhängig von der Errichtung und des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen sind, zu verfolgen. Dieser Aspekt ist insbesondere zur Beurteilung von Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen, Verlagerung oder Veränderung von Fischbeständen (Beute), Schifffahrt, Fischerei, Gewinnung von Rohstoffen und schließlich Offshore-Windenergie von Bedeutung. Zur Bewertung kumulativer Wirkungen durch natürlich oder anthropogen eingeleitete Veränderungen ist, neben kleinräumiger Erfassung im Rahmen des Effektmonitorings, die großräumige Erfassung der Abundanz und Verteilung von Schweinswalen unverzichtbar. Durch die parallele Betrachtung von möglichen kleinräumigen Veränderungen der Habitatnutzung im Bereich des Windparks und den großräumigen Veränderungen aus dem gesamten Bereich der AWZ soll auch die regionale oder überregionale Erheblichkeit der Auswirkungen bewertet werden. Es ist daher aus den hier genannten Gründen für die Bewertung möglicher Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans erforderlich, Effektmonitoring mit begleitender Forschung zu kombinieren und ggf. zu ergänzen.

Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorliegenden Untersuchungen im Offshore-Windpark „Horns Rev“ werden berücksichtigt. Auf Grund der Verschiedenheit der Umgebung von „Horns Rev“ als Lebensraum für marine Säugetiere im Vergleich zum Offshore Gebiet „Nördlich Borkum“ werden jedoch im Untersuchungsrahmen zum Testfeldvorhaben zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Insgesamt werden durch das Effektmonitoring folgende Aspekte untersucht:

- Habitatverlust durch Meidungsverhalten
- Anlock- oder Gewöhnungseffekte an die Offshore-Windenergieanlagen
- Mögliche Verhaltensänderungen
- Habitatnutzung durch akustische Erfassung.

Der Untersuchungsrahmen für das Effektmonitoring für das Testfeldvorhaben für marine Säugetiere wird noch festgelegt.

*Begleitende Forschung zur Beantwortung von komplexen ökologischen Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf marine Säugetiere*

Es ist vorgesehen, im Rahmen des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ begleitende Forschungsmaßnahmen durchzuführen. Hinsichtlich der Auswirkungen von schallintensiven Aktivitäten auf Schweinswale in der Bauphase sind insbesondere Untersuchungen von Wirkzonen des Schalleintrags für Hörbarkeit, Maskierung, Verhaltensreaktion oder physische Schädigung zu ermitteln. Neben visuellen und akustischen Erfassungsmethoden der Tiere sind Berechnungen anhand der tatsächlich gemessenen Schallimmissionen und der Schallcharakteristika vorzunehmen und Auswirkungsprognosen des Schalleintrags auf Schweinswale zu überprüfen. Auf der Basis der gemessenen Schallimmissionen sind eventuell auch experimentelle Arbeiten durchzuführen.

Zudem sind Maßnahmen zur Erfassung der Abundanz und Verteilung von Schweinswalen im gesamten Bereich der AWZ und des Küstenmeeres zeitgleich zum eigentlichen kleinräumigen Effektmonitoring erforderlich. Aus dieser großräumigen Erfassung von Abundanz und Verteilung (wie in den Projekten MINOS und MINOS<sup>plus</sup> bereits bei der Basisaufnahme geschehen) sollen die Referenzwerte zur Bewertung von Auswirkungen der Errichtung und des Betriebs von Offshore-Windparks abgeleitet werden. Auf Grund der raschen Veränderungen des marinen Ökosystems in den letzten Jahren (Kap. 2) ist zu befürchten, dass eine Bewertung von möglichen Auswirkungen nur anhand der Basisaufnahmen (MINOS, MINOS<sup>plus</sup>, Umweltverträglichkeitsstudien) und des Effektmonitorings nicht möglich sein wird. So wurde z. B. in den letzten Jahren eine Verlagerung der Bestände des Schweinswals von der nördlichen in die südliche Nordsee beobachtet (CAMPHUYSEN, 2005, HAMMOND and MCLEOD, 2006, HAMMOND, 2006). Die Verlagerung der Schweinswalsbestände gen Süden wurde bereits durch die Zählungen von MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Untersuchungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien für Projekte im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ erfasst: So wurden entgegen der Erwartung auf Grund von Informationen aus den frühen 90iger Jahren viele Schweinswale im Frühjahr im Bereich nördlich der ostfriesischen Inseln gesichtet. Auch die gemeinsame Auswertung von MINOS- und Projektdaten hat eindeutig gezeigt, dass der Bereich nördlich der ostfriesischen Inseln und auch das Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ im Frühjahr intensiv von Schweinswalen genutzt wird. Im Sommer und Herbst kommen dagegen nur gelegentlich Schweinswale in diesem Bereich vor.

Es liegt die Annahme nah, dass die Verbreitung der Schweinswale in deutschen Gewässern, wie bereits in verschiedenen Gebieten der Nordsee beobachtet, durch die Veränderungen des marinen Ökosystems betroffen sein kann. Durch begleitende Forschung werden Einblicke in Themenbereiche wie Habitatwahl des Schweinswals in Abhängigkeit von hydrographischen Bedingungen und Nahrungsangebot ermöglicht. Eine Differenzierung der Auswirkungen bestimmter natürlicher oder anthropogener Prozesse auf Schweinswale bzw. deren Zuordnung ist auf Grund der komplexen Wechselwirkungen zwischen biotischen und abiotischen Parameter sehr schwierig. Eine aktuelle Bestandsaufnahme liefert auf jeden Fall zuverlässigere Referenzwerte zur Bewertung von Auswirkungen anthropogen verursachter Veränderungen.

Folgende begleitende Forschungsaktivitäten sind hinsichtlich der Auswirkungen auf Schweinswale erforderlich:

- Aktuelle Erfassung der Abundanz und Verteilung von Schweinswalen in deutschen Gewässern, insbesondere im Hinblick auf voranschreitende Veränderungen des marinen Ökosystems
- Untersuchung zur Habitat- und Nahrungswahl des Schweinswals
- Ermittlung von Wirkzonen in Anlehnung an gemessene Schallimmissionen und Schallcharakteristika während der Rammarbeiten im Testfeld
- Ermittlung von Wirkzonen in Anlehnung an gemessene Schallimmissionen und Schallcharakteristika während der Betriebsphase (Vollast, Wetterbedingungen) im Testfeld.

Ein Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird möglichst zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

*Gemeinsame Auswertung von Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen, Umweltverträglichkeitsstudien und Effektmonitoring*

Im Kapitel 2 (unter 2.8) wurde eine gemeinsame Auswertung von Daten zur Verteilung von Schweinswalen aus Forschungsergebnissen des Projektes MINOS mit Daten aus Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windenergieprojekte vorgenommen. Erstmals wurden bei dieser Auswertung qualitätsbereinigte Daten gemeinsam betrachtet. Ziel dieser Auswertung war zunächst die Überprüfung der Machbarkeit eines solchen Verfahrens. Daten aus unterschiedlichen Quellen wurden dabei harmonisiert und ersten Überprüfungen unterworfen. Plausibilität und Vergleichbarkeit der Daten wurden überprüft. Schließlich wurden harmonisierte bzw. bereinigte Datenbestände von fachkompetenter Stelle ausgewertet und dargestellt.

Auf der Basis der dabei gewonnenen Erfahrung wird angestrebt, die gemeinsame Auswertung von Daten zum Vorkommen des Schweinswals im Rahmen eines Begleitforschungsprogramms auszuweiten. Neben den bereits erwähnten Daten aus den Projekten MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Umweltverträglichkeitsstudien sind Daten aus weiteren Forschungsprogrammen und vor allem Daten aus dem Effektmonitoring des Testfeldvorhabens einer gemeinsamen Auswertung zu unterwerfen. Dabei ist die bei MINOS und MINOS<sup>plus</sup> gewonnene langjährige Kompetenz bei der Auswertung von Daten und Informationen zum Vorkommen mariner Säugetiere von großem Vorteil.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung der Daten zum Vorkommen und Habitatnutzung des Schweinswals schaffen zudem die Voraussetzung, um Ergebnisse aus dem Effektmonitoring und aus begleitender Forschung im Testfeldvorhaben überhaupt bewerten zu können.

Folgende Schritte sind bei der Fortführung der bereits begonnenen gemeinsamen Auswertung von Daten aus MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Umweltverträglichkeits-Projektdaten erforderlich:

- Ausweitung der Information durch Auswertung der Daten aus allen Walflügen (183 m Flughöhe) im Rahmen von MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Projektdaten aus Umweltverträglichkeitsstudien
- Erschließung der Datenbestände für die FFH-Gebiete (EMSON, ERASNO)
- Einbeziehung der Auswertung anderer relevanter Datensätze weiterer Forschungsprogramme aus dem Küstenmeer
- Einbeziehung der Daten zum Schweinswalvorkommen in den benachbarten niederländischen und dänischen Gewässern
- Gemeinsame Auswertung der Daten aus flugzeuggestützten Zählungen in 76 m Flughöhe (kombinierte Zählungen für Seevögel und marine Säugetiere)
- Gemeinsame Auswertung der Daten aus schiffsgestützten Zählungen (kombinierte SAS-Zählungen für Seevögel und marine Säugetiere)
- Einbeziehung der Daten aus akustischen Erfassungen (TPODs)
- Einbeziehung der Daten aus dem Effektmonitoring im Testfeldvorhaben
- Einbeziehung der Daten aus den Untersuchungen aus Dänemark (Windpark „Horns Rev“) und aus den Niederlanden (z.B. Windpark Egmond aan Zee) in Zusammenarbeit mit dänischen und niederländischen Kollegen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept zur gemeinsamen Auswertung von bereits vorhandenen und zu erwartenden Informationen über marine Säugetiere entwickelt.



### *Verschneidung von relevanten Informationen aus Biologie, Geologie, Physik und Chemie des Meeres*

Die Beschreibung des Vorkommens mariner Säugetiere sowie der möglichen Auswirkungen bei Durchführung des Raumordnungsplans hat wesentliche Informationslücken aufgezeigt. Informationslücken über Zusammenhänge biotischer und abiotischer Parameter sind dabei besonders prägnant. Es wird angestrebt, durch die Verschneidung von Informationen zu marinen Säugetieren mit den verfügbaren Informationen über die physikalischen und biologischen Komponenten des Lebensraumes den aktuellen Kenntnisstand zu erweitern. Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeers und der AWZ sollen dabei integriert werden. Zudem sind hier Auswertungen, Bewertungsstrategien und Maßnahmen aus verschiedenen küsten- und meeresbezogenen Übereinkommen und Gremien in der Betrachtung mit einzubeziehen: OSPAR, WRRL, BLMP, LAWA.

Die Verschneidung von relevanten Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ soll eine ganzheitliche Betrachtung des marinen Ökosystems fördern und Ansätze bzw. Anregungen für ein IKZM in Deutschland bieten.

Hierzu wird größtenteils auf die physikalischen und geologischen Daten, die in der GDI-BSH bereits verfügbar sind oder dort in naher Zukunft bereit gestellt werden, zurückgegriffen. Daten aus dem Effektmonitoring der belebten Meeresumwelt des Testfeldvorhabens sollten dabei im Vordergrund der gemeinsamen Betrachtung physikalischer und biologischer Prozesse stehen.

In der GDI-BSH stehen relevante Geodaten zur Verfügung:

- Physikalisch-hydrographische Daten (u.a. Bathymetrie, Temperatur und Salzgehalt, Schwebstoffverteilung, Strömung)
- Geophysikalische Daten (Sediment)
- Chemische Daten (Nährstoffe, Schadstoffverteilung im Wasser, Sediment und Biota)
- Biologische Daten aus dem Küstenmeer (BLMP) und der Helgoland Reede.

Zudem ist im Rahmen der GDI-BSH eine weitreichende Auswertung und Verschneidung von Informationen möglich.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept entwickelt, um sich Fragestellungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Parametern annähern zu können. Insbesondere sind hier ozeanographische Datenerhebungen parallel zu den biologischen Erfassungen zu planen und durchzuführen. Die Verschneidung der Informationen zur Abundanz und Verteilung des Schweinswals mit Daten zur Temperaturverteilung, Salinität oder Primärproduktion gewähren einen ersten Einblick in Wechselwirkungen.

Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Schweinswale ließen sich voraussichtlich auf der Grundlage der Informationen über Wechselwirkungen mit der belebten und unbelebten Meeresumwelt leichter differenzieren und quantifizieren.

### *Überprüfung von aufgestellten Prognosen auf Grund neuer Erkenntnisse und ggf. Anpassung von Nutzungsstrategien*

Der aktuelle Kenntnisstand lässt eine sichere Prognose der Entwicklung mariner Säugetiere bei Durchführung des Raumordnungsplans in der deutschen AWZ nicht zu. Es ist daher geboten, nach Durchführung der hier dargestellten Maßnahmen zur Überwachung von Auswir-

kungen bereits aufgestellte Prognosen auf der Basis neu gewonnenen Erkenntnisse zu überprüfen. Insbesondere sind kumulative Wirkungen sowie Wechselwirkungen von Klima-Veränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und Offshore-Windenergie auf marine Säugetiere hinsichtlich der Prognosen zu überprüfen. Sollten auf Grund neuer Erkenntnisse Abweichungen von den aufgestellten Prognosen eintreten, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen bezüglich erheblicher Auswirkungen zu treffen.

Im Anschluss an die Untersuchungen und Auswertungen von Informationen aus dem Effektmonitoring für das Testfeldvorhaben wird die Überprüfung von aufgestellten Prognosen angestrebt. Für marine Säugetiere, insbesondere für schallempfindliche Schweinswale, sind die Prognosen zur Schallausbreitung während der Rammarbeiten mit hoher Priorität zu überprüfen. Folgende Auswirkungsprognosen stehen hinsichtlich mariner Säugetiere zur Überprüfung an:

- Zeitlich begrenzter regionaler Habitatverlust in der Bauphase
- unerhebliche Auswirkungen auf das Hörvermögen in der Bauphase (unter der Voraussetzung des Einsatzes geeigneter Maßnahmen)
- kein Habitatverlust in der Betriebsphase
- unerhebliche Verhaltensänderungen in der Betriebsphase.

#### *Erarbeitung von Bewertungskriterien*

Gemeinsame Auswertung der Daten einerseits und Verschneidung von Informationen andererseits sollen dazu beitragen, Bewertungskriterien hinsichtlich der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf marine Säugetiere aufzustellen. Auf der Grundlage einer geeigneten Methodik soll die Erheblichkeit der Auswirkungen, insbesondere für die schallempfindlichen Schweinswale regional wie überregional bewertet werden. Im Vordergrund steht die Aufstellung von Kriterien, um möglichen Habitatverlust kumulativ bewerten zu können. Auch das Risiko von Hörschäden sollte auf Grund möglicher Erkenntnisse im Testfeldvorhaben neu bewertet werden. Sollten auf der Basis der erarbeiteten Bewertungskriterien Abweichungen von den aufgestellten Prognosen festgestellt werden, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen zu treffen, ggf. ist die Nutzungsstrategie zu ändern.

Bewertungskriterien der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf marine Säugetiere, insbesondere Schweinswale, sind hinsichtlich folgender Aspekte erforderlich:

- Verletzung des Hörvermögens durch Rammarbeiten
- Habitatverlust durch Meidungsverhalten
- Verhaltensänderungen durch den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen.

Ziel der gesamten Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf marine Säugetiere ist es, durch Aufstellung von geeigneten Bewertungskriterien Nutzungen in der AWZ im Sinne der Nachhaltigkeit des marinen Ökosystems, wie in den Grundsätzen formuliert, gestalten und steuern zu können.

#### **f) Seevögel**

Folgende Maßnahmen werden im Rahmen der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das vorhabensbezogene Effektmonitoring und der Entwicklung eines Konzepts zur begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben hinsichtlich Seevögel weiter konkretisiert:

### *Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel*

Die Überwachung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen im Testfeldvorhaben wird sich nach dem Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (derzeit StUK 3) richten. Vorgesehen sind visuelle flugzeug- und schiffsgestützte Transektuntersuchungen des Vorkommens und der Verbreitung von Seevögeln während der Bauphase und mindestens drei, wenn erforderlich bis zu fünf Jahre, ab Inbetriebnahme.

Die Erfassung und Quantifizierung von Effekten eines möglichen Habitatverlusts für Seevögel durch den Windpark werden im Vordergrund stehen. Eine mögliche Verlagerung von Konzentrationsbereichen außerhalb des Windparks oder auch Anlockeffekte durch den Windpark sollen ebenfalls untersucht werden. Es ist jedoch wichtig durch zeitgleiche großräumige Erfassung des Vorkommens in der gesamten AWZ mögliche Abundanzschwankungen und eine mögliche Verlagerung von Konzentrationsschwerpunkten, die unabhängig von der Errichtung und dem Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen sind, zu verfolgen. Dieser Aspekt ist insbesondere zur Beurteilung von Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen, Verlagerung oder Veränderung von Fischbeständen (als Beute), Schifffahrt, Fischerei, Abbau von Rohstoffen und schließlich Offshore-Windenergie von Bedeutung. Zur Bewertung kumulativer Wirkungen durch natürlich oder anthropogen eingeleitete Veränderungen ist neben der kleinräumigen Erfassung im Rahmen des Effektmonitorings die großräumige Erfassung der Abundanz und Verteilung der Seevögel unverzichtbar. Durch parallele Betrachtung möglicher kleinräumiger Veränderungen der Verbreitung von Seevögeln im Bereich des Windparks sowie großräumiger Veränderungen aus dem gesamten Bereich der AWZ kann auch die regionale oder überregionale Erheblichkeit der Auswirkungen bewertet werden. Es ist daher aus den hier genannten Gründen für die Bewertung möglicher Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans erforderlich, Effektmonitoring mit begleitender Forschung zu kombinieren und ggf. zu ergänzen.

Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorliegenden Untersuchungen im Offshore-Windpark „Horns Rev“ werden bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt. Auf Grund der Verschiedenheit der Umgebung von „Horns Rev“ als Lebensraum für Seevögel im Vergleich mit dem Offshore Gebiet „Nördlich Borkum“ werden jedoch im Untersuchungsrahmen zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Insgesamt werden durch das Effektmonitoring folgende Aspekte untersucht:

- Habitatverlust bei störepfindlichen Seevogelarten
- Verlagerung von Konzentrationsbereichen für Seevögel
- Anlock- oder Gewöhnungseffekte an die Offshore-Windenergieanlagen.

Der genaue Umfang der Untersuchungen wird im Untersuchungsrahmen für das Testfeldvorhaben festgelegt.

### *Begleitende Forschung zur Beantwortung von komplexen ökologischen Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Seevögel*

Es ist vorgesehen, im Rahmen des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ begleitende Forschungsmaßnahmen einzuleiten. Insbesondere sind hier Maßnahmen wie Erfassung der Abundanz und Verteilung von Seevögeln im gesamten Bereich der AWZ und des Küstenmeeres zeitgleich zum eigentlichen kleinräumigen Effektmonitoring zu nennen. Aus dieser großräumigen Erfassung von Abundanz und Verteilung (wie in den Projekten MI-NOS und MINOS<sup>plus</sup> bereits bei der Basisaufnahme geschehen) sollen die Referenzwerte zur Bewertung von Auswirkungen der Errichtung und des Betriebs von Offshore-Windparks abgeleitet werden. Auf Grund der raschen Veränderungen des marinen Ökosystems in den

letzten Jahren (Kap. 2) ist zu befürchten, dass eine Bewertung von möglichen Auswirkungen nur anhand der Basisaufnahmen (MINOS, MINOS<sup>plus</sup>, Umweltverträglichkeitsstudien) und des Effektmonitorings nicht möglich sein wird. So wurde z. B. in den letzten Jahren ein Rückgang des Reproduktionserfolgs auf Grund von Nahrungslimitierung bei verschiedenen Hochseevogelarten der Nordsee beobachtet. Trottellummen und vor allem Dreizehenmöwen aus den britischen Kolonien waren durch Nahrungslimitierung betroffen (FREDERIKSEN ET AL., 2004). Vor der niederländischen Küste wurde ebenfalls Nahrungslimitierung bei Hochseevögeln beobachtet. Auch eine Veränderung der Fischbestände (Beute) und der Dominanz-Verhältnisse von Fischgruppen nehmen direkt Einfluss auf das Vorkommen von Seevögeln. So führt z. B. der Rückgang der Sandaalbestände und die Einwanderung der Schlangennadel in der Nordsee, in Folge einer Reorganisation des marinen Ökosystems des Nordatlantiks, zur Verminderung des Reproduktionserfolgs von Dreizehenmöwen durch Nahrungslimitierung (WANLESS ET AL., 2006). Es liegt die Annahme nahe, dass die Verbreitung von Hochseevogelarten in deutschen Gewässern, wie bereits in verschiedenen Gebieten der Nordsee beobachtet, durch Veränderungen des marinen Ökosystems betroffen sein kann. Durch begleitende Forschung werden Einblicke in Themenbereiche wie Habitatwahl von Seevögeln in Abhängigkeit von hydrographischen Bedingungen und Nahrungsangebot ermöglicht. Eine Differenzierung der Auswirkungen bestimmter natürlicher oder anthropogener Prozesse auf Seevögel bzw. deren Zuordnung ist auf Grund der komplexen Wechselwirkungen zwischen biotischen und abiotischen Parameter sehr schwierig. Die Kausalketten und Wechselwirkungen an der Basis von Veränderungen werden zudem durch zeitlich verzögerten Eintritt von messbaren Effekte überlagert (MONTEVECCHI ET AL., 2006). Eine aktuelle Bestandsaufnahme liefert auf jeden Fall zuverlässigere Referenzwerte zur Bewertung von Auswirkungen anthropogen verursachter Veränderungen.

Hinsichtlich der Kollisionsgefahr von Seevögeln mit Offshore-Windenergieanlagen besteht noch Forschungsbedarf. Neben geeigneten Erfassungsmethoden sind auch Modellberechnungen zu entwickeln und im Feld zu verifizieren. Auf der Grundlage genauer Erkenntnisse über mögliche artspezifische Kollisionsgefahr lassen sich dann geeignete Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen treffen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass drei Themenkomplexe hinsichtlich Seevögel für begleitende Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben von Interesse sind:

- Aktuelle Erfassung von Abundanz und Verteilung in der gesamten AWZ und im Küstenmeer
- Erfassung von Habitat- und Nahrungswahl ausgewählter Hochseevogelarten, insbesondere im Hinblick auf voranschreitende Veränderungen des marinen Ökosystems
- Entwicklung von Methoden zur Erfassung der artspezifischen Kollisionsgefahr.

Ein umfangreiches Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird möglichst zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

#### *Gemeinsame Auswertung von Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen, Umweltverträglichkeitsstudien und Effektmonitoring*

Im Kapitel 2 (unter 2.9) wurde eine gemeinsame Auswertung von Daten zur saisonalen Verteilung der Trottellumme und der Heringsmöwe aus Forschungsergebnissen der Projektes MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Projektdaten aus Umweltverträglichkeitsstudien für Offshore-Windenergieanlagen vorgenommen. Erstmals wurden bei dieser Auswertung qualitätsbereinigte Daten gemeinsam betrachtet und Übersichtsprodukte erstellt. Ziel dieser Auswertung war es, die Machbarkeit eines solchen Verfahrens zu ermitteln. Daten aus unterschiedlichen Quellen wurden dabei harmonisiert und ersten Prüfungen unterworfen. Plausibilität und Vergleichbarkeit der Daten wurden überprüft. Schließlich wurden harmonisierte bzw. bereinigte Datenbestände von fachkompetenter Stelle ausgewertet und dargestellt.

Auf der Basis der dabei gewonnenen Erfahrung wird angestrebt, die gemeinsame Auswertung von Daten zum Vorkommen von Seevögel im Rahmen eines Begleitforschungsprogramms auszuweiten. Neben den bereits erwähnten Daten aus den Projekten MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Umweltverträglichkeitsstudien sind Daten aus weiteren Forschungsprogrammen und vor allem Daten aus dem Effektmonitoring des Testfeldvorhabens einer gemeinsamen Auswertung zu unterziehen. Dabei ist die bei MINOS und MINOS<sup>plus</sup> gewonnene langjährige Kompetenz bei der Auswertung von Daten und Informationen zum Seevogelvorkommen von großem Vorteil.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung der Daten zum Vorkommen und zur Habitatnutzung von Seevögeln schaffen zudem die Voraussetzung, um Ergebnisse aus dem Effektmonitoring und aus begleitender Forschung im Testfeldvorhaben überhaupt bewerten zu können.

Folgende Schritte sind bei der Fortführung der bereits begonnenen gemeinsamen Auswertung von Daten aus MINOS, MINOS<sup>plus</sup> und Umweltverträglichkeits-Projektdaten erforderlich:

- Auswertung der Informationen für alle Arten nach Anhang I der VRL (Seetaucher, Zwergmöwe, Brand-, Fluss- und Küstenseeschwalbe)
- Auswertung der Daten für alle in deutschen Gewässern häufig vorkommenden Arten (Sturmmöwe, Mantelmöwe, Dreizehenmöwe, Eisturmvogel, Basstölpel)
- Erschließung der Datenbestände für die Vogelschutz- FFH-Gebiete (EMSON, ERASNO)
- Einbeziehung von anderen relevanten Datensätzen aus SAS, IWC-Vogelzählungen und weiteren Forschungsprogrammen aus dem Küstenmeer
- Einbeziehung der Daten zum Seevogelvorkommen aus den benachbarten niederländischen und dänischen Gewässern
- Einbeziehung der Daten aus dem Effektmonitoring am Testfeldvorhaben
- Einbeziehung der Daten aus den Untersuchungen aus Dänemark (Windpark „Horns Rev“) und aus den Niederlanden (z.B. Windpark Egmond aan Zee) in Zusammenarbeit mit dänischen und niederländischen Kollegen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept zur gemeinsamen Auswertung von bereits vorhandenen und zu erwartenden Informationen über Seevögel entwickelt.

#### *Verschneidung von relevanten Informationen aus Biologie, Geologie, Physik und Chemie des Meeres für das Vorkommen von Seevögeln*

Bei der Beschreibung des Vorkommens von See- und Rasvögeln sowie der möglichen Auswirkungen bei Durchführung des Raumordnungsplans sind wesentliche Informationslücken deutlich geworden. Informationslücken über Zusammenhänge und Wechselwirkungen biotischer und abiotischer Parameter sind dabei besonders prägnant (unter 2.9 und 7.2).

Es wird angestrebt, durch die Verschneidung von Informationen zu See- und Rasvögeln mit den verfügbaren Informationen über die physikalischen und biologischen Komponenten des Lebensraumes den aktuellen Kenntnisstand zu erweitern. Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeers und der AWZ sollen dabei integriert werden. Zudem sind hier Auswertungen, Bewertungsstrategien und Maßnahmen aus verschiedenen küsten- und meeresbezogenen Übereinkommen und Gremien in der Betrachtung mit einzubeziehen: OSPAR, WRRL, BLMP, LAWA.

Die Verschneidung von relevanten Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeers und der AWZ soll eine ganzheitliche Betrachtung des marinen Ökosystems fördern und überdies Ansätze bzw. Anregungen für das IKZM in Deutschland bieten.

Hierzu wird größtenteils auf die physikalischen, chemischen und geologischen Daten, die in der GDI-BSH bereits verfügbar sind oder dort in naher Zukunft bereit gestellt werden, zurückgegriffen. Daten aus dem Effektmonitoring der belebten Meeresumwelt des Testfeldvorhabens und ökologisch relevanter Daten der begleitenden Forschung sollen dabei im Vordergrund der gemeinsamen Betrachtung physikalischer und biologischer Prozesse stehen.

In der GDI-BSH stehen relevante Geodaten zur Verfügung:

- Physikalisch-hydrographische Daten (u.a. Bathymetrie, Temperatur und Salzgehalt, Schwebstoffverteilung, Strömung),
- Geophysikalische Daten (Sediment),
- Chemische Daten (Nährstoffe, Schadstoffverteilung im Wasser, Sediment und Biota),
- Biologische Daten aus dem Küstenmeer (BLMP) und der Helgoland Reede.

Die GDI-BSH ermöglicht zudem eine weitreichende Auswertung und Verschneidung von Informationen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept entwickelt, um sich Fragestellungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Parameter annähern zu können. Insbesondere sind hier ozeanographische Datenerhebungen parallel zu den biologischen Erfassungen zu planen und durchzuführen. Die Verschneidung der Informationen aus der Erfassung der Vogelbestände und den Daten zur Temperaturverteilung, Salinität oder Primärproduktion ermöglichen einen ersten Einblick in mögliche Wechselwirkungen. Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Seevögel ließen sich voraussichtlich auf der Grundlage der Informationen über Wechselwirkungen mit der belebten und unbelebten Meeresumwelt leichter differenzieren.

#### *Überprüfung von aufgestellten Prognosen auf Grund neuer Erkenntnisse und ggf. Anpassung von Nutzungsstrategien*

Der aktuelle Kenntnisstand lässt eine sichere Prognose der Entwicklung von Seevögel bei Durchführung des Raumordnungsplans in der deutschen AWZ nicht zu. Nicht zuletzt auf Grund noch fehlender abschließender Bewertungskriterien konnte sowohl die aktuelle Zustandseinschätzung als auch die Einschätzung möglicher Auswirkung der Durchführung des Raumordnungsplans nur auf der Basis vorläufiger Kriterien erfolgen. Es ist daher geboten, nach Durchführung der hier dargestellten Maßnahmen zur Überwachung von Auswirkungen bereits aufgestellte Prognosen auf der Basis neu gewonnener Erkenntnisse zu überprüfen. Wechselwirkungen von Klimaveränderungen, Fischerei, Schifffahrt, Meeresumweltverschmutzung und Offshore-Windenergie auf das Vorkommen von Seevögel sind hinsichtlich der Prognosen zu untersuchen. Insbesondere sind Prognosen zu kumulativen Wirkungen, regional wie auch überregional zu überprüfen.

Im Anschluss an die Untersuchungen und Auswertungen von Informationen aus dem Effektmonitoring und im Rahmen der begleitenden Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben wird die Überprüfung von aufgestellten Prognosen angestrebt. Folgende Auswirkungsprognosen stehen hinsichtlich Seevögel zur Überprüfung an:

- Unerheblicher Habitatverlust für störepfindliche Arten
- Artspezifische geringe Anlockeffekte (Möwen)
- Geringe Kollisionsgefahr.

#### *Erarbeitung von Bewertungskriterien*

Die gemeinsame Auswertung der Daten einerseits und eine Verschneidung von Informationen andererseits sollen schließlich dazu beitragen, Bewertungskriterien hinsichtlich der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans aufzustellen. Auf der Grundlage einer

geeigneten Methodik soll die Erheblichkeit der Auswirkungen für Seevögel regional wie überregional bewertet werden. Im Vordergrund steht die Aufstellung von Kriterien, um den Habitatverlust bei störeffindlichen, gefährdeten Vogelarten kumulativ bewerten zu können. Auch das Kollisionsrisiko sollte auf Grund der Erkenntnisse im Testfeldvorhaben neu bewertet werden. Sollten auf der Basis der erarbeiteten Bewertungskriterien Abweichungen von den aufgestellten Prognosen festgestellt werden, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen bezüglich erheblicher Auswirkungen zu treffen; ggf. ist die Nutzungsstrategie zu ändern.

Bewertungskriterien der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Seevögel sind hinsichtlich folgender Aspekte erforderlich:

- Habitatverlust durch Meidungsverhalten
- Kollisionsgefahr.

Ziel der gesamten Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf Seevögel ist es, durch Aufstellung von geeigneten Bewertungskriterien Nutzungen in der AWZ im Sinne der Nachhaltigkeit des marinen Ökosystems, wie in den Grundsätzen formuliert, gestalten und steuern zu können.

### **g) Zugvögel**

Folgende Maßnahmen werden im Rahmen der Festlegung des Untersuchungsrahmens für Effektmonitoring und der Entwicklung eines Konzepts zur begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben hinsichtlich Zugvögel weiter konkretisiert:

#### *Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Zugvögel*

Die Überwachung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen des im festgelegten Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ gelegenen Testfelds wird sich nach dem Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 3) richten. Vorgesehen sind Radaruntersuchungen, Sichtbeobachtungen und akustische Erfassungen des Zuges während der gesamten Bauphase und mindestens drei, wenn erforderlich bis zu fünf Jahre, ab Inbetriebnahme.

Die Erfassung und Quantifizierung von möglichen Kollisionen durch die Offshore-Windenergieanlagen werden im Vordergrund stehen. Mögliche Verhaltensänderungen, insbesondere die Verlängerung des Zugwegs durch Umfliegung des Windparks, sollen dabei auch erfasst werden. Anlockeffekte auf Zugvögel durch die Offshore-Windenergieanlagen werden ebenfalls untersucht.

Mögliche parallel auftretende klimabedingte Veränderungen des Vogelzugs sollen auch bei der Betrachtung von regionalen oder überregionalen Auswirkungen berücksichtigt werden. Es ist daher für die Bewertung möglicher Auswirkungen durch die Umsetzung des Raumordnungsplans erforderlich, das Effektmonitoring mit der begleitenden Forschung zu kombinieren und ggf. zu ergänzen.

Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorliegenden Untersuchungen im Offshore-Windpark „Horns Rev“ werden bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt. Auf Grund der abweichenden Standortverhältnisse von „Horns Rev“ und des Offshore Gebietes „Nördlich Borkum“ sind jedoch hinsichtlich des Untersuchungsrahmens für den Vogelzug Anpassungen erforderlich.

Insgesamt werden durch das Effektmonitoring folgende Aspekte untersucht:

- Kollisionsrisiko von Zugvögeln
- Verhaltensänderungen von Zugvögeln
- Verlängerung von Zugrouten oder Richtungsänderungen
- Anlock- oder Gewöhnungseffekte der Zugvögel an die Offshore-Windenergieanlagen.

Der genaue Umfang der Untersuchungen wird im Untersuchungsrahmen für das Testfeldvorhaben festgelegt.

*Begleitende Forschung zur Beantwortung von komplexen ökologischen Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Zugvögel*

Es ist vorgesehen, im Rahmen des Testfeldvorhabens im Vorranggebiet „Nördlich Borkum“ begleitende Forschungsmaßnahmen einzuleiten. Insbesondere sind hier Maßnahmen hinsichtlich der Kollisionsgefahr von Zugvögeln mit Offshore-Windenergieanlagen einzuleiten. Neben geeigneten Erfassungsmethoden sind auch Modellberechnungen zu entwickeln und im Feld zu verifizieren. Zudem müssen Beleuchtungsvarianten hinsichtlich Anlockeffekte auf Zugvögel mit Erhöhung der Kollisionsgefahr im Feld getestet werden. Auf der Grundlage genauer Erkenntnisse über mögliche artspezifische Kollisionsgefahren lassen sich dann geeignete Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen treffen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass folgende Themenkomplexe hinsichtlich Zugvögel für begleitende Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben von Interesse sind:

- Entwicklung von geeigneten Methoden zur quantitativen Erfassung des Kollisionsrisikos
- Entwicklung von Modellen zur Berechnung von art- und standortspezifischen Kollisionsrisiken
- Untersuchung von Beleuchtungsvarianten hinsichtlich der Anlockeffekte auf Zugvögel
- Erarbeitung und Empfehlung von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der Kollisionsgefahr durch Beleuchtungsmaßnahmen.

Ein umfangreiches Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wird zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.

*Gemeinsame Auswertung von Daten aus Forschungs- und Überwachungsprogrammen, Umweltverträglichkeitsstudien und Effektmonitoring*

Im Kapitel 2 (unter 2.10) wurden Ergebnisse aus Forschungsvorhaben (IfV) und aus Umweltverträglichkeitsstudien zur Beschreibung des Vogelzugs in der AWZ eingesetzt. Es wird jedoch angestrebt, alle vorhandenen Daten einer gemeinsamen Auswertung zu unterwerfen. Daten aus unterschiedlichen Quellen werden dabei harmonisiert und überprüft. Plausibilität und Vergleichbarkeit der Daten werden untersucht. Schließlich werden harmonisierte bzw. bereinigte Datenbestände von fachkompetenter Stelle ausgewertet und dargestellt.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung der Daten über Vogelzug sollen zudem eine wichtige Voraussetzung schaffen, um Ergebnisse aus dem Effektmonitoring im Testfeldvorhaben überhaupt bewerten zu können.

Folgende Schritte sind bei der geplanten gemeinsamen Auswertung von Daten aus Forschungsvorhaben und Umweltverträglichkeits-Projektdaten erforderlich:

- Einbeziehung der Daten aus Forschungsvorhaben, Harmonisierung der Datenbestände und Qualitätskontrolle
- Gemeinsame Auswertung der Daten aus Forschungsvorhaben und Umweltverträglichkeitsstudien
- Einbeziehung der Daten aus dem Effektmonitoring am Testfeldvorhaben



- Einbeziehung der Daten aus den Untersuchungen aus Dänemark (Windpark „Horns Rev“) und aus den Niederlanden (z.B. Windpark Egmond aan Zee) in Zusammenarbeit mit dänischen und niederländischen Kollegen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept zur gemeinsamen Auswertung von bereits vorhandenen und zu erwartenden Informationen über Zugvögel entwickelt.

#### *Verschneidung von relevanten Informationen, insbesondere meteorologische Daten*

Die Beschreibung des Vogelzugs über die AWZ sowie der möglichen Auswirkungen bei Durchführung des Raumordnungsplans hat wesentliche Informationslücken aufgezeigt. Es wird angestrebt, durch Verschneidung von Informationen den aktuellen Kenntnisstand zu erweitern. Informationen aus verfügbaren Forschungs- und Überwachungsprogrammen aus dem Bereich des Küstenmeeres und der AWZ sollen dabei integriert werden.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben wird auch ein Konzept entwickelt, um sich Fragestellungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Parameter annähern zu können. Insbesondere ist hier die Erfassung meteorologischer Daten parallel zu den biologischen Erfassungen zu planen und durchzuführen. Die Verschneidung der Informationen aus der Erfassung der Vogelbestände mit den Daten zu herrschenden Wetterbedingungen gewähren einen ersten Einblick in die Wechselwirkungen. Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Zugvögel ließen sich voraussichtlich auf der Grundlage der Informationen über Wechselwirkungen mit bestimmten Wetterlagen leichter differenzieren.

#### *Überprüfung von aufgestellten Prognosen auf Grund neuer Erkenntnisse und ggf. Anpassung von Nutzungsstrategien*

Der aktuelle Kenntnisstand erschwert eine gesicherte Prognose der Auswirkungen auf den Vogelzug bei Durchführung des Raumordnungsplans in der deutschen AWZ. Nicht zuletzt auf Grund noch fehlender abschließender Bewertungskriterien konnte sowohl die aktuelle Zustandseinschätzung als auch die Einschätzung möglicher Auswirkungen durch die Durchführung des Raumordnungsplans nur auf der Basis vorläufiger Kriterien erfolgen. Es ist daher geboten, nach Durchführung der hier dargestellten Maßnahmen zur Überwachung von Auswirkungen bereits aufgestellte Prognosen auf der Basis neu gewonnenen Erkenntnisse zu überprüfen. Hierbei sind besonders die Wechselwirkungen von Klimaveränderungen auf den Vogelzug zu berücksichtigen. Weiterhin sind die Prognosen unter Berücksichtigung der kumulativen Wirkungen hinsichtlich ihrer regionalen bzw. überregionalen Auswirkungen zu überprüfen.

Im Anschluss zu den Untersuchungen und Auswertungen von Informationen aus dem Effektivmonitoring und im Rahmen der begleitenden Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben wird die Überprüfung von aufgestellten Prognosen angestrebt. Folgende Auswirkungsprognosen stehen hinsichtlich Zugvögel zur Überprüfung an:

- Unerhebliche Auswirkungen auf Zugvögel in der Bauphase
- Unerhebliche Auswirkungen durch Barriereeffekte auf Zugvögel in der Betriebsphase
- Geringe Kollisionsgefahr.

#### *Erarbeitung von Bewertungskriterien*

Die gemeinsame Auswertung der Daten einerseits und Verschneidung von Informationen andererseits sollen schließlich dazu beitragen, Bewertungskriterien hinsichtlich der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans aufzustellen. Auf der Grundlage einer geeigneten Methodik soll die Erheblichkeit der Auswirkungen auf Zugvögel regional wie

überregional bewertet werden. Im Vordergrund steht die Aufstellung von Kriterien, um den Habitatverlust bei störeffindlichen gefährdeten Vogelarten kumulativ bewerten zu können. Auch das Kollisionsrisiko sollte auf Grund der Erkenntnisse im Testfeldvorhaben neu bewertet werden. Sollten auf der Basis der erarbeiteten Bewertungskriterien, Abweichungen von den aufgestellten Prognosen festgestellt werden, so sind neue Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen bezüglich erheblicher Auswirkungen zu treffen; ggf. ist die Nutzungsstrategie zu ändern.

Bewertungskriterien der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Zugvögel sind hinsichtlich folgender Aspekte erforderlich:

- Barrierewirkung
- Kollisionsgefahr.

Ziel der gesamten Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Durchführung des Raumordnungsplans auf Seevögel ist es, durch Aufstellung von geeigneten Bewertungskriterien Nutzungen in der AWZ im Sinne der Nachhaltigkeit des marinen Ökosystems, wie in den Grundsätzen formuliert, gestalten und steuern zu können.

## **h) Fledermäuse**

Folgende Maßnahmen werden im Rahmen der Entwicklung eines Konzepts zur begleitenden Forschung für das Testfeldvorhaben hinsichtlich Fledermäuse weiter konkretisiert:

*Begleitende Forschung zur Entwicklung von geeigneten Erfassungsmethoden hinsichtlich der Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Fledermäuse*

Aus der Beschreibung des Vorkommens von Fledermäusen im Kapitel 2 (2.11) wurde deutlich, dass Informationen über Wanderbewegungen von Fledermäusen über der Nordsee nur sporadisch vorliegen. Eine systematische Erfassung ist auf Grund von noch fehlenden geeigneten Methoden nicht möglich. Erste Versuche mit dem Bat-Detektor (Typ D-230 Pettersson) auf der FINO I -Plattform im Bereich des Vorranggebietes „Nördlich Borkum“ hatten keinen Erfolg (BeoFINO Endbericht, 2005). Auch die ersten Ergebnisse aus den Offshore-Windenergieanlagen in Kalmarsund, Schweden, basieren überwiegend auf visuellen Erfassungen und einigen Radar-Beobachtungen (AHLEN et al. 2006). Es besteht weiterhin Forschungsbedarf bei der Entwicklung geeigneter Erfassungsmethoden unter den besonderen Bedingungen, die Offshore-Windenergieanlagen darstellen.

Hinsichtlich der Kollisionsgefahr von Fledermäusen mit Offshore-Windenergieanlagen besteht noch Forschungsbedarf. Geeignete Methoden zur Erfassung und Quantifizierung möglicher Kollisionen fehlen noch gänzlich. Beleuchtungsvarianten sind hinsichtlich Anlockeffekte auf Insekten und dadurch auf Fledermäuse zu untersuchen. Auf der Grundlage neuer Erkenntnisse sind Empfehlungen von geeigneten Vermeidungs- und Verringerungsmaßnahmen hinsichtlich der Kollisionsgefahr zusammenzutragen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass folgende Themenkomplexe hinsichtlich Fledermäuse für begleitende Forschungsmaßnahmen für das Testfeldvorhaben von Interesse sind:

- Entwicklung von Methoden zur Erfassung von Fledermäusen im Bereich von Offshore-Windenergieanlagen
- Entwicklung von geeigneten Methoden, um mögliche Kollisionen erfassen und quantifizieren zu können
- Entwicklung von Modellen, um mögliche Kollisionsgefahr art- und standortspezifisch vorzuberechnen zu können

- Untersuchung von Beleuchtungsvarianten hinsichtlich Anlockeffekte auf Fledermäuse mit Erhöhung der Kollisionsgefahr
- Erarbeitung und Empfehlung von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der Kollisionsgefahr durch Beleuchtungsmaßnahmen.

Ein umfangreiches Konzept zur Durchführung begleitender Forschung wurde zeitgleich mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens für das Testfeldvorhaben erarbeitet.