

Beweissicherung Außenelbe Abschlussbericht 2004:

Jahresergebnisse 2004 und Interannueller Vergleich
1999-2004



Auftraggeber:
Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Oktober 2005

Auftraggeber: WSA Hamburg

Titel: Beweissicherung Außenelbe 2004
Makrozoobenthos

Auftragnehmer: BIOCONSULT
Schuchardt & Scholle GbR

Reeder-Bischoff-Str. 54
28757 Bremen
Telefon 0421 · 620 71 08
Telefax 0421 · 620 71 09

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon 04764 · 92 10 50
Telefax 04764 · 92 10 52

Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dipl.-Biol. J. Scholle
Dr. B. Schuchardt
Dipl.-Biol. T. Brandt
Dipl.-Biol. K. Dau
Dipl.-Ing. F. Bachmann

Datum: Oktober 2005

Inhalt

Zusammenfassung	12
1. Anlass und Ziel der Untersuchung.....	18
2. Material und Methoden	19
2.1 Untersuchungsgebiete	19
2.1.1 Klappstelle und Umgebung km 733-736,5.....	20
2.1.2 Fahrrinne km 732-740.....	20
2.1.3 Transekt km 736-Zehnerloch	21
2.2 Methodik	21
3. Ergebnisse Klappstelle und Umgebung (km 733-736,5)	24
3.1 Verklappungsmengen	24
3.2 Ergebnisse 2004	25
3.2.1 Sedimente und Wassertiefen	26
3.2.2 Makrozoobenthos	28
3.3 Vergleich 1999 -2004	35
3.3.1 Sedimente und Wassertiefen	35
3.3.2 Makrozoobenthos	38
3.3.2.1 Artenzahl.....	41
3.3.2.2 Dominanzstruktur.....	46
3.3.2.3 Abundanzen.....	52
3.3.2.4 Transektbetrachtung – Klappstelle	61
3.3.3 Korrelation der Besiedlungsdichte der häufigsten Taxa mit bekannten Umweltvariablen.....	63
3.3.4 Bestandsstruktur <i>Macoma balthica</i>	67
3.4 Zusammenfassende Diskussion Klappstelle und Umgebung km 733-736,5.....	70
4. Ergebnisse Fahrrinne km 730-740.....	75
4.1 Baggermengen	75
4.2 Ergebnisse 2004	77
4.2.1 Sedimente und Wassertiefen	77
4.2.2 Makrozoobenthos	79
4.3 Vergleich 1999 -2004	84
4.3.1 Sedimente und Wassertiefen	85
4.3.2 Makrozoobenthos	88
4.4 Zusammenfassende Diskussion Fahrrinne km 730 – 740.....	98
5. Ergebnisse Transekt km 736-Zehnerloch	106
5.1 Ergebnisse 2004	106
5.1.1 Sedimente und Wassertiefen	106
5.1.2 Makrozoobenthos	107
5.2 Vergleich 1999 - 2004	110
5.2.1 Sedimente und Wassertiefen	110
5.2.2 Makrozoobenthos	112
5.3 Zusammenfassung Transekt bei km 736.....	120
6. Vergleich mit den Daten der UVU Elbe von 1997.....	121

6.1	Artenspektrum	121
6.2	UVU-Bewertung des Abschnitt VII	126
6.3	Aktuelle Entwicklung der wirbellosen Bodenfauna nach der Baumaßnahme im Vergleich zur Prognose gemäß UVU-Materialband VII	126
6.4	Bewertung der untersuchten Teilgebiete im Vergleich zur UVU-Prognose	129
7.	Schlussfolgerungen	131
8.	Literatur	135
9.	Anhang Inhaltsverzeichnis	137

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Lage der Untersuchungsgebiete und Position der Probenahmestationen. Orange gestrichelt: Untersuchungsbereich Klappstelle (Teilbereiche Klappstelle: gelb; Nahbereich: grau; Äußerer Bereich (Referenz): blau). Rot umrandet: Baggerstrecke Fahrrinne, blaue Rechtecke Referenzen Fahrrinne. M37-M1: Transektstationen. Rote Pfeile: Verlegung der südlichen Referenz-Stationen M28 und M30 zur nördlichen Referenz.	20
Abb. 2:	Lageveränderungen der Klappstelle K733 im Bereich der Außenelbe von km 730 – km 735. Schwarz: Lage bis 1999 bzw. Mai 2000. Nach 2000 sukzessive Verlagerung des Verklappungsbereiches nach Süden. Sternsymbole: Beprobungsstationen Makrozoobenthos. Blaue Punkte: Fahrinnenmitte.	25
Abb. 3:	Sedimentzusammensetzung in den Teilgebieten Klappstelle (MK), Nahbereich (MKN) und Äußerer Bereich (MKÄ), Daten 2004. M26 und M27, dargestellt sind keinem Teilgebiet zugeordnet.	27
Abb. 4:	Mittlere Artenzahlen/Station im Bereich Klappstelle km 733-736,5, differenziert nach Teilbereichen ($p > 0,1$, H-Test). MK= Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=7$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=9$). Stationen M26 und M27 unberücksichtigt, da diese vermutlich seit 2003 im neuen Verklappungsbereich lagen.	30
Abb. 5:	Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft/Station (Ind./m ²) im Bereich Klappstelle km 733-736,5, differenziert nach Teilgebieten: MK= Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=8$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=10$). Anordnung der Stationen eines jeweiligen Teilbereiches entsprechend ihrer Lage in Ebbstromrichtung. Hyperbenthos nicht berücksichtigt, NEM: Nemertini (Schnurwürmer), CRUS: Crustacea (Krebstiere); POLY: Polychaeta (Vielborstige Würmer); GAS = Gastropoda (Schnecken), BIV: Bivalvia (Muscheln).....	32
Abb. 6:	Box & Whisker – Plots: Mittlere Individuendichte/Bereich (Ind./m ²) Gesamtabundanz [A], Bivalvia [B], Polychaeta [C] und Crustacea [D] differenziert nach Teilbereichen: K=Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), N= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=8$), R= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=10$). Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Beachte unterschiedliche Skalierung.....	34
Abb. 7:	Sedimentzusammensetzung im Zeitraum 1999- 2004 differenziert nach Teilgebieten: MK=Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=7$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=9$).	36
Abb. 8:	Veränderung der Wassertiefe von 1999 – 2004 in den untersuchten Teilgebieten im Bereich K733. Bild A: MK = ehemalige Klappstelle inkl. Stationen M26 und M27; Bild B: MKN = Stationen im Nahbereich der ehe. Klappstelle; Bild C: MKÄ = äußere Stationen, Referenz.	37
Abb. 9:	Vergleich der Entwicklung der mittleren Taxazahlen/Station im interannuellen Vergleich 1999-2004 im Untersuchungsgebiet ‚Klappstelle und Umgebung‘ differenziert nach Teilgebieten: MK=Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=8$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=10$).	42

Abb. 10:	Entwicklung der mittleren Taxazahlen/Greifer in den untersuchten Teilgebieten MK (rot), MKN (gelb) und MKÄ (blau).	44
Abb. 11:	MZB-Dominanzstrukturen im Untersuchungsgebiet, Klappstelle und Umgebung', differenziert nach Teilbereichen: MK=Klappstelle (N _{Stationen} =5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N _{Stationen} =8), MKÄ= Äußerer Bereich (N _{Stationen} =10).	47
Abb. 12:	Dominanzanteile (%) der 9 häufigsten Wirbellosenarten bei der Erstuntersuchung 1999 (farbige Flächen) und Darstellung der Abweichung (%) vom Istzustand (umrahmte Flächen) in den Folgejahren 2001-2004 differenziert nach Teilgebieten. <i>Eteone longa</i> , <i>Heteromastus filiformis</i> , <i>Magelona mirabilis</i> , <i>Nephtys cirrosa</i> , <i>N. longosetosa</i> (Polychaeta); <i>Haustorius arenarius</i> , <i>Bathyporeia pelagica</i> , <i>B. pilosa</i> , <i>B. elegans</i> (Crustacea), <i>Macoma balthica</i> (Bivalvia). Logarithmische Skalierung.	49
Abb. 13:	Entwicklung der Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte in den Teilgebieten Klappstelle (MK), Nahbereich (MKN) und Referenz (MKÄ) im Untersuchungsgebiet K733 in der Außenelbe. MKN und MKÄ ab 2001 ohne Station MKN26 bzw. MKÄ27.....	53
Abb. 14:	Box & Whisker – Plots: Interannueller Vergleich der mittleren Individuendichte/Bereich (Ind./m ²) Gesamtabundanz (A-C), Bivalvia (D-F), differenziert nach Teilbereichen: MK=Klappstelle (N _{Stationen} =5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N _{Stationen} =8), MKÄ= Äußerer Bereich (N _{Stationen} =10).Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Ab 2001 Stationen MKN26 und MKÄ nicht berücksichtigt.....	56
Abb. 15:	Box & Whisker – Plots: Interannueller Vergleich der mittleren Individuendichte/Bereich (Ind./m ²). Polychaeta (G-I) und Crustacea (J-L) differenziert nach Teilbereichen: MK=Klappstelle (N _{Stationen} =5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N _{Stationen} =7, 1999 N=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N _{Stationen} =9, 1999 N=10). Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Ab 2001 Stationen MKN26 und MKÄ nicht berücksichtigt.	57
Abb. 16:	Interannuelle Entwicklung der Crustaceanzahlen an der östlich der Klappstelle 733 gelegenen Station MKN17 und der westlich der Klappstelle gelegenen Station MKN15.	59
Abb. 17:	Interannuelle Entwicklung der Makrozoobenthosdichte an Stationen vor Kopf der Klappstelle K733 sowie an Stationen im Verklappungsbereich. KS = Klappstelle.	62
Abb. 18:	Ordinationsdiagramm der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) auf Grundlage der Individuendichte (wurzeltransformiert) der häufigsten Benthosarten (1999 – 2004) im Untersuchungsgebiet K733. Rot = Klappstellenstationen (2001) 1999 (blau), (gelb 2002), grau = Stationen im Nahbereich, türkis= Stationen im Äußeren Bereich (Referenz).	63
Abb. 19:	Anzahlen (Mittelwert/Station) größerer (>0,5 cm) und kleinerer (<0,5 cm) Muscheln (<i>Macoma balthica</i>) im Untersuchungsgebiet K733 in der Außenelbe. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich der Klappstelle, MKÄ = Äußere Stationen (Referenz), Daten 1999, 2001, 2002 und 2003.	68
Abb. 20:	Hauptkomponentenanalyse (PCA) auf der Grundlage der Makrozoobenthos-Individuendichte (1999 – 2004) im Untersuchungsgebiet K733, fokussiert auf die Abundanzverteilung der Muschel <i>Macoma balthica</i> . Rot = Klappstellenstationen 2001-2003, Grün: Klappstelle 1999 und 2004. schwarz = Stationen im Nahbereich, blau = Stationen im Äußeren Bereich	

- (Referenz). Orange: Stationen MKN26 und MKÄ27, die nach 2000 im Verklappungsbereich lage..... 69
- Abb. 21:** Sedimentzusammensetzung an den untersuchten Stationen in der Fahrrinne der Außenelbe, Daten 2004. GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, ST = Steine, SLL = Schill, Det = Detritus. 78
- Abb. 22:** Mittlere Taxazahlen/Greifer im Bereich Fahrrinne km 730-740. MFS=Stationsgruppe südlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=1$, 6 Greifer), MB-Süd, -Mitte, -Nord= Stationsgruppen Baggerstrecke (Gesamt: $N_{\text{Stationen}}=9$, 54 Greifer), MFN= Stationsgruppe nördlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=5$, 30 Greifer). Daten 2004..... 81
- Abb. 23:** Taxa im Bereich Fahrrinne km 730-740, differenziert nach Teilbereichen. MFS=Station südlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifern}}=6$), MB= Stationsgruppen Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=54$), MFN= Stationsgruppe nördlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=30$). -L, -M, -R = Stationen linker Rand Fahrrinne (-L), Stationen Mitte Fahrrinne (-M), Stationen rechter Rand Fahrrinne (-R). Daten 2004. 82
- Abb. 24:** Mittlere Individuendichte/Station (Ind./m²), differenziert nach Artengruppen im Bereich Fahrrinne km 730-740. MFS=Stationsgruppe südlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=1$), MB-Süd, -Mitte, -Nord= Stationsgruppen Baggerstrecke (Gesamt: $N_{\text{Stationen}}=9$), MFN= Stationsgruppe nördlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=5$), Daten 2004. Moll: Mollusca; Poly: Polychaeta; Crus: Crustacea..... 83
- Abb. 25:** Makrozoobenthos-Abundanz im Bereich Fahrrinne km 732-740, differenziert nach Teilbereichen. Stationsgruppen quer zur Fahrrinne (linke Grafik) und längs zur Fahrrinne (rechte Grafik). MFS =Station südlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifern}}=6$), MB= Stationsgruppen Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=54$), MFN= Stationsgruppe nördlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=30$). -L, -M, -R = Stationen linker Rand Fahrrinne (-L), Stationen Mitte Fahrrinne (-M), Stationen rechter Rand Fahrrinne (-R). Rot eingerahmt Stationsgruppen Neubaustrecke. Daten 2004..... 84
- Abb. 26:** Sedimentzusammensetzung in den untersuchten Teilgebieten in der Außenelbe-Fahrrinne von km 730-740 im Zeitraum 1999 – 2004 (Bild A). MB=Stationen Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=9$), MFS= Stationen außerhalb MB-südlich ($N_{\text{Stationen}}=3/1^*$), MFN= Stationen außerhalb MB-nördlich ($N_{\text{Stationen}}=3/5^*$). * = Anzahl Stationen in 2003/04. 85
- Abb. 27:** Veränderung der Wassertiefe in 2004 gegenüber der Situation 1999 (= Null-Linie) sowie 2004 gegenüber 2003 (=Null-Linie) im Untersuchungsgebiet Fahrrinne km 730-740, dargestellt als Süd-Nord-Transekt. Darstellung unmaßstäblich. MFS= Stationen außerhalb MB-südlich ($N_{\text{Stationen}}= 3$ bis 2002/ 1 in 2003), MB- süd, -mitte, -nord =Stationen Baggerstrecke (insgesamt $N_{\text{Stationen}}=9$), MFN= Stationen außerhalb MB-nördlich ($N_{\text{Stationen}}=3$). WT = Wassertiefe (m). Kleine Abbildung: mittlere Wassertiefe in den Teilgebieten. 87
- Abb. 28:** A) Interannueller Vergleich (1999-2004) der mittleren Taxazahlen an den 5 Quertransekten (jeweils $N_{\text{Stationen}}=3$) in der Fahrrinne von km 730-740, differenziert nach Teilbereichen. MFS=Bereich oberhalb der Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}}= 3$ Stationen bis 2002/ 1Station in 2003/04), MBS = südl. Bereich der Neubaustrecke, MBM = mittlerer Bereich der Neubaustrecke, MBN = nördl. Bereich der Neubaustrecke; MFN= Referenz-Bereich unterhalb (nördl.) der Neubaustrecke. B) Interannueller Vergleich der Artenzahlen/Greifer

- differenziert nach Teilbereichen (MFS, MB, MFN) sowie nach Lage der Stationen im Fahrrinnenquerschnitt, -L=linker Fahrrinnenrand, -M=Fahrrinnenmitte, -R=rechter Fahrrinnenrand. Blaue Linie: Gesamtmittelwert Anzahl Taxa/Greifer..... 91
- Abb. 29:** Interannueller Vergleich der MZB-Dominanzstruktur (A+B) und der Bilanz der Abundanzverhältnisse (Abweichung 2004/1999, C+D; Abweichung 2004/2003 E+F) anhand der häufigsten Benthosarten im Untersuchungsgebiet Fahrrinne km 730-740, differenziert nach Teilbereichen: Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=9$, Bilder A+B) und Bereich nördlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=3/5^*$, Bilder D-F). *= nur 2003. 93
- Abb. 30:** A: Entwicklung der mittleren MZB-Abundanz der 5 Quertransekte (jeweils $N_{\text{Stationen}}=3$) in der Fahrrinne von km 730-740 von 1999 bis 2004, differenziert nach Teilbereichen: MFS=Bereich oberhalb der Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=3$ bis 2002/ 1 in 2003/04), MBS= südl. Bereich der Neubaustrecke, MBM=mittlerer Bereich der Neubaustrecke, MBN=nördl. Bereich der Neubaustrecke; MFN= Bereich unterhalb (nördl.) der Neubaustrecke. MFS in 2003 ohne Balaniden dargestellt. B: Interannueller Vergleich (1999-2004) der MZB-Abundanz/Station, differenziert nach Teilbereichen (MB, MFN) sowie nach Lage der Stationen im Fahrrinnenquerschnitt. L=linker Fahrrinnenrand, M=Fahrrinnenmitte, R=rechter Fahrrinnenrand. Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Stationen der Neubaustrecke rot umrandet. 96
- Abb. 31:** Abundanzverteilung (Ind./m²) im Bereich der Neubaustrecke über den Fahrrinnenquerschnitt und im Fahrrinnenlängsschnitt von km 735 – km 740 im Zeitraum 1999 - 2004 (jeweilige Stationswerte zusammengefasst). Links = Stationen am linken Fahrrinnenrand, Mitte = Stationen in der Fahrrinnenmitte, rechts = Stationen am rechten Fahrrinnenrand. MBS = südliche Stationsgruppe der Neubaustrecke, MBM = Stationsgruppe in der Mitte der Neubaustrecke, MBN = nördliche Stationsgruppe der Neubaustrecke, MFN = nördliche Referenzstationen. 97
- Abb. 32:** Entwicklung der *Bathyporeia*- und Polychaeta-Abundanz von 1999-2004 und durchschnittliche Baggermengen/Monat im stromab gesehen linken (oben) und rechten Fahrrinnenbereich (unten), bezogen auf den Zeitraum jeweils 12 Monate vor der Makrozoobenthos-Probenahme. Teilgebiet Neubaustrecke..... 100
- Abb. 33:** Entwicklung der *Bathyporeia*- und Polychaeta-Abundanz von 1999-2004 und durchschnittliche Baggermengen/Monat im stromab gesehen linken (oben) und rechten Fahrrinnenbereich (unten), bezogen auf den Zeitraum jeweils 12 Monate vor der Makrozoobenthos-Probenahme. Teilgebiet. Nördliche Referenz..... 102
- Abb. 34:** Sedimentzusammensetzung an den Transektstationen bei Elbe-km 736, Daten 2004. Rot eingerahmt: Stationen in der Fahrrinne (Neubaustrecke). GK = Grobkies, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus. 106
- Abb. 35:** Mittlere Taxazahlen/Greifer der Transekt-Stationen aus Richtung links der Fahrrinne (MT37), Fahrrinne (MT36-34) und weiter in Richtung Zehnerloch (MT10-M1)..... 108
- Abb. 36:** Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft/Station (Ind./m²) an den Transekt-Stationen bei km 736. Anordnung der Stationen entsprechend ihrer Lage vom linken Fahrrinnenbereich (MT 37) bis zum Zehnerloch (MT 1).

	Hyperbenthos nicht berücksichtigt; Crus: Crustacea; Poly: Polychaeta; Biv: Bivalvia.....	108
Abb. 37:	Mittlere Individuendichte/Greifer (Ind./m ²) an den Transekt-Stationen bei km 736. Anordnung der Stationen entsprechend ihrer Lage, gesehen vom linken Fahrrinnenbereich (MT 37) bis zum Zehnerloch (MT 1). Hyperbenthos nicht berücksichtigt, Daten 2004.....	109
Abb. 38:	Sedimentzusammensetzung in 1999 -2004 an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe. Fahrrinne (Baggerbereich) rot eingerahmt.	110
Abb. 39:	Veränderung der Wassertiefen im Zeitraum 1999 – 2003 an den Transektstationen (positioniert von linksseitig – in Richtung stromab - der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe.	112
Abb. 40:	Mittlere Taxazahl/Greifer an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe von 1999-2004. Rot eingerahmt: Stationen im Bereich der Baggerstrecke.	114
Abb. 41:	Mittlere Individuendichte (A –C, G und I) und Dominanzstruktur (D-F, H und K) an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe im Zeitraum von 1999 – 2004. Crus: Crustacea; Biv: Bivalvia; Poly: Polychaeta.	116
Abb. 42:	Ordinationsdiagramm der Redundancy Analysis (RDA) der Transektstationen Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe, Daten: 1999-2004. M _n 99=Untersuchungsjahr 1999, M _n 01=Untersuchungsjahr 2001, M _n 02=Untersuchungsjahr 2002, M _n 03=Untersuchungsjahr 2003, M _n 04=Untersuchungsjahr 2004. Rote Dreiecke = Stationen in der Neubaustrecke, orange Kreise = Stationen rechts der Neubaustrecke, blaue Dreiecke = Station links der Neubaustrecke, grüne Quadrate = Stationen im Bereich Zehner Loch. BA = Neubaustrecke. Abundanzen wurzeltransformiert.	118
Abb. 43:	<i>Macoma balthica</i> (Bivalvia)	123
Abb. 44:	<i>Bathyporeia pilosa</i> (Crustacea)	125
Abb. 45:	Abundanzentwicklung des Makrozoobenthos von 1999 bis 2004 im gesamten Untersuchungsgebiet der Außenelbe (Klappstelle, Fahrrinne – ohne Referenzbereiche, Transekt).	132
Tab. 1:	Entwicklung der jährlichen Klappmengen an der Verbringstelle K733 in der Außenelbe im Zeitraum 1998 – 2004 (Mai). Klappstelle ab 2001 räumlich verlegt. 1999/2000 Verbringung im Rahmen der Fahrrinnenanpassung. * unklar ob alle Verklappungen berücksichtigt wurden.	24
Tab. 2:	Klappstelle 733 und Umgebung, Artenspektrum und mittlere Abundanz (Ind./m ²) der Greiferproben/ Teilbereich, Beprobung Mai 2004. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich der Klappstelle, MKÄ = weiter entfernt positionierte Stationen. ** = Taxa für die Abundanzvergleiche nicht berücksichtigt wurden.	29
Tab. 3:	Makrozoobenthos-Besiedlungskennwerte der untersuchten Teilgebiete MK (ehemalige Klappstelle), MKN (Nahbereich), Ref (Referenzstationen)	

	differenziert nach Gesamtbesiedlung und verschiedenen Organismengruppen. Ergebnisse einer einfachen Varianzanalyse (Median-Test). Daten 2004	34
Tab. 4:	Klappstelle 733 und Umgebung, MZB-Artenspektrum Vergleich 1999-2004. gelb hervorgehoben: Arten mit einem Dominanzanteil von >3%; x* = Arten mit einem Dominanzanteil von >5%; a: adult, j: juvenil. ** = Arten nicht für die quantitativen Analysen berücksichtigt.....	39
Tab. 5:	Taxazahlen (Greiferebene) der Teilgebiete im interannuellen Vergleich (1999-2004). N** = signifikant geringerer Wert gegenüber N* = signifikant höherer Wert, Varianzanalyse: erweiterter Mediantest $p < 0,1$. Stabw. = Standardabweichung	42
Tab. 6:	Ergebnisse der Zweistichproben-Signifikanztests (Mediantest) auf der Grundlage der Taxazahlen. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich, MKÄ = Referenz. * = Taxazahlen signifikant unterschiedlich $p < 0,1$	43
Tab. 7:	Übersicht über die Ergebnisse der Zweistichprobentests (U-Test, Mediantest) im Vergleich der Teilgebiete von 1999 bis 2004. * = $p < 0,05$. Anzahl Stationen MK: N= 5, MKN: N=8 (2001- 2004 N=7), MKÄ: N=10 (2001-2004 N=9). (*) = nur signifikant inkl. MKN26/MKÄ27	53
Tab. 8:	Ergebnis der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA).....	64
Tab. 9:	Korrelationsanalyse: Abhängigkeit von MZB-Spezies und Umweltvariable (positive Abhängigkeit blau markiert; negative Abhängigkeit rot markiert, $p < 0,05$). Datensatz K733, Außenelbe 1999 – 2004, die 13 häufigsten Taxa.	66
Tab. 10:	Baggermengen in der Außenelbe-Fahrrinne im Bereich von km 731– km 740 im Zeitraum 1998 – 2004. * = Schätzwert, ** = Sandentnahme für das Mühlenberger Loch. *** = 2003 km 735–737,5; [*] = 2004 km 734,5-737	75
Tab. 11:	Anzahl beprobter Stationen und Bezeichnung der untersuchten Teilgebiete in der Fahrrinne der Außenelbe in 2004. * (<i>rot gekennzeichnet</i>) = von Süd nach Nord verlegte Stationen.	77
Tab. 12:	Artenspektrum der untersuchten Elbe-Fahrrinne zwischen km 732 – km 740 und deren mittlere Individuendichte, Daten aus Mai 2004. MFS = Referenz-Süd, MB = Neubaustrecke, MFN = Referenz-Nord. * = eudominante (>30%), dominante (>10-30%) sowie subdominante (>3-10%) Taxa eines jeweiligen Untersuchungsbereiches. Anzahl Taxa ohne Juvenile, wenn Adulte der Gattung nachgewiesen wurden. x = Taxa nur bei der Taxazahl berücksichtigt.....	79
Tab. 13:	Fahrrinne km 730-740, MZB-Artenspektrum Vergleich 1999-2004. gelb hervorgehoben: Taxa mit einem Dominanzanteil von >3%; * = Taxa mit einem Dominanzanteil von >5%; a = adult, j = juvenil. HB = Haarborsten. Balaniden-Abundanzen bei der Berechnung des Dominanzanteils unberücksichtigt. Rot hervorgehobenen Taxa: erstmals in 2004 nachgewiesen.	90
Tab. 14:	Ergebnisse der Spearman-Rangkorrelationsanalyse. Daten: Makrozoobenthosabundanz, Sedimentdaten, Baggermengen (Halbkilometer und Fahrrinnenseite) 1999 - 2004, Fahrrinne Außenelbe km 732 – km 740. Gelbe Schraffur = negative Korrelation, blaue Schraffur = positive Korrelation. * $< 0,1$ = schwach signifikant, ** $< 0,05$ = signifikant, *** $< 0,01$ = hoch signifikant.	103

- Tab. 15:** Transekt Fahrinne –Zehnerloch bei Elbe-km 736. Artenspektrum und mittlere Individuendichte (Ind./m²), Untersuchung Mai 2004. * = Arten bei der Abundanzauswertung nicht berücksichtigt..... 107
- Tab. 16:** Makrozoobenthos-Gesamtartenspektrum der Transekt-Stationen (N=11) in der Außenelbe bei km 736; Untersuchungszeitpunkte April 1999 und Mai 2001-2004. Gelb hervorgehoben t: Arten mit einem Dominanzanteil von >3% * = Arten mit einem Dominanzanteil von >5%..... 113

Zusammenfassung

Im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt fanden im Zeitraum 1999 – 2004 umfangreiche Begleituntersuchungen zur benthischen Makrofauna im Bereich der Außenelbe (km 732-740) und der Unterelbe (km 647-653) statt. Das Probenahme-Design der Untersuchungen wurde vom Auftraggeber in Abstimmung mit den von der Maßnahme betroffenen Bundesländern konzipiert. Ziel war es festzustellen, wie sich Artenzusammensetzung und Individuenzahlen nach der Sedimentumlagerung auf den betroffenen Flächen entwickeln, in welcher Form die Wiederbesiedlung stattfindet und ob diese den Prognosen der UVU-Elbe entspricht. Die Betrachtung umfasst die Teilgebiete Klappstelle K 733 und deren Umgebung bei km 733 sowie die Fahrrinne zwischen km 730 und 740. Des Weiteren ist ein Transekt bei km 736 untersucht worden, dessen Stationen, ausgehend vom linken Fahrrinnenrand, in Richtung Zehnerloch positioniert wurden.

Um die vor Beginn der Bauarbeiten in den Untersuchungsgebieten vorkommenden Benthosgemeinschaften im Hinblick auf Artenspektrum und Individuenzahlen zu dokumentieren, wurden im April 1999 im Bereich der Klappstelle 733 bzw. in deren Umgebung insgesamt 23 Stationen beprobt. In der Fahrrinne, im Bereich der Baggerstrecke sowie an zwei Referenzbereichen ist das Makrozoobenthos an 15 Stationen untersucht worden; das Transekt bei km 736 (entspricht Transekt km 733 im Planfeststellungsbeschluss) umfasste insgesamt 11 Stationen. Jeweils im Mai im Zeitraum 2001 - 2004 wurden nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten die Folgeuntersuchungen durchgeführt. In 2004 erfolgte die letzte Untersuchungskampagne im Rahmen der Beweissicherung.

Die Beprobung der Stationen erfolgte in allen Untersuchungsjahren durch jeweils 6 Parallelproben mit einem 0,1 m² van-Veen-Greifer. Zu den analysierten Parametern gehörten die Kennwerte Artenspektrum, Artenzahl, Dominanzstruktur, Altersstruktur sowie die Individuendichte der Benthosgemeinschaften.

Der vorliegende Abschlussbericht zur Außenelbe enthält die Darstellung der Jahresergebnisse 2004 sowie eine interannuelle Auswertung aller bisherigen Untersuchungen und die Beurteilung der Ergebnisse im Sinne der Aufgabenstellung: Identifizierung von Hinweisen auf mögliche Auswirkungen der Vertiefungsmaßnahmen auf die benthischen Lebensgemeinschaften. Die Bearbeitung erfolgte durch Vergleiche der Makrozoobenthosbesiedlungen auf der Raumskala (Eingriffsbereiche vs. Referenz) und auf der Zeitskala (gebietsinterne interannuelle Entwicklung).

Die Beantwortung der Fragestellung enthält aber die grundsätzliche Schwierigkeit, dass die von den Maßnahmen betroffenen Bereiche z.T. bereits vor dem Neubau und z.T. auch nach Abschluss der Neubauarbeiten im Rahmen der Unterhaltung genutzt wurden. Diese Rahmenbedingungen erschweren die Zuordnung der identifizierten Wirkungen zur Neubaumaßnahme.

Klappstelle 733

Verklappungen 1998 – 2004: Die untersuchte Klappstelle ist bereits vor den hier in ihren Wirkungen zu dokumentierenden Neubaumaßnahmen beaufschlagt worden. Im Rahmen der Neubaumaßnahmen 1999 und 2000 wurde die Klappstelle mit 1.986.100 m³ bzw. 996.475 m³ deutlich intensi-

ver beaufschlagt als 1998 (91.020 m³). Bereits im April 1999, also während und z.T. auch vor der Status-quo-ante-Untersuchung, ist die Klappstelle mit einer Baggermenge von insgesamt etwa 445.432 m³ beaufschlagt worden. Die verklappten Sedimente bestanden in allen Jahren überwiegend aus Sand und führten damit nicht zu einer wesentlichen Veränderung des anstehenden Sedimenttyps.

Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten erfolgte eine Verlegung der Klappstelle K733 nach Süden, so wurde der ursprüngliche Bereich der Klappstelle unterhaltungsbedingt nur noch örtlich bzw. nach 2001 gar nicht weiter genutzt.

In 2001 wurden auf die nach Süden verlegte Klappstelle K733 348.312 m³ und 2002 736.500 m³ (bis Mai 2002 zum Zeitpunkt der Probenahme aber nur 106.201 m³) verbracht. In 2003 erfolgte mit 2.550.152 m³ eine sehr starke Beaufschlagung. Die Menge war sogar höher als diejenige, die im Rahmen der Vertiefungsarbeiten auf die damalige Fläche von K733 verbracht wurde. In 2004 war die Verklappungsmenge mit 846.723 m³, die im Zeitraum Januar bis Mai verbracht wurde, ebenfalls vergleichsweise hoch. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf verwiesen, dass im aktuellen Verklappungsbereich keine Makrozoobenthosuntersuchungen durchgeführt wurden. Die Angaben zu den Klappmengen sind lediglich als ergänzende Information anzusehen.

Aufgrund der Verlegung wurde bereits in 2001 vermutlich nur noch eine Station (MK25) der im ursprünglichen Verklappungsbereich positionierten 5 Stationen durch die Verklappungen direkt betroffen. Dagegen befanden sich nun Stationen (MKN26 - Nahbereich, MKÄ27 - Referenz), die ursprünglich außerhalb der bis 2000 genutzten Klappstelle lagen, im Verklappungsbereich. In den Folgejahren bis 2003 wurde K733 erneut weiter in Richtung Süden verlegt, so dass ab 2002 keine ursprüngliche K-Station mehr direkt von Beaufschlagungen betroffen war. Als einzige Station befand sich die Referenz-Station MKÄ27 nach 2000 vermutlich immer im jeweiligen Verklappungsbereich. Damit erfüllen v.a. die Station MKÄ27 sowie auch MKN26 die ihnen ursprünglich zugeordnete Funktion als (unbeaufschlagte) Vergleichsstandorte nicht mehr. Da die Verlegung der Klappstelle erst in 2003, nach Abschluss des entsprechenden Berichtes (3. Zwischenbericht) bekannt wurde, sind die Stationen MKN26 und MKÄ27 im Rahmen der damaligen Auswertung, wie im ursprünglichen Konzept vorgesehen, nach wie vor als Station des Nahbereichs bzw. als Referenzstation betrachtet worden. Im vorliegenden Endbericht wurde der Verlegung der Klappstelle in der Auswertung Rechnung getragen. Die Datensätze der Teilgebiete mussten durch die Verlegung der Klappstelle z.T. neu geordnet werden. Es ist anzumerken, dass diese Neuordnung zu (geringfügig) abweichenden Angaben zu Besiedlungskennwerten im Vergleich zu den Vorjahresergebnissen führt.

Zu dem ist hervorzuheben, dass die bis 2003 nicht bekannte räumliche Verlegung der Klappstelle für die Beurteilung der vorliegenden Befunde insofern auch vorteilhaft ist, als dadurch ab 2001 die tatsächliche Wiederbesiedlung der Klappstelle (weitgehend) ohne Unterhaltungsverklappungen dokumentiert wurde. Damit ist eine Überlagerung der ausbaubedingten Wirkungen durch unterhaltungsbedingte Wirkungen ausgeschlossen und ermöglicht eine im Sinne der Fragestellung eindeutiger Identifizierung möglicher verklappungsbedingter Wirkungen.

Makrozoobenthos-Ergebnisse 2004: Im Gebiet der Klappstelle 733 und deren Umgebung wurden in 2004 insgesamt 48 verschiedene Taxa aus 5 taxonomischen Gruppen nachgewiesen. Im Vergleich der Teilgebiete unterschieden sich die mittleren Taxazahlen von 11,3 – 14,1 Taxa/Station nicht sehr deutlich voneinander, die Referenz wies aber im Vergleich die höchste Taxazahl auf. Im

Hinblick auf die Besiedlungsdichte ergaben sich klare Unterschiede: die Referenz war in 2004 mit durchschnittlich 872 Ind./m² umfangreicher besiedelt als die Klappstelle (210 Ind./m²). Der Nahbereich war lediglich durch 104 Ind./m² besiedelt. Die Ergebnisse anderer Untersuchungskomponenten wie die Dominanz- oder Altersstruktur ergaben keine klaren Unterschiede zwischen den Teilgebieten.

Interannuelle Makrozoobenthos-Ergebnisse (1999-2004): Der räumliche und der zeitliche Vergleich zeigen insgesamt, dass sich trotz unterschiedlicher Rahmenbedingungen wie lokale Sedimentbesonderheiten oder z.T. auch erheblich unterschiedliche Wassertiefen die Gemeinschaftsstruktur der MZB-Gemeinschaften der Klappstelle, im Nahbereich der Klappstelle sowie an weiter entfernt liegenden Stationen in ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger stark ähnelten. So dominierten überall Arten, die sandige Standorte bevorzugten (v.a. Amphipoden der Gattung *Bathyporeia*). Neben einigen Polychaeten (*Nephtys hombergii*, *Heteromastus filiformis*) gehörte auch *Macoma balthica* in 2002 - 2004 örtlich zu den individuenreicheren Arten.

Die synoptische Betrachtung aller Ergebnisse, also die der räumlichen und der gebietsinternen interannuellen Vergleiche lassen den Schluss zu, dass bestehende Verklappungswirkungen auf der Datenbasis bereits in 2003 nicht mehr eindeutig und in 2004 nicht mehr zu erkennen sind.

Auf der Basis aller Ergebnisse lassen sich Hinweise darauf ableiten, dass die faunistischen Befunde mit den Verklappungsaktivitäten bzw. mit der Abnahme und Ende der Verklappungen auf der ursprünglichen Umlagerungsfläche korrespondierten. In 2001, also nach den umfangreichen neubaubedingten Verklappungen, waren die ausgeprägtesten Unterschiede zwischen den Teilgebieten insofern zu erkennen, als die Klappstelle geringere Kennwerte als die Referenz aufwies. Auch die klappstelleninterne Betrachtung ergab einen erkennbaren Rückgang der Besiedlungskennwerte in 2001 im Vergleich zu 1999. Nachdem nach 2000 keine Verklappungen mehr auf der ursprünglichen Fläche erfolgten, konnten in 2002 Hinweise auf eine beginnende Erholung der Makrozoobenthosgemeinschaft verzeichnet werden. Diese drückte sich im Vergleich zu 2001 v.a. durch höhere Arten- und Individuenzahlen auf der Klappstelle aus. Die Entwicklung setzte sich in 2003 aber auf der Klappstelle nicht weiter fort und blieb in etwa auf dem Vorjahresniveau. Räumliche Besiedlungsunterschiede wurden aufgrund der Tatsache verzeichnet, als dass die von 2002 bis 2003 gleichbleibenden Besiedlungsdichten auf der Klappstelle den in 2003 erfolgten deutlichen Zuwächsen im Referenz – und auch im Nahbereich gegenüberstanden. In 2004 erfolgten im Bereich der ehemaligen Klappstelle und der Referenz gleichsinnige Entwicklungen, in dem sich die Besiedlungskennwerte z.T. deutlich erhöhten, wobei die mittlere Besiedlungsdichte sich deutlich unterschied, aufgrund der jeweils aber sehr hohen gebietsinternen Variabilität wurden in 2004 im räumlichen Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilgebieten festgestellt. Der interannuelle gebietsinterne Vergleich zeigte zu dem eine weitgehende Annäherung an den Ausgangszustand 1999 im ehemaligen Verklappungsbereich. Es ist also davon auszugehen, dass die in 2004 ermittelten Ergebnisse die normale Variabilität, beeinflusst von den abiotischen Rahmenbedingungen (Sedimente etc.), in diesem Bereich widerspiegeln und verklappungsbedingte Wirkungen nicht mehr erkennbar sind.

Fahrrinne (km 730-740):

Baggerungen 1998 - 2004: Mit Beginn der Vertiefungsarbeiten in 1999 sind die Baggermengen im Bereich der Neubaustrecke (bezogen auf den Abschnitt Fahrrinnenkilometer km 734,1-738,1) mit ca. 1.6 Mio. m³ gegenüber 1998 (54.918 m³) stark angestiegen. Auch in 2000 (874.550 m³) sowie

in 2001 (636.666 m³) – 2003 (910.549 m³) erfolgten Baggerungen in erheblichem Umfang. Die Baggermenge im halbjährigen Zeitraum vor den Makrozoobenthosprobenahmen war mit 205.640 m³ (1999) bzw. 266.970 m³ (2001) und 2002 (nicht quantifizierbar) in etwa vergleichbar. In 2003 (km 735 – 737,5) und auch in 2004 überstieg die Menge mit 559.466 m³ bzw. 500.000 m³ diejenige der Vorjahre. Die Neubaustrecke unterlag also schon vor der Status-quo-Erhebung sowie auch nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten mehr oder weniger intensiven Baggeraktivitäten. Während im Bereich der Referenz-Nord seit 1998 keine Unterhaltungsbaggerung erfolgte, wurden im Bereich Referenz-Süd Baggerungen durchgeführt. Die Baggermengen stiegen hier seit 1998 (6.971 m³) kontinuierlich an und erreichten in 2001 (178.908 m³) ihren bisherigen Höchstwert. In 2003 betrug die Menge etwa 33.158 m³, in 2004 wurde nur eine geringe Menge von 6.530 m³ gebaggert. Insgesamt lagen die Baggermengen im Bereich der Referenz-Süd aber vergleichsweise deutlich unter denjenigen der Neubaustrecke.

Makrozoobenthos 2004: Die Untersuchungsstationen der Fahrrinne waren in 2003 insgesamt durch 33 verschiedene Taxa aus 6 taxonomischen Gruppen besiedelt. Die Crustacea und Polychaeta waren mit 13 bzw. 10 Taxa die artenreichsten Gruppen. Aufgrund des überwiegend sporadischen Vorkommens der meisten Arten erreichte die mittlere Taxazahl im Bereich der Neubaustrecke Werte um 4,5 Taxa/Greifer; im Referenzbereich lag der Wert mit ca. 2,2 Taxa/Greifer niedriger. Hinsichtlich der Besiedlungsdichte wies der Vertiefungsbereich mit 514 Ind./m² im Vergleich zur Referenz (ca. 22 Ind./m²) deutlich höhere Werte auf. Hervorgerufen wurden die Unterschiede insbesondere durch die Crustacea, die im Vertiefungsbereich in wesentlich häufiger waren. Die Polychaeta, deren Besiedlungsdichte insgesamt geringer war als die der Crustacea, waren im Referenzbereich mit durchschnittlich 13,7 Ind./m² in etwas höherer Zahl vertreten als im Bereich der Baggerstrecke (11,3 Ind./m²).

Makrozoobenthos interannuell (1999 - 2004): Die untersuchte Neubaustrecke war nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten nicht faunistisch verodet. Sie war allerdings bereits 1999 durch eine für die Fahrrinne der Elbe heute typische, artenarme Wirbellosengemeinschaft gekennzeichnet. Die Ergebnisse veranschaulichen, dass sowohl bezüglich der Anzahl der Taxa als auch hinsichtlich der Gesamt-Individuendichte die Neubaustrecke in 2001 im räumlichen Vergleich (Referenz) und im Vergleich zur Status-quo-Situation (1999) zumindest örtlich deutlich umfangreicher besiedelt war, obwohl intensive Baggerungen durchgeführt wurden. Verantwortlich hierfür war ausschließlich die starke Abundanz-Zunahme der Crustacea (*Bathyporeia*). Andere Taxagruppen reagierten dagegen mit mehr oder weniger deutlichen Abundanzrückgängen (Polychaeta). In 2002 und 2003 wurde ein Rückgang der sehr hohen Individuendichten der Crustacea dokumentiert, wobei die rückläufigen Zahlen in 2002 mit vergleichsweise geringeren (Unterhaltungs-)Baggeraktivitäten einhergingen. In 2004 kam es im Abschnitt der untersuchten Neubaustrecke zu einer ausgeprägten Zunahme v.a. der Crustacea-Anzahlen; eine gleichsinnige Entwicklung konnte im Referenzabschnitt dagegen nicht dokumentiert werden. Die bisherigen Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass die *Bathyporeia*-Arten besonders nach bzw. bei starken Störungen hohe Besiedlungsdichten entwickeln können; u.U. durch massive, kurzfristige Einwanderung aus den Seitenbereichen und/oder möglicherweise auch durch eine in diesen Bereichen besonders erfolgreiche Reproduktion, wenn die von den Arten bevorzugten Sedimentbedingungen (Fein-Mittelsande) erhalten bleiben.

Aufgrund der insgesamt schon 1999 eher geringen Besiedlungsdichte der Polychaeta sowohl im Neubaubereich als auch im Bereich der Referenz lassen sich Hinweise auf Wirkungen der Vertiefungsarbeiten auf diese Organismengruppen nur eingeschränkt ableiten. Dennoch deuten sich auf der Basis der vorliegenden Daten örtlich Entwicklungen an, deren Zusammenhang mit den umfang-

reichen Neubaubaggerungen (1999/2000) bzw. mit den danach fortgesetzten Unterhaltungsbaggerungen nicht auszuschließen ist. Ein (schwacher) Hinweis hierauf ist aus der tendenziellen Abnahme der Besiedlungsdichte (Polychaeta) in stark bebaggerten Bereichen ableitbar, während in weniger stark beeinflussten Bereichen (z.B. rechte Fahrinnenseite der Neubaustrecke, nördliche Referenz) keine analogen Entwicklungen stattgefunden haben.

Die o.g. Annahmen werden auch durch die in der Unterelbe ermittelten Ergebnisse unterstützt. Auch hier deutete sich an, dass intensive Baggerungen eine Zunahme der *Bathyporeia*-Abundanzen und tendenziell rückläufige Polychaeta-Dichten zur Folge haben können (vgl. Band: BIOCONSULT 2005a). Bivalvia wurden nach 1999 im Bereich der Vertiefungsstrecken (Außen- und Unterelbe) nicht nachgewiesen, allerdings konnten bereits 1999 nur wenige Muscheln in der Fahrrinne dokumentiert werden, so dass deren Fehlen nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten nicht eindeutig mit den Baggertätigkeiten in Zusammenhang gestellt werden kann.

Transekt km 736: Die Transektstationen unterscheiden sich aufgrund ihrer räumlichen Lage im Hinblick auf die Rahmenbedingungen und damit auch aufgrund der Fauna mehr oder weniger deutlich voneinander. V.a. der Bereich Zehnerloch grenzt sich aufgrund der Sedimente (hohe Schlickanteile) und einer anderen Gemeinschaftsstruktur (mehr durch Polychaeten geprägt) deutlich von den übrigen Transektstationen ab. Diese räumlichen Unterschiede sind trotz der starken interannuellen Variabilität über den gesamten Untersuchungszeitraum zu erkennen. Aufgrund der sehr ausgeprägten räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit der Benthosbesiedlungen sind Wirkungen der Neubaumaßnahme auf das Zoobenthos auf der Basis des vorliegenden Transekt-Datensatzes nicht offensichtlich.

Schlussfolgerung

Die Verklappungen (1999/2000) die im Rahmen der Fahrinnenanpassung auf K733 erfolgten haben nicht zu einer faunistischen Verödung der Klappstelle geführt. Allerdings konnte v.a. 2001 eine Reduzierung der Besiedlungskennwerte auf der Klappstelle und z.T. auch in deren Nahbereich festgestellt werden. Die in 2001 ermittelten Befunde wurden als Hinweise auf Wirkungen im Verklappungsbereich und auch örtlich im Nahbereich identifiziert. Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten (2000) wurde die Klappstelle fast nicht mehr für Verklappungen genutzt. Ohne den Wirkfaktor ‚Verklappung‘ konnte dann in 2002 wieder eine Zunahme der Besiedlungskennwerte auf der Klappstelle ermittelt werden, die als Hinweis auf eine beginnende Erholung angesehen wurde. Aufgrund unterschiedlicher räumlicher Entwicklungen wurden dann in 2003 und auch in 2004 zwar Unterschiede zwischen Klappstelle und Referenz ermittelt, die aber wohl v.a. in 2004 die in diesem Gebiet natürliche Variabilität widerspiegeln. Weitere Untersuchungen zu den Wirkungen der Verklappungen auf K733 im Rahmen der Ausbaumaßnahmen sind daher nicht notwendig.

Im Untersuchungsgebiet der Neubaustrecke der Fahrrinne zeigten sich artengruppenspezifisch z.T. gegensätzliche Entwicklungen. Einerseits wurde nach Abschluss der Neubaumaßnahme eine deutliche Zunahme der Crustacea-Dichte, andererseits ein schwacher Rückgang der Polychaeta-Dichte verzeichnet. Die auffällig hohen Crustacea-Abundanzen korrespondierten ebenso wie die tendenziellen Rückgänge der Polychaeta in Bereichen mit hohen Baggerintensitäten. Insgesamt war im Bereich der Neubaustrecke eine ausgeprägte räumliche und zeitliche Besiedlungsdynamik vorhanden, die in dieser Form im Referenzbereich-Nord nicht dokumentiert wurde.

Die im Bereich der Neubaustrecke festgestellten Veränderungen könnten aus folgenden Gründen als Hinweise auf Wirkungen der Baggerarbeiten anzusehen sein:

- die signifikante Erhöhung der *Bathyporeia*-Abundanzen und eine damit einhergehende Veränderung der Gemeinschaftsstruktur erfolgte am ausgeprägtesten sowohl auf der Raum (linker Fahrrinnenbereich)- als auch auf der Zeitskala (2001 - 2004) in den von Baggerungen am stärksten betroffenen Bereichen.
- die Abschnitte der Neubaustrecke, die von Baggerungen wenig betroffen waren sowie die nicht direkt von Baggerungen beeinflussten nördlichen Referenzbereiche zeichneten sich durch nicht signifikante interannuelle Veränderungen der Benthosgemeinschaft aus.
- der, wenngleich nur schwach, d.h. nicht signifikant ausgeprägte Rückgang der Polychaeta in intensiv bebaggerten Bereichen.

Erschwert wurde (bzw. wird) die Bewertung der Befunde allerdings durch die nach Abschluss der eigentlichen Vertiefungsbaggerungen stattgefundenen Unterhaltungsarbeiten und die Tatsache, dass die Vertiefungsbaggerungen eine durch die in der Vergangenheit stattgefundenen Strombaumaßnahmen und die laufende Unterhaltungsbaggerei vorbelastete Gemeinschaft betroffen haben. In diesem Zusammenhang sind zwei Aspekte nicht voneinander zu trennen: die Wirkungen der ausbaubedingten intensiven Baggerungen und die Wirkungen der nach Abschluss der Ausbaurbeiten weiter erfolgenden Baggerungen im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung. Vor diesem Hintergrund erscheint die Fortführung der Untersuchungen nicht notwendig, da ein weiterer Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Frage zu den Wirkungen speziell der Ausbaubaggerungen auf die bodenlebenden Wirbellosen und deren Wiederbesiedlungsdynamik nicht zu erwarten ist.

1. Anlass und Ziel der Untersuchung

Im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt fanden umfangreiche Begleituntersuchungen zur benthischen Makrofauna im Bereich der Außenelbe (km 732-740) statt. Nach der in 1999 durchgeführten Status-quo-Untersuchung, erfolgten in 2001 die erste, in 2002 die zweite, in 2003 die dritte und in 2004 die vierte und letzte Monitoringuntersuchung nach Abschluss der Neubauarbeiten. Die Untersuchungsgebiete in der Außenelbe umfassen, wie im festgelegten Monitoringprogramm vorgesehen, eine Baggerstrecke in der Fahrrinne im Bereich km 735-737, die Klappstelle bei km 733 sowie jeweils zugehörige Referenzbereiche und ein Stationstransect, ausgehend von dem linksseitigen Fahrrinnenbereich bei km 733 über die Fahrrinne im Bereich der Baggerstrecke nördlich an der Klappstelle (km 733) vorbei bis zum Zehnerloch.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Entwicklung der Makrozoobenthosgemeinschaften zu dokumentieren und Hinweise auf mögliche noch bestehende Beeinträchtigungen durch die Fahrrinnenanpassung (Baggern und Verklappen) zu identifizieren. Dazu erfolgte zum einen ein räumlicher Vergleich auf der Grundlage der in 2004 vorgefundenen Makrozoobenthosbesiedlung und zum anderen ein zeitlicher Vergleich mit der Status-quo-ante-Situation in 1999 und den Ergebnissen der Folgejahre 2001-2004 zwischen direkten Eingriffs- (Baggerstrecken, Klappstellen) und den Referenzbereichen.

Zusätzlich wurde ein Abgleich der im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ermittelten Ergebnisse mit der Prognose der Umweltverträglichkeitsuntersuchung von 1997 (MATERIALBAND VII 1997) durchgeführt.

Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse zu den in der Außenelbe untersuchten Teilbereichen (Klappstelle, Fahrrinne, Transect Zehnerloch).

2. Material und Methoden

Die Probenahme in der Außenelbe wurde im Zeitraum vom 17.05. bis zum 19.05.2004 durchgeführt. Die Terminfestlegung erfolgte in Abhängigkeit von der Wassertemperatur, da vorgesehen war, die Probenahme unter ähnlichen Rahmenbedingungen wie bei der Status-quo-Aufnahme 1999 durchzuführen. Zum damaligen Untersuchungszeitpunkt (Mitte April) lagen die Wassertemperaturen in etwa 6-8 m Tiefe um 10°C. In 2001 lag die Wassertemperatur mit 8–10°C etwas niedriger, in 2002 - 2004 waren die Werte mit 12-13°C etwas höher. Die Temperaturamplitude ist allerdings nicht so groß, als dass die interannuelle Vergleichbarkeit der Frühjahrsentwicklung des Makrozoobenthos eingeschränkt wäre. Allgemeine Angaben zum Probenahmedatum, der Position der Stationen (Strom-km bzw. geographische Position), Eindringtiefe des van Veen-Greifers, Sedimentcharakter sowie Sondenmesswerte sind dem Anhang I zu entnehmen.

2.1 Untersuchungsgebiete

Die Lage der in 2004 untersuchten Probenahmestationen ist der Abb. 1 zu entnehmen. In der Fahrrinne wurde die Position von zwei Stationen gegenüber den Vorjahren verändert. Es handelt sich hierbei um die in der südlichen Referenz befindlichen Stationen M28 und M30. Beide Stationen wurden in 2003 sowie 2004 der nördlichen Referenz zugeordnet (rote Pfeile in Abb. 1). Diese Modifizierung wurde insofern als sinnvoll erachtet, da die südliche Referenz aus bislang unbekannt Gründen eine extrem verarmte Besiedlung aufwies und somit als Referenz im Sinne der Fragestellung nicht nutzbar war.

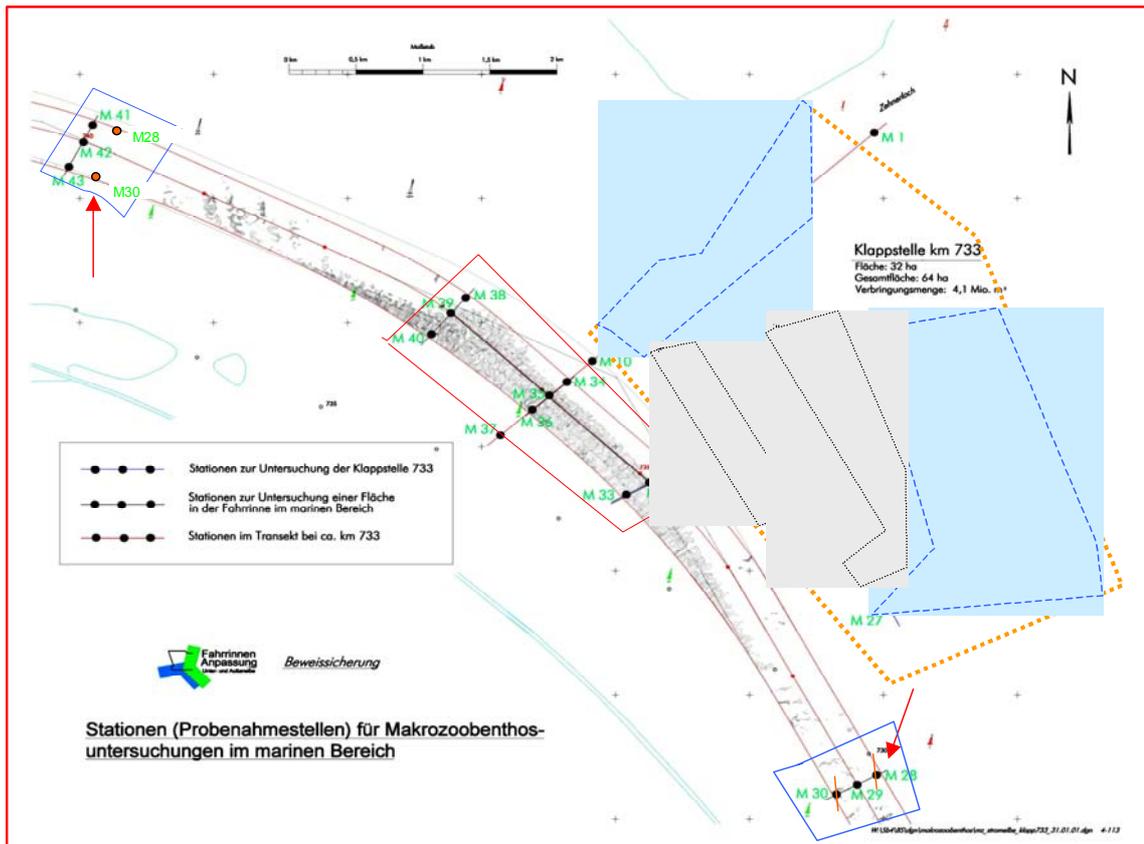


Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete und Position der Probenahmestationen. Orange gestrichelt: Untersuchungs-bereich Klappstelle (Teilbereiche Klappstelle: gelb; Nahbereich: grau; Äußerer Bereich (Referenz): blau). Rot umrandet: Baggerstrecke Fahrrinne, blaue Rechtecke Referenzen Fahrrinne. M37-M1: Transektstationen. Rote Pfeile: Verlegung der südlichen Referenz-Stationen M28 und M30 zur nördlichen Referenz.

2.1.1 Klappstelle und Umgebung km 733-736,5

In diesem Untersuchungsbereich wurden insgesamt 23 Stationen beprobt: 5 Stationen entlang eines Längsschnittes auf der bis ca. 2000 genutzten Klappstellenfläche (Stationsbezeichnung MK), 8 Stationen (Stationsbezeichnung MKN) in der näheren und 10 in der weiteren Umgebung der Klappstelle (Stationsbezeichnung MKÄ). Weitere Erläuterungen zu den Stationsbezeichnungen sind Kap. 3.2 zu entnehmen. Die Untersuchungsstationen sind netzartig um die eigentliche Klappstelle herum positioniert. Eine Differenzierung in die von der Verklappung unterschiedlich beeinflussten Teilgebiete ‚direkter Verklappungsbereich‘, ‚Nahbereich‘ und ‚äußerer Bereich‘ (Referenz) ermöglicht einen räumlichen Vergleich (zur Lage der Teilgebiete s. Abb. 1).

2.1.2 Fahrrinne km 732-740

In der Fahrrinne wurden 15 Stationen beprobt, die 1999-2002 aus je 5 Querschnitten à 3 Stationen gebildet werden. Drei Querschnitte wurden innerhalb einer Vertiefungsstrecke in der Fahrrinne (km 734,5-737,5) und je ein Querschnitt oberhalb (km 732) und unterhalb (km 740) der Baggerstrecke

positioniert. Diese fungieren als räumliche Referenz. Ab 2003 erfolgte die o.g. Modifizierung der Positionierung zweier Referenzstationen (s. Abb. 1).

2.1.3 Transekt km 736-Zehnerloch

Das hier bezeichnete ‚Transekt km 736-Zehnerloch‘ entspricht demjenigen, welches im Planfeststellungsbeschluss als ‚Transekt km 733‘ benannt ist. Es besteht aus 11 Stationen, die vom linksseitigen Fahrrinnenbereich bei km 736 über die Fahrrinne im Bereich der Baggerstrecke nördlich an der Klappstelle (km 733) vorbei bis zum Zehnerloch positioniert wurden. 6 der Stationen haben eine Doppelfunktion, da sie gleichzeitig auch für die Klappstellen- bzw. Fahrrinnenbetrachtung berücksichtigt werden.

2.2 Methodik

An jeder der o.g. Stationen wurden 6 van-Veen-Greifer à 0,1 m² entnommen. Der Befüllungsgrad der verwerteten Greifer betrug mindestens 75%; Greifer mit geringerer Füllung wurden verworfen.

In der Außenelbe wurde in 2004 wie auch schon in den Vorjahren im Gegensatz zu der Beprobung 1999 auf die gezielte Beprobung der Oligochaetenfauna mittels Stechrohrproben und Siebung über 250 µm verzichtet, weil die Ergebnisse aus 1999 gezeigt haben, dass in diesem Elbebereich kein zusätzlicher Erkenntnisgewinn erreicht wurde (BIOCONSULT 1999, BFG 2000). In der limnischen Unterelbe, deren Makrozoobenthosbesiedlung durch Oligochaeta dominiert wird, ist dagegen die Anwendung von Stechrohrunterproben bzw. die Siebung über feinen Siebmaschenweiten sinnvoll und wurde auch fortgeführt (s. BIOCONSULT 2005a, b).

Nach der Probenahme wurde der Greiferinhalt in eine Wanne überführt und anschließend über ein 1 mm Sieb vorsichtig gesiebt. Der Rückstand wurde in 70%igem Alkohol zur taxonomischen Bestimmung fixiert.

Die taxonomische Bearbeitung erfolgte im Labor; Muscheln wurden vermessen (auf den unteren zehntel Millimeter genau). Soweit möglich, wurden die einzelnen Individuen der erfassten Taxa in „Juvenil“ und „Adult“ unterschieden. Folgende Kriterien lagen der Klassifizierung zugrunde: Muscheln (hier fast ausschließlich *Macoma balthica*) galten bei Schalenlängen <5 mm als juvenil, Polychaeten wurden als juvenil bezeichnet, wenn das 7. Segment <2 mm breit war. Gammariden wurden bei Größen von <4 mm als juvenil bezeichnet. Für die Gattung *Bathyporeia* wurde auf eine Unterteilung verzichtet, da die Bestimmung der Arten dieser Gruppe erst ab einer bestimmten Größe (4 mm, entsprechend der Ergebnisse eines in 1999 durchgeführten Workshops des BLMP) möglich ist.

An begleitenden Parametern wurden erhoben: Datum, Uhrzeit, Koordinaten (Gauß-Krüger), Tidephase, Wassertiefe, Temperatur (an einigen Stationen) und Sedimentzusammensetzung (Fingerprobe). Die Sedimente wurden wie folgt klassifiziert: Grobsand, Mittelsand, Feinsand, Schlick und Schill. Der Anteil einer jeweiligen Sedimentfraktion wurde vor Ort für jeden entnommenen Greifer geschätzt. Die Dokumentation ist im Anhang I des Berichts beigefügt.

Für die quantitativen Analysen (Abundanzbetrachtung, multivariate Verfahren) wurden solche Arten ausgeschlossen, die dem Hyperbenthos (sehr mobile Arten, deren Lebensraum auch das Freiwasser ist) zugeordnet werden. Die Erfassung des Hyperbenthos mit der Greifermethode ist durch eine hohe Zufälligkeit bestimmt, da es sich um mehr oder weniger mobile, wenig standort-treue Arten handelt. Für die Beantwortung der Fragestellung sind sie daher als ungeeignet anzusehen. Hydrozoa und Bryozoa blieben bei der quantitativen Auswertung ebenfalls unberücksichtigt, da z.T. nur Bruchstücke solcher Arten in den Proben vorhanden waren. Die o.g. Taxa wurden bei der Betrachtung der Taxazahlen aber berücksichtigt.

Die Auswertung umfasst eine Darstellung der verschiedenen Untersuchungsbereiche bzw. des Transekts im Hinblick auf abiotische Rahmenbedingungen, Artenspektrum, Artenzahl, Zusammensetzung der Fauna auf Großgruppenebene, Individuendichte und Dominanzstruktur. Der räumliche (Eingriffsbereich-Referenz) sowie der zeitliche Vergleich der Makrozoobenthosbesiedlung basiert auf den Kennwerten Artenzahl, Dominanzstruktur und Abundanzen. Für den Vergleich der Dominanzstrukturen wurde z.T. die Dominanzidentität (Renkonensche Zahl) errechnet. Die Renkonensche Zahl ist eine Maßzahl für die Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen von zwei Tiergemeinschaften, wobei die jeweils niedrigeren Dominanzgrade der vorkommenden Arten summiert werden. Die Dominanzidentität gibt dabei keine unmittelbaren Hinweise auf die qualitative Übereinstimmung der Gemeinschaften.

Die Abundanzvergleiche erfolgen sowohl summarisch auf Basis der Gesamtabundanz der Makrozoobenthosgemeinschaft, als auch differenziert nach den Organismengroßgruppen. Die Prüfung möglicher quantitativer Besiedlungs-Unterschiede (Artenzahlen, Abundanzen) erfolgte sowohl auf räumlicher als auch auf zeitlicher Ebene – soweit sinnvoll – durch paarweise Vergleiche mittels parameterfreier Verfahren wie dem Wilcoxon-Test. Dieser wurde angewendet, wenn die Ergebnisse vom gleichen Ort aber unterschiedlicher Zeitpunkte miteinander verglichen wurden. Die ebenfalls parameterfreien U- und Median-Tests wurden zum Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Standorten verwandt. In einigen Fällen sind die Ergebnisse einer einfachen Varianzanalyse (H-Test, F-Test) mit anschließendem post-hoc-Test (Nemenyi, Tukey) unterzogen worden. Wenn die Voraussetzungen (gleiche Verteilungsform der Stichproben) für den H-Test nicht erfüllt waren, wurde stattdessen der Erweiterte Median-Test angewandt. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Teilgebiete durch sehr unterschiedliche Probenumfänge gekennzeichnet sind, so dass die Aussagekraft der Tests ohnehin eingeschränkt ist.

Des Weiteren wurde, so weit ausreichende Daten vorlagen, auch die Besiedlungsstruktur (hier: Verhältnis juvenil-adult) der einzelnen Bereiche sowohl auf der zeitlichen als auch auf der räumlichen Ebene verglichen.

Zusätzlich zu den o.g. Auswertungen sind exemplarisch Gradientenanalysen (Kanonische Gradientenanalyse) für das Untersuchungsgebiet K733 durchgeführt worden. Die Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) ist eine Abschätzung, in welchem Maß bestimmte Umweltparameter die Variationsbreite der Benthosdaten erklären. Dabei werden Kombinationen von Umweltparametern berechnet und daraus die Ordinationsachsen aufgespannt. Die Analyse stellt eine multivariate Form der Regression dar, bei der die Arten-Abundanz-Daten als Funktion der vorgegebenen Umweltparameter modelliert werden.

Für die Transektbetrachtung wurde eine Redundancy-Analysis (RDA, vgl. ter BRAAK & SMILAUER 1998) angewandt. Für die RDA wurden transformierte Abundanzdaten sowie bekannte Umweltvariablen berücksichtigt (s.u.). Die RDA geht von einem linearen Zusammenhang zwischen den erfassten Parametern aus und ist dann zur Erfassung von Unterschieden in einem Datensatz gut geeignet, wenn die Verbreitungsoptima der erfassten Arten tatsächlich innerhalb des vorliegenden Datensatzes liegen (TER BRAAK 1996).

Um den Zusammenhang zwischen den Umweltvariablen ‚Sedimentbeschaffenheit‘ sowie ‚Baggerintensität‘ und den Individuendichten der regelmäßig auftretenden Arten zu überprüfen, wurde für das Untersuchungsgebiet Fahrinne eine Korrelationsanalyse (Spearman-Rangkorrelation) durchgeführt.

3. Ergebnisse Klappstelle und Umgebung (km 733-736,5)

3.1 Verklappungsmengen

Klappstelle 733 befindet sich am nördlichen Fahrwasserrand vor dem Zehnerloch. Von 1993 bis 1998 sind durchschnittlich rd. 0,17 Millionen m³ Sand pro Jahr deponiert worden (Daten WSA Cuxhaven). Dabei war die Unterhaltungsverklappung ab 1993 nach Menge und Frequenz rückläufig. So wurden in 1996 und 1997 lediglich 75.000 m³ bzw. 30.000 m³ auf die Klappstelle verbracht. Lediglich 1994 erfolgte mit einer Menge von 480.000 m³ eine vergleichsweise ähnlich intensive Beaufschlagung wie in den letzten Jahren. Allerdings wurde v.a. 2003 und auch 2004 im Verhältnis zum Verklappungszeitraum die in den letzten Jahren höchsten Mengen verklappt (Tab. 1). Für den Zeitraum Januar 1998 - Mai 2004 wurden vom WSA-Cuxhaven Angaben zu den monatlichen Klappmengen zur Verfügung gestellt. Der folgenden Übersicht sind die jeweiligen Jahresklappmengen zu entnehmen. Des weiteren sind die durchschnittlichen Klappmengen vor den Benthosprobenahmen bezogen auf einen etwa 6-monatigen Zeitraum angegeben sowie die durchschnittliche monatliche Klappmenge/m² (bei hypothetisch gleichmäßiger Verteilung der Baggermenge auf den gesamten Klappstellenbereich und bei einer angenommenen Fläche von 32 ha) aufgeführt (Tab. 1).

Tab. 1: Entwicklung der jährlichen Klappmengen an der Verbringstelle K733 in der Außenelbe im Zeitraum 1998 – 2004 (Mai). Klappstelle ab 2001 räumlich verlegt. 1999/2000 Verbringung im Rahmen der Fahrinnenanpassung.
* unklar ob alle Verklappungen berücksichtigt wurden.

Klappstelle K733	1998	1999	2000 (nach Mai räumlich verlegt)	2001 (räumlich verlegt)	2002 (räumlich verlegt)	2003 (räumlich verlegt)	2004 (bis 19.Mai) (räumlich verlegt)
Gesamtklappmenge/Jahr [m ³]	91.020	1.986.100	1.089.413	569.257	280.230*	3.550.152	846.723
durchschnittliche monatl. Klappmenge vor der Probenahme [m ³]; (halbjährlicher Zeitraum)	-	ca. 111.480	-	ursprüngliche Fläche nur noch sehr eingeschränkt beaufschlagt	ursprüngliche Fläche nicht mehr beaufschlagt	ursprüngliche Fläche nicht mehr beaufschlagt	ursprüngliche Fläche nicht mehr beaufschlagt
mittl. monatl. Klappmenge/m ² [m ³] bezogen auf: 6 Monate vor Probenahme (PN)/ Jahreszeitraum	Keine PN/ 0,024	0,1/ 0,5	Keine PN/ 0,28	nicht berechnet	nicht berechnet	nicht berechnet	nicht berechnet

Die Angaben verdeutlichen, dass die Klappstelle K733 in 1999 und 2000 im Rahmen der Neubau-
maßnahmen mit 1.986.100 m³ bzw. 1.089.413 m³ deutlich intensiver beaufschlagt wurde als 1998
(91.020 m³). Bis April 1999, also auch vor der Status-quo-ante-Untersuchung, wurde die Klappstel-
le mit durchschnittlich etwa 111.480 m³/Monat beaufschlagt, die verklappten Sedimente waren
überwiegend Sande. Die Benthosprobenahme im April 1999 erfolgte an 3 (MK12, MK14, MK16) der
insgesamt 5 Klappstellenstationen erst nach der April-Verklappung, d.h. diese Stationen könnten
direkt von den Verklappungen betroffen worden sein. Angaben zu den genauen Verklappungsorten
auf K733 liegen nicht vor. Die Status-quo-Erhebung (1999) auf der Klappstelle spiegelt also eine
gewisse vorbelastete Situation wider.

In 2001 wurde die Klappstelle nach Süden verlegt, so dass von den ursprünglichen auf der Klapp-
stelle befindlichen Stationen lediglich die Station MK25 betroffen ist, als auch die Stationen MKN26
und MKÄ27 von den Verklappungen 2001 betroffen sein könnten. Weitere Verlegungen der Klapp-
stelle in Richtung Süden erfolgten in 2002 und 2003. In 2003 und auch 2004 lag dann nur noch die
ehemalige Referenzstation MKÄ27 im derzeitigen Verklappungsbereich. Detaillierte Angaben zu den
monatlichen Verklappungsmengen sowie deren grafische Darstellung sind dem Anhang III zu
entnehmen.

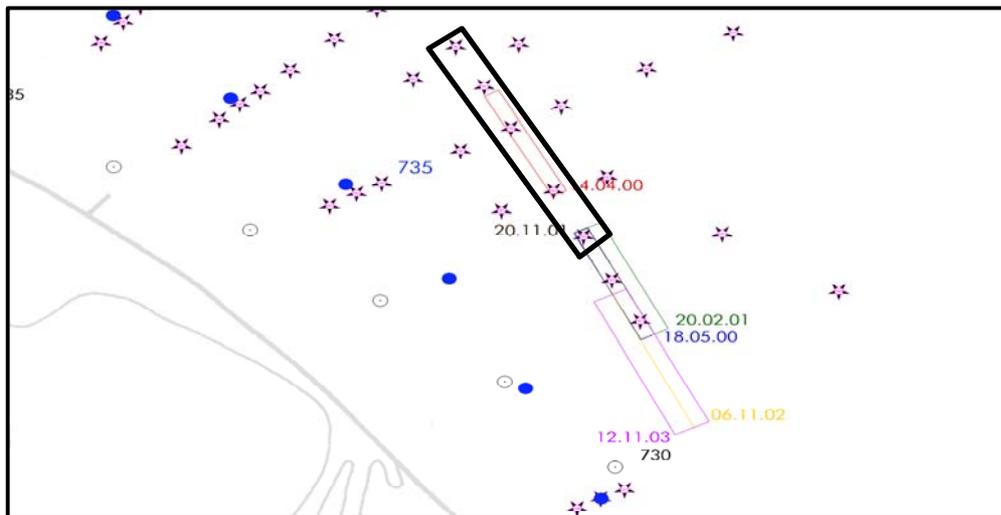


Abb. 2: Lageveränderungen der Klappstelle K733 im Bereich der Außenelbe von km 730 – km 735. Schwarz: Lage bis
1999 bzw. Mai 2000. Nach 2000 sukzessive Verlagerung des Verklappungsbereiches nach Süden. Sternsymbole:
Beprobungsstationen Makrozoobenthos. Blaue Punkte: Fahrrienenmitte.

3.2 Ergebnisse 2004

Die Untersuchungsstationen im Bereich der Klappstelle 733 wurden im unmittelbaren Verklap-
pungsbereich und mit unterschiedlichem Abstand um den Verklappungsbereich herum positioniert.
Wie in BIOCONSULT (2001) dargestellt, erfolgte auch in 2004 eine räumliche Differenzierung der
Stationen, um möglicherweise vorhandene Besiedlungsunterschiede zu identifizieren, die als Hin-

weise auf Verklappungswirkungen bewertet werden können. Die insgesamt 23 Untersuchungsstationen wurden folgenden 3 Teilbereichen zugeordnet, die von den Verklappungen in unterschiedlichem Ausmaß betroffen sein können: Bereich MK = direkter Verklappungsbereich, Bereich MKN = Stationen im Nahbereich der Klappstelle, MKÄ = Stationen, die von der Klappstelle weiter entfernt liegen (Referenzstationen). Die folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die Zuordnung der Untersuchungsstationen zu den differenzierten Teilbereichen der Klappstelle und deren Umgebung. Die genaue Lage bzw. die Anordnung der Stationen ist der Übersichtskarte im Anhang VI zu entnehmen.

Verklappungsbereich [MK] N _{Stationen} = 5 (30 Greifer)	Nahbereich Klappstelle [MKN] N _{Stationen} = 8 (48 Greifer)	Äußerer Bereich [MKÄ] (Referenz) N _{Stationen} = 10 (60 Greifer)
M25, M24, M16; M14, M12	M26, M22, M23; M15; M17, M13, M11, M7	M27, M20, M21, M18, M19 M9, M5, M6, M2, M3

Die rot markierten Stationen sind solche, die in 2001 und z.T. auch in 2002 von den Verklappungen betroffen waren. In 2003 und vermutlich auch 2004 lag nur die Station M27 im nördlichen Bereich der verlegten Klappstelle K733. Anders als im Vorjahresbericht in denen die beiden betroffenen Stationen M26 und M27 noch zu ihren jeweiligen Stationsgruppen Nahbereich und Referenz zugeordnet wurden (Gründe vgl. BIOCONSULT 2004), sind sie im vorliegenden Bericht gesondert dargestellt, d.h. sie wurden keinem Teilbereich zugeordnet.

3.2.1 Sedimente und Wassertiefen

Die Sedimente im Untersuchungsbereich der Klappstelle und deren Umgebung wurden vorwiegend durch Sande geprägt, lokal z.T. auch durch Schlick.

Die Klappstelle (MK) selbst wies einem Mittelsandanteil von durchschnittlich 40% auf. Neben Mittelsand waren Feinsande in etwa gleichem Maße prägend (46%), Grobsand war mit einem durchschnittlichen Anteil von 12% vertreten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Station MK25 die einzige im gesamten Untersuchungsgebiet K733 war, die durch einen hohen Grobsandanteil geprägt wurde. Alle anderen im Teilgebiet MK erfassten Sedimente waren mit jeweils <1% nur in geringem Maße vertreten (Abb. 2). Die Wassertiefe variierte zwischen 10,3 und 12 m und betrug im Mittel etwa 11,2 m unter SKN (vgl. Rahmenparameter im Anhang I).

Der Nahbereich der Klappstelle (MKN) hatte eine im Vergleich zu MK unterschiedliche Sedimentstruktur. Feinsand war auch hier mit einem Anteil von 49% hier dominierend. Mittelsand war mit einem Anteil von 30% ebenfalls ein prägender Sedimenttyp. Örtlich konnten auch höhere Schlickanteile (bis zu 50%) verzeichnet werden; im Mittel erreichte der Schlickanteil im Nahbereich etwa 19% (Abb. 2). Die Sedimentvariabilität der MKN-Stationen untereinander war in 2004 relativ deutlich ausgeprägt.

Mit Wassertiefen zwischen 8,5 m (MKN11) und 17 m (MKN23) wurden im Bereich MKN größere interne Unterschiede verzeichnet als auf der Klappstelle. Die mittlere Wassertiefe betrug 12,6 m unter SKN und entsprach damit in etwa der mittleren Tiefe der Klappstelle.

Die weiter von der Klappstelle entfernt positionierten Stationen (Bereich MKÄ-Referenz) waren bezüglich der Sedimente vergleichsweise homogen. Es dominierten Feinsande, die im Mittel einen Anteil von ca. 72% ausmachten und damit war dieser Sedimenttyp im Referenzbereich prägender als in den beiden anderen Teilgebieten. Der mittlere Schlickanteil betrug etwa 16%. Schlick war wie im Nahbereich allerdings nur örtlich vorhanden, insbesondere die Station MKÄ20 hatte einen hohen Schlickanteil (ca. 45%). Darüber hinaus war noch Mittelsande vorhanden, dieser Sandtyp wurde allerdings nur der Station MKÄ9 erfasst, die damit eine gewisse Sonderstellung innerhalb der Referenz aufwies (Abb. 2). Deutliche Unterschiede zu den beiden anderen Bereichen wiesen die Wassertiefen auf. Je nach Position der MKÄ-Stationen wurden Tiefen zwischen <2 m (MKÄ19) und 19 m (MKÄ9) dokumentiert. Der Mittelwert der Stationen im äußeren Bereich betrug 6,3 m unter SKN. Die östlich der Klappstelle (MKÄ18-MKÄ21) gelegenen Stationen waren insgesamt deutlich flacher als die übrigen Stationen.

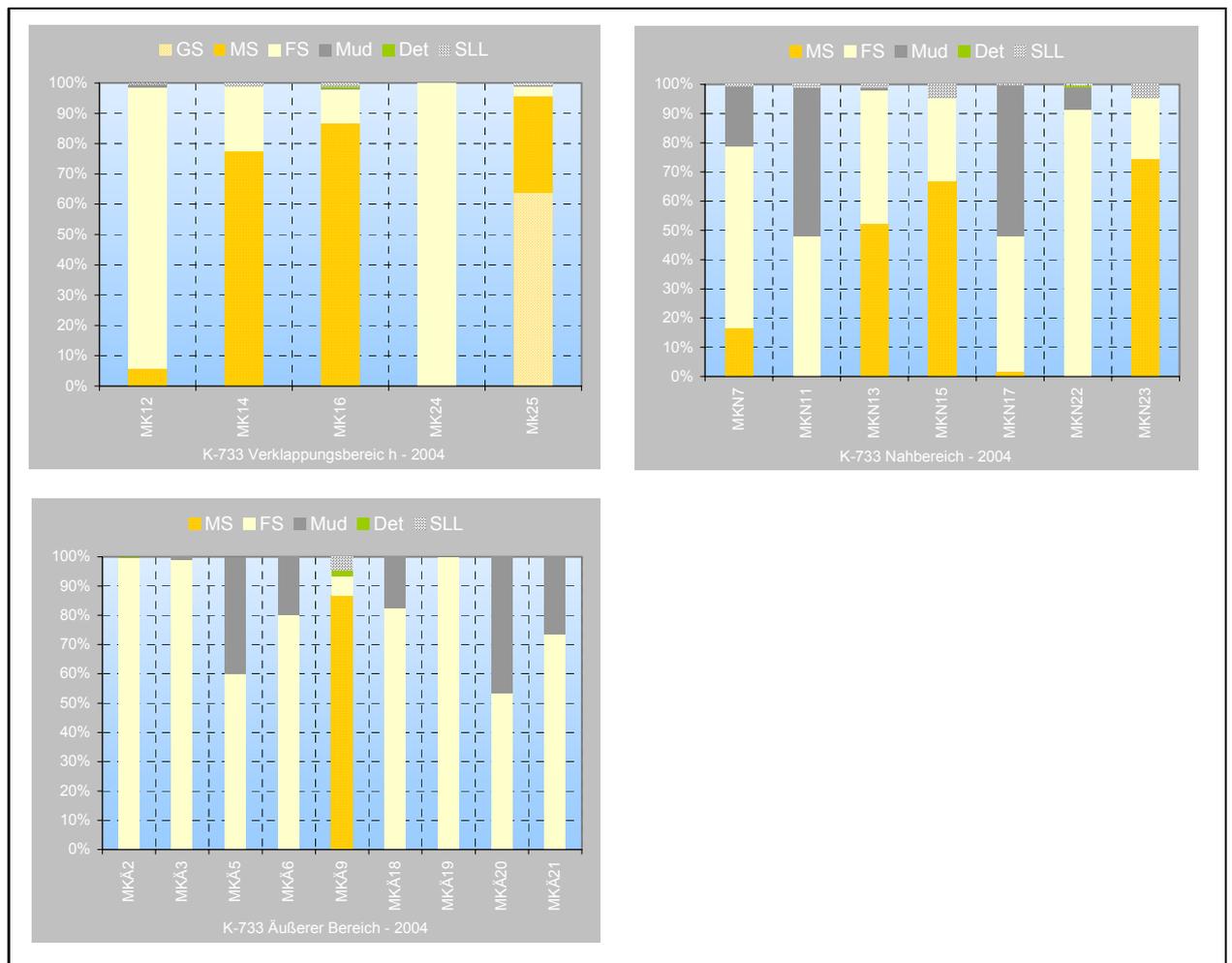


Abb. 3: Sedimentzusammensetzung in den Teilgebieten Klappstelle (MK), Nahbereich (MKN) und Äußerer Bereich (MKÄ), Daten 2004. M26 und M27, dargestellt sind keinem Teilgebiet zugeordnet.

Die Sonderstationen M26 und M27 waren ausschließlich durch Sande geprägt, wobei Feinsande mit etwa 70% gegenüber Mittelsand (30%) überwogen.

3.2.2 Makrozoobenthos

Im Gebiet der Klappstelle 733 und deren Umgebung wurden in 2004 insgesamt 48 verschiedene Taxa (ohne spp. und juv.) aus 7 taxonomischen Gruppen nachgewiesen. Die Polychaeta waren mit 21 Taxa die artenreichste Gruppe (Tab. 2). Crustacea waren mit insgesamt 15 Taxa vertreten. Weitere Gruppen waren Hydrozoa (6 Taxa), Gastropoda (2 Art), Bivalvia (2 Art), Bryozoa (1 Art) sowie die Gruppe der Nemertini (1 Art).

Im Mittel wurden etwa 432,8 Ind./m² pro Station erfasst; davon stellte, bezogen auf den gesamten Untersuchungsraum, die Gruppe der Crustacea allein mit den Amphipoda >85%, Polychaeta ca. 8,7%, Bivalvia hatten einen Anteil von etwa 1,9% und derjenige der weiteren Taxa lag überwiegend deutlich <3%. Die im Vorjahr nachgewiesene gefährdete (Rote Liste-Kategorie 3, RACHOR et al. 1998) Hydrozoa *Sertularia cupressina* wurde in 2004 nicht nochmals erfasst. Dies gilt auch für den Polychaeten *Harmothoe impar*, für den nach RACHOR et al. (1998) eine Gefährdung anzunehmen ist.

Im Hinblick auf die Dominanzstruktur zeigen die Ergebnisse, dass nur wenige Arten häufig waren, die meisten Taxa waren mit einem relativen Abundanzanteil von <1% subrezent. Die Amphipoden *Bathyporeia pilosa* (62,8% = 272,1 Ind./m²), *B. elegans* (12% = 51 Ind./m²), *B. pelagica* (9,6% = 42 Ind./m²) dominierten die Artengemeinschaft der Klappstelle inkl. ihrer Umgebung in besonderem Maße. Die Muschel *Macoma balthica* erreichte einen Individuenanteil von 3,6% (durchschnittlich 8 Ind./m²) und war damit die häufigste nicht zur Gruppe der Crustacea gehörende Art. Obwohl die Polychaeta das umfangreichste Artenspektrum aufwiesen, waren sie im Vergleich zu den Crustacea insgesamt deutlich weniger abundant. Die in 2004 häufigsten Polychaeta waren *Nephtys hombergii* (1,5% = 6,4 Ind./m²) und *Magelona mirabilis* (1,4% = 6,2 Ind./m²). Weitere Taxa spielten bzgl. ihrer Abundanz keine bedeutsame Rolle; die mittlere Individuendichte lag überwiegend bei <1% (<2,5 Ind./m²).

Tab. 2 zeigt eine Übersicht über das Artenspektrum sowie die mittlere Individuendichte/Teilbereich der einzelnen Arten im Untersuchungsbereich bei km 733. Die vorgefundene Makrozoobenthos-Gemeinschaftsstruktur mit der deutlichen Dominanz der Amphipoda spiegelt v.a. die im gesamten Untersuchungsgebiet vorhandenen Sedimentverhältnisse (überwiegend Fein- und z.T. Mittelsande) wider. Insbesondere die zu den Haustoriidae (Amphipoda) gehörenden *Bathyporeia*-Arten besiedeln bevorzugt sandige Sedimente (SCHELLENBERG 1942). Dieses gilt in der Tendenz auch für die ebenfalls vergleichsweise häufigeren Arten *Macoma balthica* oder den Polychaeten *Magelona mirabilis* (ZIEGELMEIER 1957, HAYWARD & RYLAND 1995), während die *Nephtys*-Arten bezüglich ihrer Sedimentansprüche eher als indifferent zu bezeichnen sind (HARTMANN-SCHRÖDER 1996).

Tab. 2: Klappstelle 733 und Umgebung, Artenspektrum und mittlere Abundanz (Ind./m²) der Greiferproben/ Teilbereich, Beprobung Mai 2004. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich der Klappstelle, MKÄ = weiter entfernt positionierte Stationen. ** = Taxa für die Abundanzvergleiche nicht berücksichtigt wurden.

Untersuchung 2004	M27/M26	MK	MKN	MKÄ	
Taxagruppen	Anzahl Greifer N=12	N=30	N=42	N=54	
Hydrozoa	Bougainvillidae spp.**		x		
Hydrozoa	Hartlaubella gelatinosa**		x	x	
Hydrozoa	Obelia sp.**		x		
Hydrozoa	Obelia bidentata**	x	x	x	x
Hydrozoa	Obelia dichotoma**			x	x
Hydrozoa	Sertularia cupressina**				
Hydrozoa	Hydrozoa indet.**				x
Hydrozoa	Pleurobrachia pileus**	x	x	x	x
Gastropoda	Hydrobia ulvae		1,3		0,2
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum		0,7		0,4
Bivalvia	Cerastoderma edule				
Bivalvia	Macoma balthica (juv. + ad)	1,7	4,3	9,3	10,2
Bivalvia	Mytilus edulis juv.		0,3		0,2
Nemertini	Nemertini indet.	7,5	2,0	0,5	2,4
Oligochaeta	Tubificoides benedeni				
Polychaeta	Antinoella sarsi				
Polychaeta	Aricidea cerrutii		0,7		0,4
Polychaeta	Aricidea minuta				
Polychaeta	Arenicola marina				
Polychaeta	Capitella capitata	2,5	1,0		0,2
Polychaeta	Capitella minima	0,8			
Polychaeta	Eteone longa	0,8	0,7		0,2
Polychaeta	Glycera labidum				
Polychaeta	Harmathoe impar				
Polychaeta	Harmathoe juv.				0,2
Polychaeta	Hediste diversicolor				
Polychaeta	Heteromastus filiformis	0,8	1,3	8,8	4,3
Polychaeta	Lanice conchilega			0,2	
Polychaeta	Magelona johnstoni				0,6
Polychaeta	Magelona mirabilis	1,7	5,3	1,9	11,1
Polychaeta	Magelona spp.		0,3		0,2
Polychaeta	Marenzelleria spp.				
Polychaeta	Marenzelleria cf. viridis				
Polychaeta	Marenzelleria cf. wireni	3,3	0,3		
Polychaeta	Malmgreniella arenicolae			0,2	
Polychaeta	Neanthes succinea				0,2
Polychaeta	Nephtys caeca		0,3	0,2	2,2
Polychaeta	Nephtys cirrosa	0,8	0,3	0,7	0,9
Polychaeta	Nephtys hombergii		1,0	3,6	13,0
Polychaeta	Nephtys longosetosa	0,8	0,3	0,2	0,6
Polychaeta	Nephtys spp.		0,3	0,2	0,2
Polychaeta	Nephtys juv.	3,3	2,0	13,8	12,6
Polychaeta	Nereis juv.				
Polychaeta	Notomastus latericeus				
Polychaeta	Ophelia limacina				
Polychaeta	Phyllodoce mucosa				
Polychaeta	Paraonis fulgens	11,7	2,0		1,1
Polychaeta	Polynoinae spp. juv.			0,2	
Polychaeta	Scolecopsis squamata	0,8			
Polychaeta	Scoloplos armiger		0,3	0,7	0,9
Polychaeta	Spiophanes bombyx				
Polychaeta	Spio filicornis		0,3		
Polychaeta	Spio martinensis		3,3	2,4	3,5
Polychaeta	Spio spp.		0,3	0,5	0,2
Polychaeta	Polychaeta indet.				
Cirripedia	Balanus crenatus				
Amphipoda	Bathyporeia elegans	7,5	16,9	7,9	113,2
Amphipoda	Bathyporeia guillamsoniana	1,7	1,4	0,7	
Amphipoda	Bathyporeia pelagica	29,2	107,4	23,6	23,0
Amphipoda	Bathyporeia pilosa	15,8	37,9	16,7	657,7
Amphipoda	Bathyporeia sarsi		2,0	1,7	9,7
Amphipoda	Bathyporeia spp. juv.		0,3	1,0	2,4
Amphipoda	Corophium arenarium		0,3	0,2	0,4
Amphipoda	Corophium volutator			0,5	
Amphipoda	Gammarus salinus		0,3		
Amphipoda	Gammarus zaddachi				
Amphipoda	Gammarus spp. juv.				
Amphipoda	Haustorium arenarium	58,3	17,0	7,9	2,6
Amphipoda	Jassa falcata				0,4
Amphipoda	Jassa mamorata		0,3		0,2
Mysidacea	Gastrosaccus spinifer**	x		x	x
Mysidacea	Neomysis integer **				
Mysidacea	Mesopodopsis slabberi **			x	
Mysidacea	Schistomysis kervillei**	x	x	x	x
Mysidacea	Schistomysis spp.**		x		x
Mysidacea	Mysidacea indet.		x		
Decapoda	Carcinus maenas**				
Decapoda	Crangon crangon**	x	x	x	x
	Zoea indet. **				
Bryozoa	Electra pilosa**				
Bryozoa	Farella repens**				
Bryozoa	Canopeum reticulum**			x	
Echinodermata	Ophiura albida juv.				
Anzahl Taxa		22	35	30	35

Artenzahl und Dominanzstruktur

Im Bereich der Klappstelle (MK) konnten 2004 insgesamt 35 Taxa nachgewiesen werden; die mittlere Artenzahl/Station lag bei etwa 13,6 ($\pm 3,0$) Taxa (Abb. 4). Die MZB-Gemeinschaft der Klappstelle wurde von den Amphipoden der Gattung *Bathyporeia*, insbesondere von *B. pelagica* geprägt (51%). Neben der damit eudominanten ($>30\%$) *B. pelagica* erreichte lediglich deren Schwesterart *B. pilosa* (18%) noch einen dominanten Status ($>10-30\%$). Die Muschel *Macoma balthica* (2%), sowie der Polychaet *Magelona mirabilis* (2,5%) gehörten neben den Crustacea zu den etwas häufigeren Arten im Verklappungsbereich. Sie erreichten hinsichtlich ihres relativen Abundanzanteils einen nur rezedenten Status (1-3%). Alle übrigen Taxa traten nur örtlich und in geringer Abundanz auf, während dementsprechend subrezedente Arten ($<1\%$).

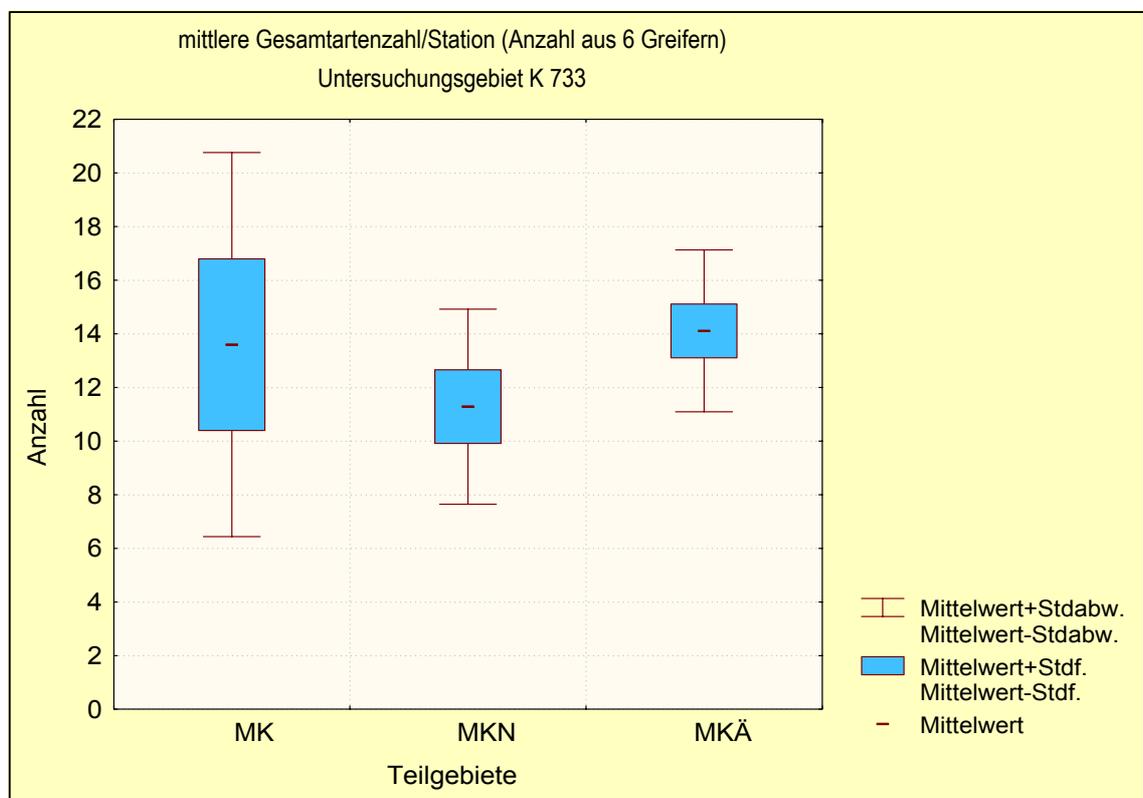


Abb. 4: Mittlere Artenzahlen/Station im Bereich Klappstelle km 733-736,5, differenziert nach Teilbereichen ($p > 0,1$, H-Test). MK= Klappstelle ($N_{\text{Stationen}}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{\text{Stationen}}=7$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{\text{Stationen}}=9$). Stationen M26 und M27 unberücksichtigt, da diese vermutlich seit 2003 im neuen Verklappungsbereich lagen.

Die o.g. Unterschiede zwischen den Teilgebieten waren insgesamt gering, so dass sich mittleren Artenzahlen nicht signifikant voneinander unterschieden ($p > 0,1$). Durchgeführt wurde eine einfache Varianzanalyse (H-Test). Die im folgenden benannten Unterschiede sind also vor diesem Ergebnis zu betrachten.

Der Nahbereich MKN wies im Vergleich zur Klappstelle mit 30 Taxa eine geringere Gesamtartenzahl auf; die Taxazahl/Station lag mit 11,3 ($\pm 3,6$) ebenfalls niedriger als auf der Klappstelle (Abb. 4).

Die MZB-Dominanzstruktur des Nahbereiches differierte im Vergleich zum Teilgebiet MK etwas. So waren zwar Crustacea *B. pilosa* und *B. pelagica* auch dominierend, ihre Abundanzanteile waren aber geringer. So wies *B. pelagica* einen Anteil von etwa 23% und *B. pilosa* 16% auf. Dies ist v.a. auf die Tatsache zurückzuführen, dass die absoluten Individuenzahlen der Crustacea in diesem Teilgebiet geringer waren. Aus diesem Grund erreichten auch andere Taxa höhere Dominanzwerte, wie z.B. juvenile Polychaeten der Gattung *Nephtys* (13,3%), oder die Muschel *M. balthica* (9%) und der Amphipode *Haustorius arenarius* (7,7%). Mit wenigen Ausnahmen traten die meisten Arten auch hier entweder rezedent (1-3%) oder subrezedent (<1%) auf.

Mit insgesamt 35 Taxa war der äußere Bereich (MKÄ) in 2004 ähnlich vielfältig besiedelt wie das Teilgebiet MK. In diesem Zusammenhang ist aber die deutlich höhere Stationsanzahl zu berücksichtigen, die die Wahrscheinlichkeit einer höheren Gesamttaxazahl erhöht. Betrachtet man aber die mittlere Taxazahl/Station, auf dieser Ebene wird der Einfluss unterschiedlicher Stationsanzahl weitgehend ausgeschlossen, zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen beiden Teilgebieten gering sind: mit durchschnittlich 14,1 Taxa (+/-3,0) waren die MKÄ-Stationen nur mäßig artenreicher als diejenigen der Klappstelle oder des Nahbereichs (Abb. 4).

Die benthische Gemeinschaft der MKÄ-Stationen war im Vergleich zu den beiden anderen Teilgebieten ähnlich strukturiert, wobei aber die Crustacea, insbesondere *B. pilosa* mit einem relativen Abundanzanteil von 75% noch deutlicher die Gemeinschaft dominierte. Insgesamt erreichte die Gruppe der Crustacea einen Anteil von 92%. Entsprechend niedrig war der Dominanzstatus anderer Taxa. Arten der Polychaet *Nephtys hombergi* oder die Muschel *Macoma baltica* waren im Hinblick auf ihre Besiedlungsdichte zwar ähnlich häufig wie in den anderen Teilgebieten, sie erreichten aber aufgrund der hohen Anzahl der Crustacea nur einen rezedenten Status (1-3%).

Abundanzen

Abb. 5 zeigt die mittleren Abundanzen/Station in den drei Teilgebieten, differenziert nach taxonomischen Gruppen. Für den Abundanzvergleich wurde das Hyperbenthos, also sehr mobile Arten aus den Crustacea-Gruppen Dekapoda und Mysidacea nicht berücksichtigt. Arten die nicht quantitativ ausgewertet wurden, sind in Tab. 2 mit ** gekennzeichnet (vgl. Kapitel 3.2.2)

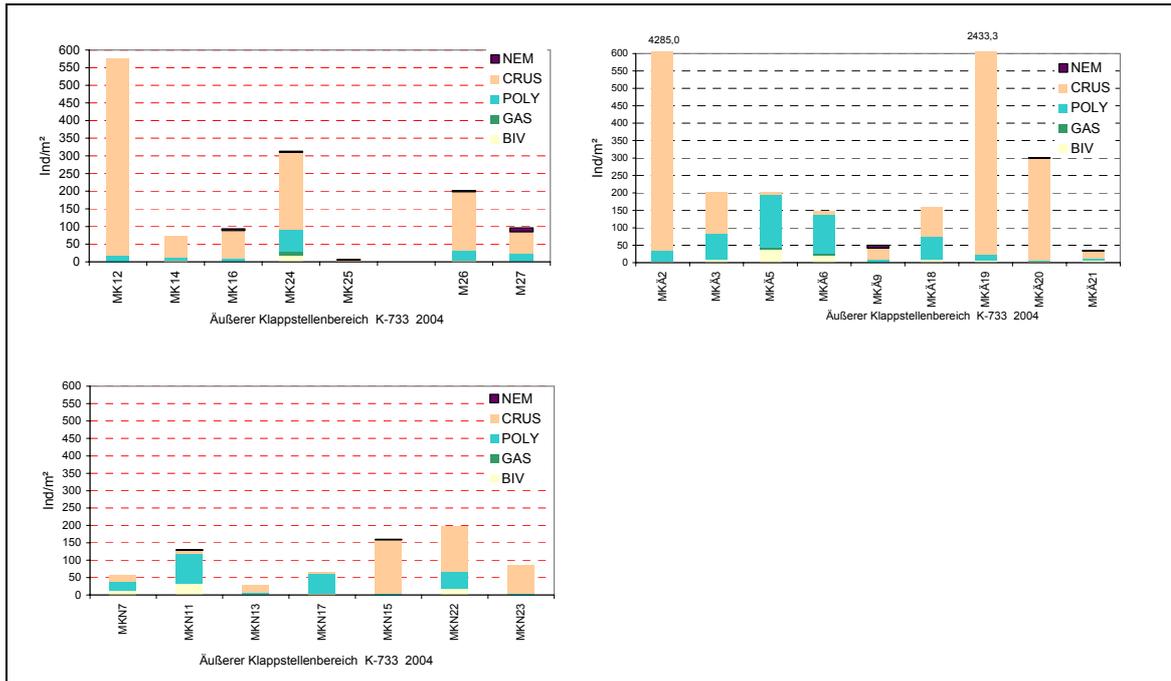


Abb. 5: Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft/Station (Ind./m²) im Bereich Klappstelle km 733-736,5, differenziert nach Teilgebieten: MK= Klappstelle (N_{Stationen}=5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N_{Stationen}=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=10). Anordnung der Stationen eines jeweiligen Teilbereiches entsprechend ihrer Lage in Ebbstromrichtung. Hyperbenthos nicht berücksichtigt, NEM: Nemertini (Schnurwürmer), CRUS: Crustacea (Krebstiere); POLY: Polychaeta (Vielborstige Würmer); GAS = Gastropoda (Schnecken), BIV: Bivalvia (Muscheln)

Abb. 5 verdeutlicht, dass die auf der ehemaligen Klappstelle (MK) positionierten Stationen sehr unterschiedlich dicht besiedelt waren. So war die nördlichste Station mit >500 Ind./m² wesentlich dichter besiedelt als beispielsweise die südliche Station MK25, an der in 2004 ein Abundanzminimum mit lediglich 6,7 Ind./m² verzeichnet wurde. Die oben beschriebene Dominanz der Crustacea zeigt sich mehr oder weniger ausgeprägt an jeder MK-Station. Diese Gruppe war in erster Linie auch für große räumliche Variabilität der Besiedlungsdichte in diesem Teilbereich verantwortlich.

Der Nahbereich (MKN) wies anders als die beiden übrigen Teilgebiete eine weniger hohe räumliche Variabilität in der Benthosdichte auf. Einige MKN-Standorte (z.B. MKN13) waren dabei eher gering besiedelt (<50 Ind./m²). Das Besiedlungsmaximum lag bei 200 Ind./m² und ist an Station MKN22, die westlich vom Teilgebiet MK lag, registriert worden. Im Gegensatz zu den MK-Stationen wurde die Gemeinschaft des Teilgebiets MKN nicht durchgängig von Crustacea dominiert, v.a. die nördlichen MKN-Stationen wiesen sehr niedrige Crustacea-Anzahlen auf. Eindeutige Gründe lassen sich hierfür nicht benennen. So sind die Sedimente mit einer Dominanz von Sanden in ähnlicher Weise zusammengesetzt wie im Teilgebiet MK. Allerdings wiesen die MKN-Stationen örtlich einen höheren Schlickanteil auf (s. Abb. 3.). Das die Sedimentbedingungen die räumlichen Besiedlungsunterschiede mitbedingt haben, ist nicht gänzlich auszuschließen, da auch an einigen Stationen der Referenz (MKÄ), an denen höhere Schlickanteile festgestellt wurden, geringere Crustaceadichten dokumentiert wurden (s.u.).

Der Referenzbereich war, wie die ehemalige Klappstelle, von einer sehr hohen räumlichen Variabilität im Hinblick auf die Makrozoobenthosdichte gekennzeichnet, die Variabilität war an den MKÄ-

Stationen sogar noch ausgeprägter. So wurden an 2 Stationen (MKÄ2, MKÄ19) extrem hohe Individuendichten Zoobenthosdichten nachgewiesen; an diesen Stationen, die im eher flacheren Untersuchungsbereich (<5m SKN) positioniert waren, lag die Besiedlungsdichte bei 4285 Ind./m² (MKÄ2) bzw. bei 2433 Ind./m² (MKÄ19). Verantwortlich für die hohen Dichten waren an beiden Stationen die Crustacea, deren relativer Abundanzanteil hier bei weit über 90% lag. Lediglich an 2 Stationen waren Crustacea nicht sehr häufig (<15 Ind./m²), dies waren die Stationen MKÄ5 und MKÄ6, die neben Sand auch durch einen nennenswerten Schlickanteil geprägt wurden, möglicherweise ist dies ein Mitgrund für die geringen Crustacea-Anzahlen (s.o.). Der alleinige Faktor kann es allerdings nicht sein, da die Benthosgemeinschaft der Station MKÄ20, mit einem ähnlichen Schlickanteil, ebenso wie reine Sandstationen durch Crustacea dominiert wurde. Der überwiegende Anteil der Referenz-Stationen wies Dichten von 100 - 200 Ind./m² auf und entsprach damit unter Berücksichtigung der ausgeprägten räumlichen Variabilität in etwa der Besiedlung der beiden anderen Teilgebiete (Abb. 5).

MK26 und M27, die keinem Teilgebiet zugeordnet wurden, befinden sich seit 2001 im Verklappungsbereich K733, der nach 2000 nach Süden verlegt wurde (Abb. 2). Ob diese Stationen wie für 2002 und 2003 anzunehmen war auch in 2004 von den Verklappungen betroffen waren, ist nicht klar. Die Besiedlungsdichte der Stationen war im Vergleich zu anderen Untersuchungsstationen in 2004 nicht auffällig geringer (Abb. 5, Bild oben links).

Um die Unterschiede zwischen den Teilgebieten deutlicher herauszuarbeiten, wurden deren Kennwerte vergleichend gegenübergestellt (s. Abb. 6A-D). Dies erfolgte sowohl auf der Basis der Gesamtabundanz (s. Abb. 6A) als auch auf den Häufigkeiten der Großgruppen (Abb. 6B-D). Letzteres diente dazu, zu überprüfen, ob bzw. in welchem Maße die jeweiligen Taxagruppen zu den bestehenden Unterschieden zwischen den Teilgebieten beitragen.

Abb. 6 verdeutlicht, dass sich bezüglich der Gesamtabundanz des Makrozoobenthos der Äußere Bereich von Klappstelle und Nahbereich unterscheidet. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant ($p > 0,1$ Median-Test, s. Tab. 3). So wurde die Referenz (MKÄ) durchschnittlich von 799 Ind./m² besiedelt, während MK (213 Ind./m²) und v.a. MKN mit 103,6 Ind./m² eine deutlich geringere Benthosdichte aufwiesen. Allerdings wird eine jeweils hohe interne Besiedlungsvariabilität erkennbar, die sich auch durch die hohen Standardabweichungen verdeutlicht (Tab. 3).

Auch auf der Ebene der Taxagruppen war der MKÄ-Bereich im Vergleich der Teilgebiete in der Tendenz am umfangreichsten besiedelt. So besiedelte *Macoma balthica* den Bereich MKÄ in einer Dichte von etwa 10,3 Ind./m², im Nahbereich lag die Abundanz der Muschel bei 9,7 Ind./m² und auf der Klappstelle wurde mit 4,7 Ind./m² die geringste Muscheldichte verzeichnet (Abb. 6B). Sehr stark ausgeprägt waren die Unterschiede bei den Crustacea. Diese Gruppe erreichte im Referenzbereich (MKÄ) eine mittlere Dichte von 809 Ind./m², im Nahbereich 60 Ind./m² und im Bereich der ehemaligen Klappstelle wurden 184 Ind./m² festgestellt (Abb. 6D). Auch bei den Polychaeta wurden deutliche Unterschiede zwischen den Teilgebieten dokumentiert, allerdings im Vergleich zu den Crustacea auf einem wesentlich geringeren Abundanzniveau. Mit durchschnittlich 52 Ind./m² waren die MKÄ-Stationen individuenreicher als die MKN-Stationen und v.a. als die MK-Stationen, die mit 33,8 Ind./m² bzw. 20,3 Ind./m² besiedelt waren (Abb. 6C).

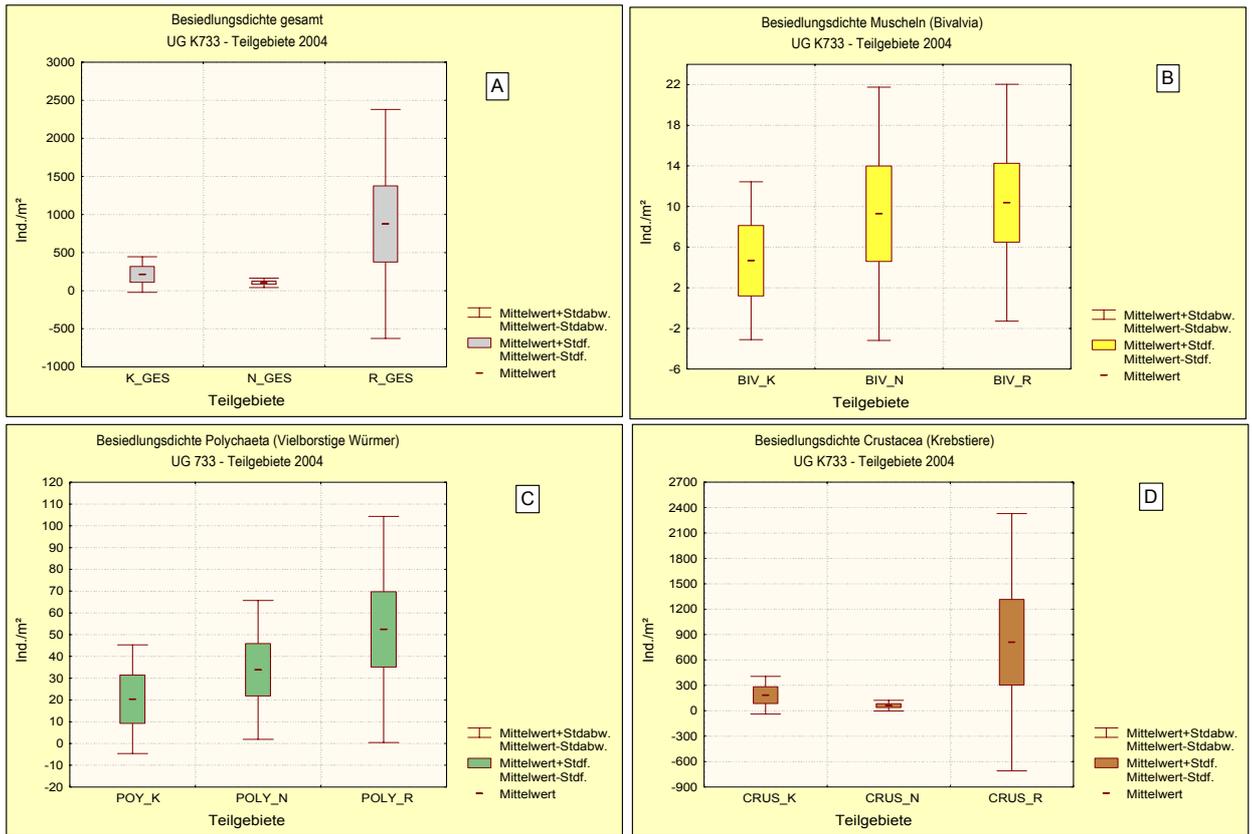


Abb. 6: Box & Whisker – Plots: Mittlere Individuendichte/Bereich (Ind./m²) Gesamtabundanz [A], Bivalvia [B], Polychaeta [C] und Crustacea [D] differenziert nach Teilbereichen: K=Klappstelle (N_{Stationen}=5), N= Nahbereich der Klappstelle (N_{Stationen}=8), R= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=10). Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Beachte unterschiedliche Skalierung.

Tab. 3: Makrozoobenthos-Besiedlungskennwerte der untersuchten Teilgebiete MK (ehemalige Klappstelle), MKN (Nahbereich), Ref (Referenzstationen) differenziert nach Gesamtbesiedlung und verschiedenen Organismengruppen. Ergebnisse einer einfachen Varianzanalyse (Median-Test). Daten 2004

Gesamt-Besiedlung	MK	MKN	REF	Polychaeta	MK	MKN	REF
Mittelwert	213,0	103,6	799,2	Mittelwert	20,3	33,8	52,4
Standartabw.	233,6	61,2	1437,9	Standartabw.	24,9	31,9	51,9
Variations-Koeff.	109,7	59,1	179,9	Variations-Koeff.	122,7	94,3	99,1
Median	93,3	86,7	180,0	Median	10,0	26,7	31,7
Median-Test	$p > 0,1$			Median-Test	$p > 0,1$		
Bivalvia				Crustacea			
Mittelwert	4,7	9,2	10,3	Mittelwert	184,0	60,0	809,4
Standartabw.	7,7	12,4	11,7	Standartabw.	222,8	62,6	1520,5
Variations-Koeff.	166,4	134,4	112,4	Variations-Koeff.	121,2	104,3	187,8
Median	1,6	3,3	5,0	Median	80,0	20,0	83,3
Median-Test	$p > 0,1$			Median-Test	$p > 0,1$		

Die hohe interne Variabilität, insbesondere im Referenzbereich, überlagert die Unterschiede zwischen den Teilgebieten, so dass die auf den Mittelwert bezogenen, z.T. deutlichen Abundanzunterschiede, die sowohl den Kennwert ‚Gesamt-Besiedlung‘ als auch diejenige der einzelnen Taxagruppen betreffen, statistisch nicht signifikant sind (s. Tab. 3).

Verdeutlicht wird die hohe Besiedlungsvariabilität auch durch ein zur Orientierung durchgeführten Ausreißertest (WINSTAT) auf der Grundlage der Arten-Abundanzen (Greiferebene). Die Ergebnisse haben gezeigt, dass auf der Datenbasis 2004 für alle drei Teilgebiete bei verschiedenen Arten solche Ausreißerwerte vorliegen. Das gilt v.a. für die örtlich sehr hohen Crustacea-Zahlen im Referenzbereich (s.o.). Allerdings identifiziert der Test lediglich Ausreißer nach ‚oben‘, sehr geringe Werte als Ausreißer zu identifizieren, war auf Artebene aufgrund der hohen Anzahl von Nullwerten nicht möglich. Zu dem wird selbst bei den als häufig eingestuften Arten die Aussagekraft dieser Prüfung stark eingeschränkt, da auch häufigere Taxa nicht selten eine mäßige Stetigkeit (auf Greiferebene) aufwiesen. Bei geringer oder auch mäßiger Stetigkeit einer Art und damit zwangsläufig vielen Nullwerten erkennt der Test u.U. auch bereits ‚normale‘ Abundanzwerte als auffällige Abweichung und damit als Ausreißer an. Auf eine detaillierte Darstellung der Testergebnisse wird daher an dieser Stelle verzichtet.

3.3 Vergleich 1999 -2004

Neben dem durchgeführten räumlichen Vergleich mit den in 2004 erhobenen Daten erfolgt auch ein interannueller Vergleich mit der Status-quo-Situation von 1999 und mit den in 2001 - 2004 ermittelten Ergebnissen. Hierzu werden die Stationen in gleicher Weise in die o.g. Teilbereiche zusammengefasst, wie es für die räumliche Betrachtung erfolgte.

Der Vergleich umfasst auch die Darstellung der abiotischen Rahmenbedingungen. Des Weiteren wird die Entwicklung der Artenzahl und Abundanz der Benthosgemeinschaft verglichen. Eine Betrachtung der Bestandsstruktur (Verhältnis juveniler zu adulten Tieren) wird exemplarisch für die Muschel *M. balthica* durchgeführt. Für andere Arten war eine solche Betrachtung aufgrund der geringen Datenmenge nicht möglich.

3.3.1 Sedimente und Wassertiefen

Die Abb. 7 zeigt die **Sedimentzusammensetzung** bzw. deren interannuelle Veränderungen von 1999 – 2004 für die drei Teilgebiete MK, MKN sowie MKÄ. Alle Teilgebiete wurden im Zeitraum von 1999 bis 2004 überwiegend von Sanden dominiert, wobei mit örtlichen Ausnahmen i.d.R. die Feinsandfraktion den höchsten Anteil hatten. Die Gebiet der Klappstelle, bzw. der ehemaligen Klappstelle unterschied sich in dieser Hinsicht etwas von den beiden anderen Teilgebieten, in dem neben Feinsanden auch Mittelsande in ähnlich hohen Anteilen vorhanden waren.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass im Laufe der Zeit mehr oder weniger ausgeprägte Sedimentveränderungen in allen Teilgebieten erfolgten. Die deutlichsten interannuellen Unterschiede wurden dabei auf der Klappstelle selbst verzeichnet. Die Veränderungen betrafen wie auch in den bei den anderen Teilbereichen im Wesentlichen die Fraktionen Fein- und Mittelsand, deren Anteile sich von Jahr zu Jahr zueinander verschoben. In 1999 waren im Bereich MK Fein- und Mittelsande in etwa gleichmäßig vertreten. In 2001 wurde nur noch ein Mittelsandanteil von <5% dokumentiert. Nach 2001 glich sich die Sedimentzusammensetzung insofern wieder der Ausgangssituation von 1999 an, als Mittelsande wieder umfangreicher vorhanden waren. Der Mittelsandanteil erhöhte sich gegenüber 2002 über 20% auf etwa 55% in 2003. In 2004 änderte sich die Situation nur wenig, allerdings wurden erstmals, wenngleich nur örtlich (s. Kap. 3.2.1), Grobsande festgestellt. Ob die

Veränderung in 2001 mit den in 1999/2000 erfolgten Verklappungen in Zusammenhang stehen, ist nicht eindeutig zu belegen. Ab 2001 wurde der ehemalige Klappstellenbereich nicht mehr für die Verbringung von Baggergut genutzt, in diesem Zeitraum stieg der Anteil gröberer Sandfraktionen wieder an.

In den anderen Bereichen änderten sich die Sedimentverhältnisse ebenfalls. Eine vergleichsweise deutliche Veränderung von einem Untersuchungsjahr zum anderen, wie es im Teilgebiet MK von 1999 auf 2001 erfolgte, wurde in den beiden anderen Teilgebieten allerdings nicht festgestellt, wengleich sich der Mittelsandanteil gegenüber den Vorjahren im Bereich MKN im Jahr 2003 deutlich reduzierte (Abb. 7). Die geringsten Veränderungen traten im Bereich der Äußeren Stationen (MKÄ) ein. In allen Untersuchungsjahren dominierten Feinsande mit einem Anteil von durchgängig >60%. Kleinere interannuelle Schwankungen wurden für Schlick- und Mittelsandanteile verzeichnet (Abb. 7).

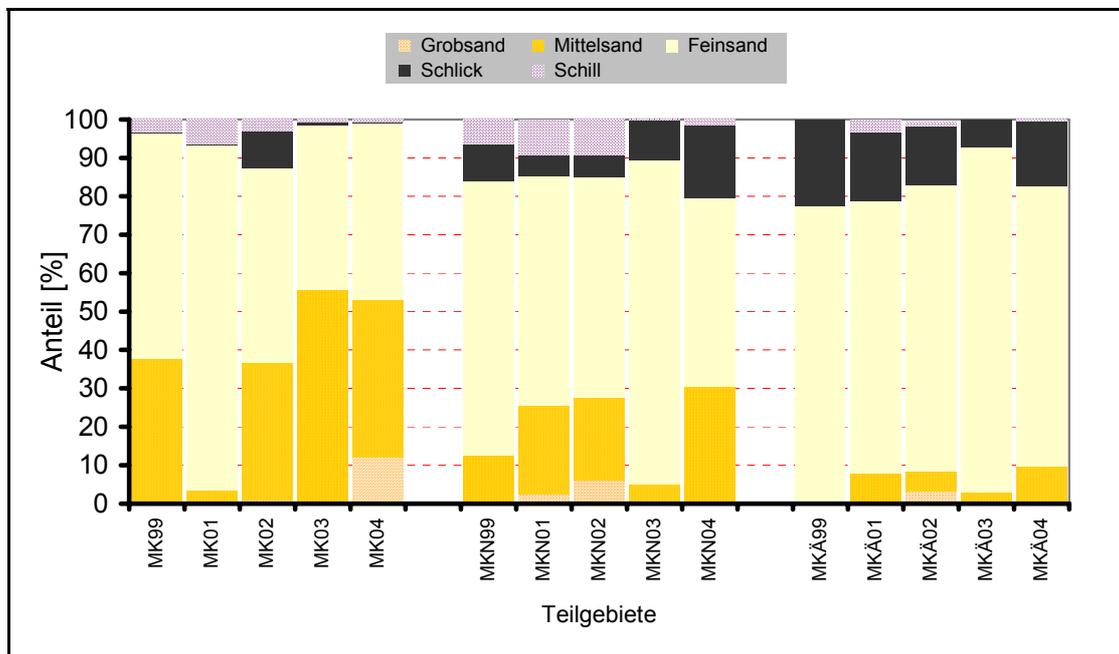


Abb. 7: Sedimentzusammensetzung im Zeitraum 1999- 2004 differenziert nach Teilgebieten: MK=Klappstelle ($N_{Stationen}=5$), MKN= Nahbereich der Klappstelle ($N_{Stationen}=7$), MKÄ= Äußerer Bereich ($N_{Stationen}=9$).

Die Betrachtung der an den Makrozoobenthos-Stationen dokumentierten **Wassertiefen** ergibt gewisse Hinweise auf die morphologische Entwicklung im Untersuchungsgebiet. Abb. 8 zeigt die interannuellen Veränderung der Wassertiefe, die an den Makrozoobenthosstationen ermittelt wurden. Die hier dargestellten Ergebnisse sind aufgrund des unvermeidlichen methodischen Fehlers allerdings nur eingeschränkt belastbar, da es sich zum einen um punktuelle Tiefenmessungen an einzelnen Stationen handelt, deren räumliche Lage von Jahr zu Jahr im gewissen Maße unterschiedlich war (z.B. Schiffsdrift während der Probenahme). Aus diesem Grund kann eine kleinräumige morphologische Heterogenität die gemessenen Wassertiefen von Jahr zu Jahr beeinflussen. Unter diesen Voraussetzungen veränderte sich die mittlere Wassertiefe der Klappstellenstationen von etwa -12,9 m [SKN] in 1999 auf ca. -10,6 m [SKN] in 2001 und 2002 und damit erfolgte in diesem Zeitraum mit deutlichen interannuellen Schwankungen eine mittlere ‚Aufhöhung‘ um

etwa 2,3 m. Dabei waren aber auch räumliche Unterschiede zu verzeichnen. Lokal (südlicher Bereich der Klappstelle) reduzierte sich die Tiefe gegenüber 1999 z.B. in 2001 z.T. um über 3 m. In den Folgejahren 2003 und 2004 konnte keine weitere zusätzliche Aufhöhung mehr festgestellt werden, im Gegenteil es erfolgte wieder eine Vertiefung, so lag die durchschnittliche Wassertiefe in 2004 wieder um -11,3 m [SKN]. Dies ist insofern plausibel, als ab 2001 die Klappstelle nach Süden verlegt wurde (s.o.) und nicht mehr mit Material beaufschlagt wurde. Die in 2001 ermittelte Abnahme kann mit der im Rahmen der Fahrrinnenanpassung erfolgten Verbringung von Baggergut in Zusammenhang gebracht werden.

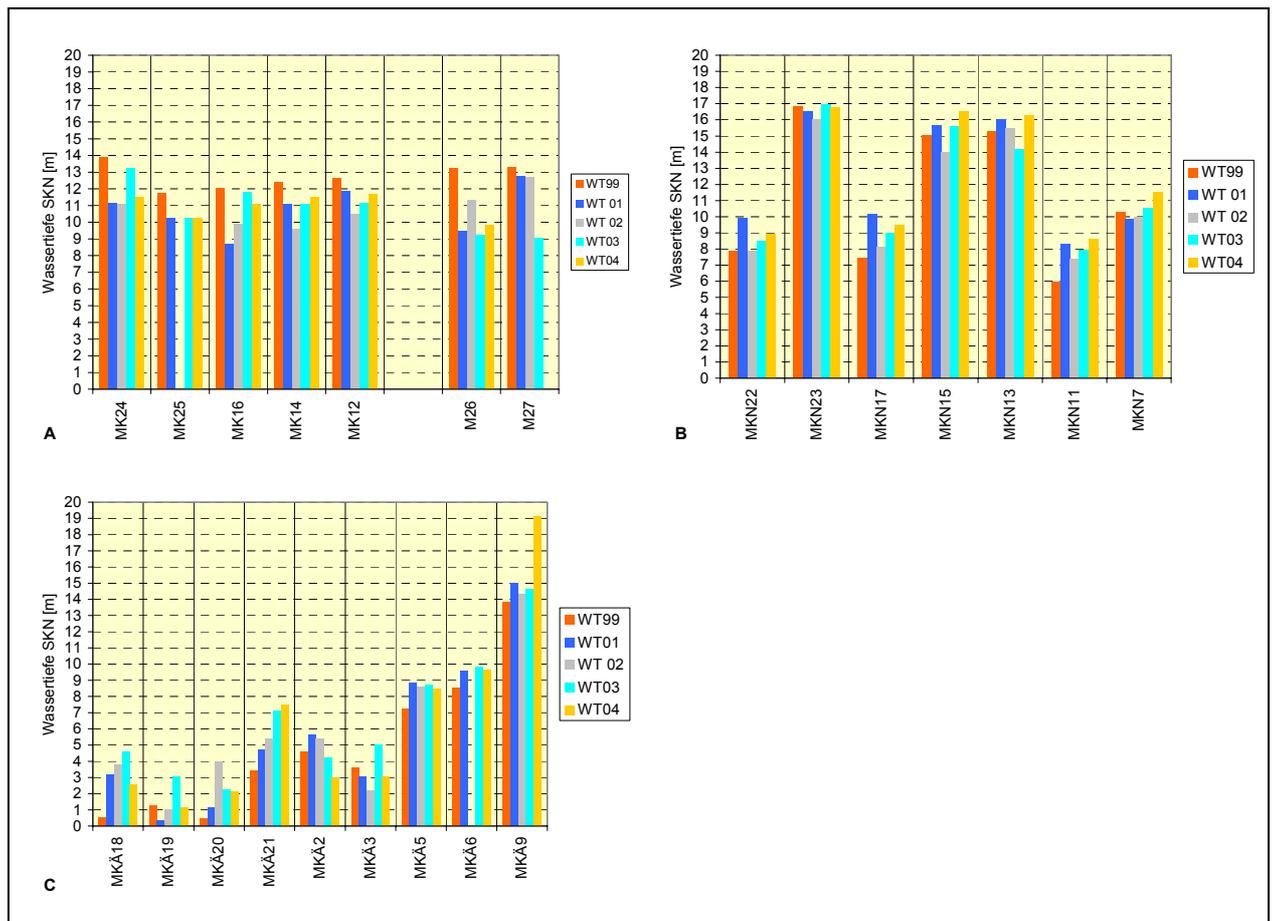


Abb. 8: Veränderung der Wassertiefe von 1999 – 2004 in den untersuchten Teilgebieten im Bereich K733. Bild A: MK = ehemalige Klappstelle inkl. Stationen M26 und M27; Bild B: MKN = Stationen im Nahbereich der ehe. Klappstelle; Bild C: MKÄ = äußere Stationen, Referenz.

Ein weiteres Ergebnis bestätigt diesen Zusammenhang: Auffällig war in 2001, also im ersten Untersuchungsjahr nach Abschluss der Ausbaumaßnahmen, eine deutliche ‚Aufhöhung‘ v.a. im südlichen Bereich der Klappstelle und an den Stationen (M27, M26), die südlich vor Kopf der Klappstelle lagen (vgl. BIOCONSULT 2003). Diese Situation blieb mehr oder weniger deutlich über den gesamten bisherigen Untersuchungszeitraum erhalten. Während aber in 2003 im Vergleich zu 2002 im Bereich der Klappstelle im Wesentlichen keine weitere Aufhöhung zu beobachten war, erfolgte an den Stationen M26 und M27 zumindest in 2003 eine weitere Abnahme der Wassertiefe um 2-3 m, so dass im Vergleich zur Ausgangssituation 1999 eine Aufhöhung von ca. 4 m dokumentiert wurde

(Abb. 8, Bild A). Diese Aufhöhung kann wahrscheinlich in Zusammenhang mit der Verlegung der Klappstelle nach Süden gesehen werden. Beide Stationen befanden sich vermutlich seit Anfang 2001 in der ‚neuen‘ Verklappungsstelle von K733. Allerdings wurde in 2002 an M26 eine Vertiefung festgestellt, ein Ergebnis, dass die Belastbarkeit der o.g. Vermutung einschränkt. Für M27 liegen aus 2004 keine Daten vor.

Auch in den Nahbereichen der Klappstelle wurden im interannuellen Vergleich wechselnde Wassertiefen verzeichnet. Es erfolgte aber, anders als in 2001 auf der Klappstelle, sowohl östlich als auch westlich der Klappstelle überwiegend eine Zunahme der Wassertiefe, was auf erosive Prozesse hindeutet. Neben den Vertiefungen wurden örtlich allerdings auch Abnahmen der Wassertiefe festgestellt (Abb. 8, Bild B).

Insgesamt deuten die Ergebnisse auf eine morphologisch hohe Dynamik in diesem Bereich hin, wobei es möglich ist, dass die örtlichen Aufhöhungen vor Kopf und auf der Klappstelle im Untersuchungsjahr 2001 mit den Verklappungsaktivitäten in Zusammenhang stehen. Ein Hinweis auf einen solchen Zusammenhang ist in den überwiegend erosiven Prozessen im östlichen und westlichen Nahbereich der Klappstelle sowie nach 2002 auch klappstellenintern zu sehen, die im Gegensatz zu den in 2001 festgestellten ‚Aufhöhungen‘ an allen Untersuchungsstationen im Verklappungsbereich stehen.

3.3.2 Makrozoobenthos

Tab. 4 gibt einen Überblick über das Makrozoobenthospektrum im Bereich der Klappstelle und deren Umgebung für die Jahre 1999-2004. Insgesamt sind bislang ca. 77 Makrozoobenthos taxa (ohne spp. und indet.) in den drei Teilgebieten nachgewiesen worden, dabei variierten die Anzahlen in Bezug auf die jeweiligen Untersuchungsjahre zwischen 30 Taxa in 2001 und 32 Taxa bis 2003 vergleichsweise wenig. In 2004 stieg die Artenvielfalt dann auf 48 allerdings sehr deutlich an.

Im Rahmen der Untersuchung konnten 4 ‚Rote-Liste-Arten‘ erfasst werden (vgl. RACHOR et al. 1998). Zu diesen gehören das Cypressenmoos (*Sertularia cypressina*, RL3-gefährdet), die Herzmuschel (*Cerastoderma edule*, RL-G: Gefährdung anzunehmen), die Bohrmuschel (*Petricola pholadiformis*, RL-V: Vorwarnliste) sowie der Polychaet *Harmothoe impar* (RL-G). Die Nachweise beschränkten sich dabei nur auf das Teilgebiet MKÄ. Alle Arten wurden aber in jeweils nur einem Untersuchungsjahr und in geringer Anzahl nachgewiesen. In 2004 erfolgte kein erneuter Nachweis der Arten. Aufgrund ihres sporadischen Vorkommens und der damit verbundenen Fangzufälligkeit sind die ‚Rote-Liste-Arten‘ für die hier zu klärende Fragestellung von untergeordneter Bedeutung.

Tab. 4: Klapptelle 733 und Umgebung, MZB-Artenspektrum Vergleich 1999-2004. gelb hervorgehoben: Arten mit einem Dominanzanteil von >3%; x* = Arten mit einem Dominanzanteil von >5%; a: adult, j: juvenil. ** = Arten nicht für die quantitativen Analysen berücksichtigt.

Taxagruppen	Untersuchung 2004	1999	2001	2002	2003	2004
Hydrozoa	Bougainvilliidae spp.**					x
Hydrozoa	Hartlaubella gelatinosa**			x		x
Hydrozoa	Obelia sp.**					x
Hydrozoa	Obelia bidentata**				x	x
Hydrozoa	Obelia dichotoma**					x
Hydrozoa	Sertularia cupressina**				x	
Hydrozoa	Hydrozoa indet.**				x	x
Hydrozoa	Pleurobrachia pileus**					x
Gastropoda	Hydrobia ulvae	x		x	x	x
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum					x
Bivalvia	Cerastoderma edule			x		
Bivalvia	Corbula gibba	x				
Bivalvia	Macoma balthica (juv. + ad)	x	x*	x*	x*	x
Bivalvia	Mytilus edulis juv.					x
Bivalvia	Petricola pholadiformis	x				
Nemertini	Nemertini indet.	x	x		x	x
Oligochaeta	Pachydrius spp.	x				
Oligochaeta	Tubificidae ohne Haarborsten	x				
Oligochaeta	Tubificoides benedeni	x		x	x	
Hirudinea	Hirudinea indet	x				
Polychaeta	Antinoella sarsi sarsi			x		
Polychaeta	Aricidea cerrutii					x
Polychaeta	Aricidea minuta			x		
Polychaeta	Arenicola marina				x	
Polychaeta	Capitella capitata	x	x	x		x
Polychaeta	Capitella minima				x	x
Polychaeta	Eteone longa	x*	x	x	x	x
Polychaeta	Harmathoe impar				x	
Polychaeta	Harmathoe juv.					x
Polychaeta	Hediste diversicolor	x	x		x	
Polychaeta	Heteromastus filiformis	x*	x	x	x	x
Polychaeta	Goniadella bobretzkii		x			
Polychaeta	Lanice conchilega			x		x
Polychaeta	Magelona johnstoni					x
Polychaeta	Magelona mirabilis	x	x	x	x	x
Polychaeta	Magelona spp.					x
Polychaeta	Marenzelleria spp.	x	x	x	x	-x
Polychaeta	Marenzelleria cf. wireni					x
Polychaeta	Malmgreniella arenicolae					x
Polychaeta	Neanthes succinea	x	x	x		x
Polychaeta	Nephtys caeca		x	x		x
Polychaeta	Nephtys cirrosa		x	x	x	x
Polychaeta	Nephtys hombergii	x	x	x*	x	x
Polychaeta	Nephtys longosetosa	x	x	x		x
Polychaeta	Nephtys spp.-juv.					x
Polychaeta	Notomastus latericeus				x	
Polychaeta	Ophelia limacina	x				
Polychaeta	Paraonis fulgens				x	x
Polychaeta	Phyllococe mucosa			x		
Polychaeta	Polynoinae spp. juv.		x			x
Polychaeta	Pygospio elegans	x				
Polychaeta	Scolecopsis squamata					x
Polychaeta	Scoloplos armiger	x	x	x		x
Polychaeta	Spiophanes bombyx			x		
Polychaeta	Spio filicornis					x
Polychaeta	Spio martinensis	x	x	x		x
Polychaeta	Spio spp.					x

Fortsetzung	Untersuchung 2004	1999	2001	2002	2003	2004
Taxagruppen						
Cirripedia	Balanus crenatus	x	x		x	
Amphipoda	Bathyporeia elegans	x*	x	x*	x*	x*
Amphipoda	Bathyporeia guillamsoniana			x		x
Amphipoda	Bathyporeia pelagica	x*	x*	x*	x	x*
Amphipoda	Bathyporeia pilosa	x*	x*	x*	x*	x*
Amphipoda	Bathyporeia sarsi	x	x	x	x	x
Amphipoda	Bathyporeia spp. juv.					x
Amphipoda	Corophium arenarium					x
Amphipoda	Corophium volutator	x	x	x	x	x
Amphipoda	Gammarus salinus		x	x	x	x
Amphipoda	Gammarus zaddachi				x	
Amphipoda	Gammarus spp. juv.					
Amphipoda	Haustorius arenarius	x*	x	x	x	x
Amphipoda	Jassa falcata					x
Amphipoda	Jassa mamorata					x
Amphipoda	Pontocrates altamarinus	x	x			
Mysidacea	Gastrosaccus spinifer**	x	x	x	x	x
Mysidacea	Neomysis integer **	x			x	
Mysidacea	Mesopodopsis slabberi **					x
Mysidacea	Praunus inermis**		x			
Mysidacea	Schistomysis kervillei**	x	x	x	x	x
Mysidacea	Schistomysis spritus**		x			
Mysidacea	Schistomysis spp.**					x
Mysidacea	Mysidacea indet.					x
Decapoda	Carcinus maenas**		x		x	
Decapoda	Crangon crangon**	x			x	x
Bryozoa	Electra pilosa**				x	
Bryozoa	Farella repens**				x	
Bryozoa	Canopeum reticulum**					x
Echinodermata	Ophiura albida juv.			x		
	Anzahl Taxa	32	30	31	32	48

Von den insgesamt etwa 77 nachgewiesenen Taxa traten lediglich 13 Taxa in allen Untersuchungs-jahren auf. Von diesen gehörten jeweils 6 zur Gruppe der Polychaeta sowie 6 Taxa zu den Crustacea. Ergänzt wurde das Spektrum der stetigen Arten durch die Muschel *Macoma balthica*.

Im Vergleich zur Erstuntersuchung in 1999 wurden einige Arten in den Folgejahren nicht mehr nachgewiesen. Es handelt sich dabei aber um solche Arten, die auch 1999 nur lokal und in Einzel-exemplaren erfasst wurden. Für Arten, deren Nachweis ausschließlich in einem der Folgejahre 2001-2004 erfolgte, wie z.B. für die Polychaeta *Lanice conchilega* oder *Phyllodoce mucosa* sowie für die Muschel *Cerastoderma edule* gilt im Wesentlichen das Gleiche. Lediglich der Amphipode *Gammarus salinus*, der 1999 nicht nachgewiesen wurde, erreichte in 2001 und auch 2002 einen Dominanzanteil von ca. 2% und trat zumindest lokal etwas häufiger auf.

Im Vergleich zu den Vorjahren konnte in 2004, wie oben bereits benannt, mit 48 Taxa eine deutliche höhere Artenvielfalt im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Hierzu trug v.a. die Gruppe der Hydrozoa bei, die in den Vorjahren nicht oder nur durch einzelne Arten vertreten waren. Zu diesen gehörte auch die gefährdete Art *Sertularia cupressina*, eine Art die allerdings nur in 2003 örtlich erfasst werden konnten (s.o.). In 2004 waren aus der Gruppe der Hydrozoa 5 Arten vertreten. Die Gründe für die höhere Vielfalt der Hydrozoa sind nicht offensichtlich, möglicherweise sind

die Auswuchsorganismen vermehrt an den verbreiteten Schill angeheftet gewesen. Insgesamt sind 36 Taxa jeweils nur in einem der bislang 4 Untersuchungsjahre und i.d.R. in niedrigen Abundanz erfasst worden. 4 der 5 im Laufe der Untersuchung nachgewiesenen Muschelarten wurden nur einmalig nachgewiesen. Von den 32 Polychaeta, der insgesamt artenreichsten Gruppe, wurde knapp die Hälfte (15 Taxa) ebenfalls nur in einem Untersuchungsjahr erfasst.

Trotz der vergleichsweise geringen Anzahl stetig auftretender Taxa wies die Struktur der Benthogemeinschaften im interannuellen Vergleich dennoch eine vergleichsweise hohe Ähnlichkeit auf, da die dominierenden Taxa im Untersuchungszeitraum nur unwesentlich wechselten. Die Dominanz der Crustacea, insbesondere der *Bathyporeia*-Arten, die die MZB-Gemeinschaft im gesamten Untersuchungsgebiet prägten, blieb im interannuellen Vergleich unverändert deutlich. So stellte diese Artengruppe sowohl 1999 und 2001 als auch 2002 - 2004 einen Anteil an der Gesamtabundanz von >50%. Eine tendenzielle Veränderung gegenüber der Vorjahre trat insbesondere in 2004 dadurch ein, dass aufgrund der hohen *Bathyporeia*-Dichten (*Bathyporeia pilosa*, *B. elegans*, *B. pelagica*), keine weiteren dominanten bzw. subdominanten Arten vorkamen (s. Tab. 4). Die Gruppe der Polychaeta war in 2004 auch im Hinblick auf die Anzahl der Taxa (22) stärker vertreten als in den Vorjahren und spielte analog zu den Vorjahren bezüglich der Individuendichte insgesamt dennoch nur eine weniger bedeutsame Rolle.

3.3.2.1 Artenzahl

Anders als in den Jahresergebnissen (s. Kap. 3.2), bei der die mittleren Gesamttaxazahlen/Station betrachtet wurden, wird im interannuellen Vergleich der Aspekt Taxazahl als ‚mittlere Taxazahl/Greifer‘ herangezogen, um auch die mögliche kleinräumige Heterogenität in die Auswertungen einzubeziehen.

Vergleich der Teilgebiete

Aus Abb. 9 wird erkennbar, dass die mittlere Artenzahl (auf Greiferebene) in 1999 (Status-quo-Situation) zwischen den einzelnen Teilgebieten unterschiedlich war. So war die Referenz (MKÄ) mit durchschnittlich 4,7 Taxa/Greifer besiedelt, während die Klappstelle (MK) mit 4 Taxa/Greifer und der Nahbereich mit 3,2 Taxa/Greifer eine geringere Anzahl aufwies. Aufgrund der jeweils gebietsinternen interannuellen Variabilität waren die Unterschiede z.T. signifikant (erweiterter Mediantest $p < 0,1$).

In 2001 wurden im Vergleich zum Vorjahr insgesamt geringere Artenzahlen und deutlichere Unterschiede zwischen den Teilgebieten verzeichnet. Es ist erkennbar, dass der Rückgang v.a. den Nahbereich (MKN, auf 1,5 Taxa/Greifer) und weniger deutlich die Klappstelle (auf 3 Taxa/Greifer) selbst betrifft. In beiden Bereichen reduzierte sich die Zahl aber um durchschnittlich >1 Art/Station gegenüber der Status-quo-Situation. Auch im Referenzbereich (MKÄ) reduzierte sich, mit einem Rückgang von 0,6 Taxa/Greifer, die Taxazahl auf 4,1; allerdings weniger ausgeprägt als in den beiden anderen Teilgebieten. Die Unterschiede zwischen Referenz und den beiden Teilgebieten Klappstelle und Nahbereich waren im ersten Untersuchungsjahr nach Abschluss der Neubearbeiten (2001) signifikant (erweiterter Median-Test $p < 0,1$).

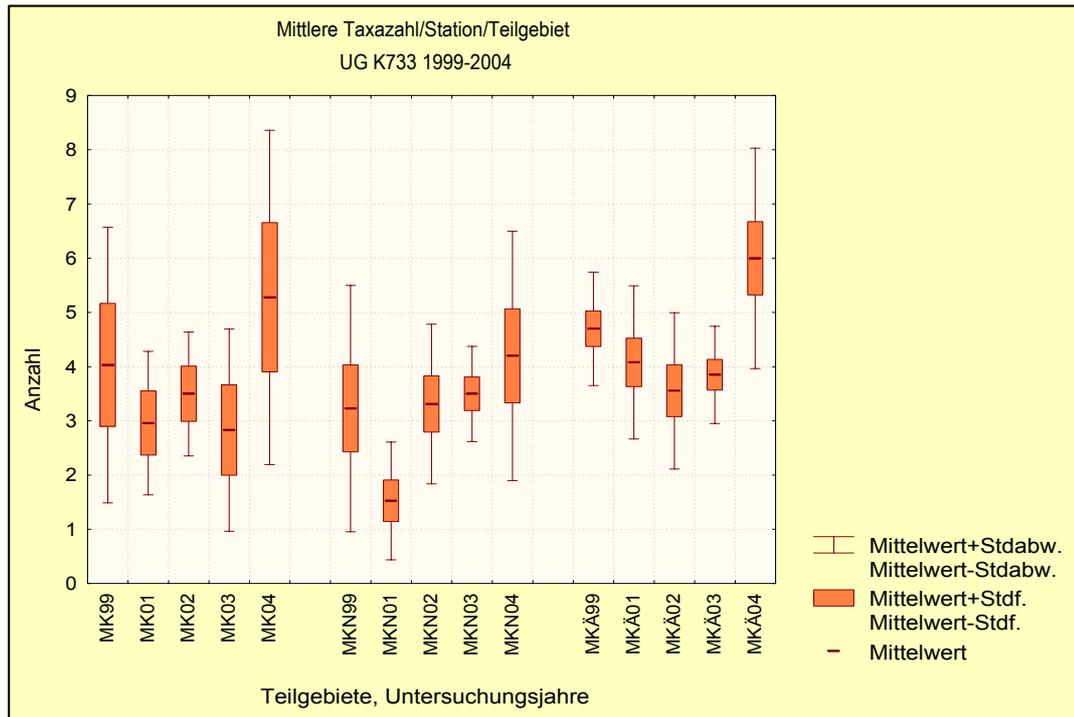


Abb. 9: Vergleich der Entwicklung der mittleren Taxazahlen/Station im interannuellen Vergleich 1999-2004 im Untersuchungsgebiet ‚Klappstelle und Umgebung‘ differenziert nach Teilgebieten: MK=Klappstelle (N_{Stationen}=5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N_{Stationen}=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=10).

Tab. 5: Taxazahlen (Greiferebene) der Teilgebiete im interannuellen Vergleich (1999-2004). N** = signifikant geringerer Wert gegenüber N* = signifikant höherer Wert, Varianzanalyse: erweiterter Mediantest p<0,1. Stabw. = Standardabweichung

Mitt/Taxa/Gebiet	MK	Stabw. MK	MKN	Stabw. MKN	MKÄ	Stabw. MKÄ
1999	4,0	2,54	3,2	2,5	4,7*	1,27
2001	3,0	1,32	1,5**	1,0	4,1	1,35
2002	3,5	1,14	3,3	1,7	3,6	0,85
2003	2,8	1,87	3,5	0,49	4,3	0,85
2004	5,3	3,08	3,7	0,99	6,0*	1,79

Mit 3,6 Taxa/Greifer wurde im Referenzbereich (MKÄ) nach einem weiteren Rückgang der Taxazahl/Greifer gegenüber den beiden Vorjahren in 2002 ein gebietsinternes Minimum registriert. Gegenläufige Entwicklungen wurden in 2002 für den Verklappungsbereich und für den Nahbereich ermittelt. Hier stiegen gegenüber 2001 die Taxazahlen wieder etwas an und erreichten mit 3,5 bzw. 3,3 Taxa/Greifer ähnliche Werte wie der Referenzbereich. Die Unterschiede zwischen den Teilgebieten waren zu diesem Zeitpunkt sehr gering und daher nicht mehr signifikant unterschiedlich (Mediantest p>0,1).

2003 erhöhten sich die Taxazahlen im Nahbereich und im Referenzbereich im Vergleich zu 2002 auf 3,5 bzw. 4,3 Taxa/Greifer. Eine andere Entwicklung wurde im Verklappungsbereich dokumentiert: hier sank die mittlere Taxazahl/Greifer auf 2,8. Die Unterschiede zwischen Klappstelle und Nahbereich waren zwar deutlich, aber aufgrund der jeweils hohen gebietsinternen Variabilität nicht

signifikant (Mediantest $p > 0,1$). Im Vergleich zur Referenz lag die mittlere Taxazahl auf der Klappstelle allerdings signifikant niedriger (Mediantest $p < 0,1$).

2004 war insofern ein besonderes Jahr, da die Artenvielfalt gegenüber den Vorjahren deutlich anstieg und auch über dem Ausgangswert von 1999 lag. Dies galt v.a. für die ehemalige Klappstelle sowie den Referenzbereich. Der Anstieg der Taxazahlen in diesen beiden Teilgebieten führte zu einem deutlichen Unterschied zum Teilgebiet MKN, in dem sich die Taxazahlen gegenüber 2003 weniger deutlich erhöhten.

Eine auf der Grundlage aller Daten durchgeführte Varianzanalyse (erweiterter Mediantest, Voraussetzung für den H-Test war nicht erfüllt) zeigte, dass sich im interannuellen und räumlichen Vergleich nur das Jahr 2001 (MKN) hinsichtlich der Taxazahlen signifikant von anderen Jahren unterschied. Mit 1,5 Taxa/Greifer wurde für das Teilgebiet MKN in 2001 ein signifikantes Minimum im Vergleich zur Referenz (MKÄ) 1999 und 2004 ausgewiesen. Weitere z.T. deutliche interannuelle und räumliche Unterschiede waren aufgrund der hohen gebietsinternen Variabilität (s. Tab. 5, Stabw.) statistisch nicht signifikant. Tab. 5 gibt eine Übersicht über die mittleren Taxazahlen der einzelnen Teilgebiete und Untersuchungsjahre und das Ergebnis der einfachen Varianzanalyse.

Ein etwas anderes Ergebnis als bei der o.g. Varianzanalyse aller Daten zeigt sich beim statistischen Vergleich von jeweils nur zwei Stichproben im direkten Vergleich der Besiedlungskennwerte der Teilgebiete (Mediantest, Tab. 6). Auf dieser Ebene ergaben sich 1999 keine signifikanten Unterschiede, wobei aber die Referenz vielfältiger besiedelt war als die beiden anderen Gebiete. 2001, nach den erfolgten Verklappungen, wies die Referenz im Hinblick auf die Taxazahlen signifikant höhere Taxazahlen auf. Dies galt für den Vergleich mit den Klappstellenkennwerten als auch für den Vergleich mit dem Nahbereich. Ab 2001 wurde die Klappstelle nicht mehr für Verklappungen genutzt. Dennoch wurde, nachdem zunächst in 2002 keine signifikanten Unterschiede ermittelt wurden, in 2003 ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen ehemaliger Klappstelle und Referenz verzeichnet. In 2004 waren die Unterschiede insgesamt gering und nicht mehr signifikant.

Tab. 6: Ergebnisse der Zweistichproben-Signifikanztests (Mediantest) auf der Grundlage der Taxazahlen. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich, MKÄ = Referenz. * = Taxazahlen signifikant unterschiedlich $p < 0,1$.

Untersuchungsjahr	1999	2001	2002	2003	2004
MK - MKÄ	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK*</i>	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK*</i>	MKÄ > MK
MKN - MKÄ	MKÄ > MKN	<i>MKÄ > MKN*</i>	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN
MK - MKN	MK > MKN	MK > MKN	MK > MKN	MK < MKN	MK > MKN

Gebietsinterne Entwicklung

Im folgenden wird die gebietsinterne interannuelle Entwicklung der Taxazahlen betrachtet (Abb. 10).

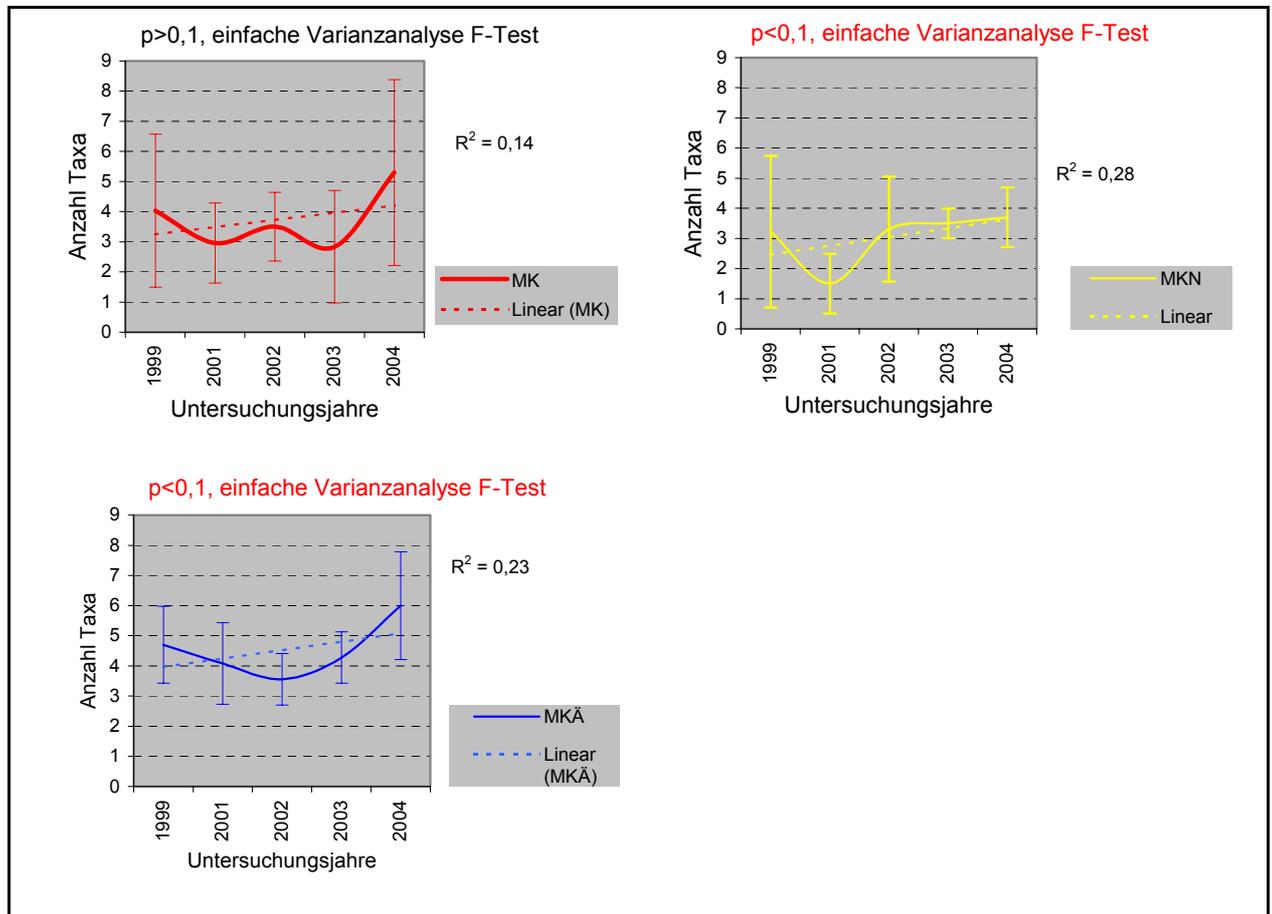


Abb. 10: Entwicklung der mittleren Taxazahlen/Greifer in den untersuchten Teilgebieten MK (rot), MKN (gelb) und MKÄ (blau).

Klappstelle (MK): Die Klappstelle war 1999 durchschnittlich mit 4 Taxa/Greifer besiedelt, dieser Wert reduzierte sich in 2001 auf 3 Taxa/Greifer, ein Anstieg wurde in 2002 (3,5 Taxa/Greifer) gegenüber 2001 verzeichnet. Diese Entwicklung setzte sich in 2003 allerdings nicht fort. Mit 2,8 Taxa/Greifer wurde zu diesem Zeitpunkt der niedrigste Wert im bisherigen Untersuchungszeitraum ermittelt, der vergleichsweise deutlich unter dem Ausgangswert von 1999 lag. Ein deutlicher Zuwachs wurde dann in 2004 verzeichnet, mit 5,3 Taxa/Greifer wurde ein interannuelles Maximum für den ehemaligen Klappstellenbereich ermittelt. Aufgrund der in jedem Untersuchungsjahr sehr hohen gebietsinternen Variabilität sind die interannuellen gebietsinternen Unterschiede jedoch nicht signifikant (F-Test $p > 0,1$, Test-Voraussetzungen erfüllt).

Nahbereich (MKN): Im Nahbereich der Klappstelle wurden 1999 im Mittel 3,2 Taxa/Greifer festgestellt. In 2001 konnten nur noch 1,5 Taxa/Greifer in diesem Teilgebiet erfasst werden. Das war der im Vergleich geringste Wert, der im gesamten Untersuchungsgebiet K733 festgestellt

wurde. Die Taxazahlen stiegen in 2002 -2004 wieder deutlich an und lagen in beiden Jahren mit 3,3, 3,5 bzw. 3,7 Taxa/Greifer etwas über dem Ausgangswert von 1999. Aufgrund des niedrigen Ergebnisses in 2001 sind die interannuellen Unterschiede signifikant (Friedmann-Test $p < 0,1$).

Referenz (MKÄ): Im Referenzgebiet (MKÄ) erfolgte nach 1999 eine Abnahme der mittleren Artenzahl/Greifer, die sich von 4,7 (1999) auf 4,1 (2001) bzw. 3,5 (2002) reduzierte. In 2003 erhöhte sich der Wert wieder auf 4,3 Taxa/Greifer, um dann in 2004 mit 6 Taxa/Greifer weiter deutlich anzusteigen. Der in 2004 vergleichsweise hohe durchschnittliche Wert führt zu interannuellen Unterschieden, die trotz der hohen Variabilität rechnerisch signifikant (einfache Varianzanalyse $p > 0,1$). So unterschied sich das 2004 mit Ausnahme von 1999 von allen übrigen Jahren im Hinblick auf die Taxazahl.

Die Ergebnisse des Parameters ‚Taxazahl‘ ergeben insgesamt ein indifferentes Bild. Auf Ebene der mittleren Taxazahl/Greifer wurden bei den Jahresvergleichen zwischen Referenz und Klappstelle nach 1999 z.T. signifikante Unterschiede verzeichnet. Beide Ergebnisse werden aber dadurch relativiert, dass unter Berücksichtigung aller Ergebnisse (zeitlich und räumlich) zwischen Klappstelle und Referenz aufgrund der ausgeprägten Variabilität keine signifikanten Unterschiede ermittelt wurden. Des Weiteren ist zu beachten, dass auch gebietsintern im Referenzbereich offensichtlich statistisch signifikante Sprünge der Artenzahlen erfolgen können, wie dies die Ergebnisse aus 2004 gezeigt haben. Das heißt, dass die interannuellen Unterschiede im Bereich der Referenz so ausgeprägt waren, dass insgesamt kein eindeutiges Ergebnis im Sinne der vorliegenden Fragestellung im Hinblick auf die Taxazahl zu erkennen ist. Bei ähnlichen Entwicklungstendenzen in 2004, die gleichsinnig in allen Teilgebieten erfolgten ist aber davon auszugehen, dass 3 Jahre nach der Verbringung von Baggergut Verklappungswirkungen im Hinblick auf die Taxazahlen nicht mehr wahrscheinlich sind und die in 2004 festgestellten räumlichen Unterschiede zwischen den Teilgebieten die in diesem Gebiet ‚normale‘ Variabilität des Kennwertes ‚Taxazahl‘ widerspiegeln.

3.3.2.2 Dominanzstruktur

Vergleich der Teilgebiete

Abb. 11 zeigt die Dominanzstruktur an den einzelnen Stationen der Teilgebiete von 1999 bis 2004. Auf der Phylaebene (s. Abb. 11, kleine Tortendiagramme) sind insgesamt keine sehr deutlichen Änderungen zu verzeichnen.

Die Crustacea dominierten in allen Teilgebieten und Untersuchungsjahren in ähnlicher Weise; örtlich traten in allen Jahren und Teilgebieten auch Polychaeta häufiger auf. Im Bereich der Klappstelle (MK) erfolgte nach 1999 bis 2003 im Vergleich zu den anderen Teilgebieten allerdings ein ausgeprägter Rückgang des Polychaeta-Anteils, der allerdings in 2003 auch im Referenzbereich registriert wurde. Dies lag in letzterem Teilgebiet aber weniger an einem tatsächlichen Rückgang der Polychaeta sondern überwiegend an einer deutlichen Zunahme der Crustacea-Anzahlen. Im Bereich der Klappstelle handelt es sich in diesem Zeitraum dagegen um einen tatsächlichen Rückgang der Polychaeta-Abundanzen, mit der Folge von geringen Dominanzanteilen. In 2004 nahm in allen Teilgebieten der Anteil dieser Artengruppe wieder generell durch Abundanzzuwächse zu.

Die relativen Abundanzanteile der Muscheln (Bivalvia) zeigten auf durchgängig überwiegend niedrigem Niveau interannuelle Schwankungen in ihren Abundanzanteilen. Dies wurde in allen Teilgebieten dokumentiert, so gab es sowohl Zunahmen als auch Abnahmen. Die wechselnden Dominanzanteile sind allerdings nur zum kleineren Teil auf tatsächlich steigende Individuendichten bzw. auf wesentliche Rückgänge zurückzuführen, sondern wurden, wie auch bei den Polychaeta, stark von der interannuellen Abundanzdynamik der Crustacea bestimmt (s. Abb. 11 Säulendiagramme).



Abb. 11: MZB-Dominanzstrukturen im Untersuchungsgebiet, Clapstelle und Umgebung', differenziert nach Teilbereichen: MK=Clapstelle (N_{Stationen}=5), MKN= Nahbereich der Clapstelle (N_{Stationen}=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=10).

Gebietsinterne Betrachtung

Trotz der weitgehenden Ähnlichkeit der Dominanzstrukturen auf der Phylaebene lassen sich z.T. deutliche interannuelle Veränderungen bei den häufigsten Arten aufzeigen. Es handelt sich dabei um 9 der im gesamten Untersuchungszeitraum festgestellten 77 Taxa. Diese Arten, zu denen neben der Muschel *Macoma balthica*, 5 Polychaeta (*Eteone longa*, *Heteromastus filiformis*, *Magelona mirabilis*, *Nephtys cirrosa*, *N. longosetosa*) sowie 4 Crustacea (*Haustorius arenarius*, *Bathyporeia pelagica*, *B. pilosa*, *B. elegans*) gehörten, stellten in jedem der Teilgebiete und in jedem Untersuchungsjahr zusammen mehr als 90% an der Gesamtabundanz der Benthosgemeinschaft des jeweiligen Gebietes. Dabei waren die Amphipoden der Gattung *Bathyporeia* mit wenigen Ausnahmen (MK-1999) immer die bei weitem häufigsten Arten, mit einem Anteil von bis zu >80%. Abb. 12 verdeutlicht die Entwicklung der Dominanzanteile der 9 häufigsten Arten, differenziert für die drei Teilgebiete.

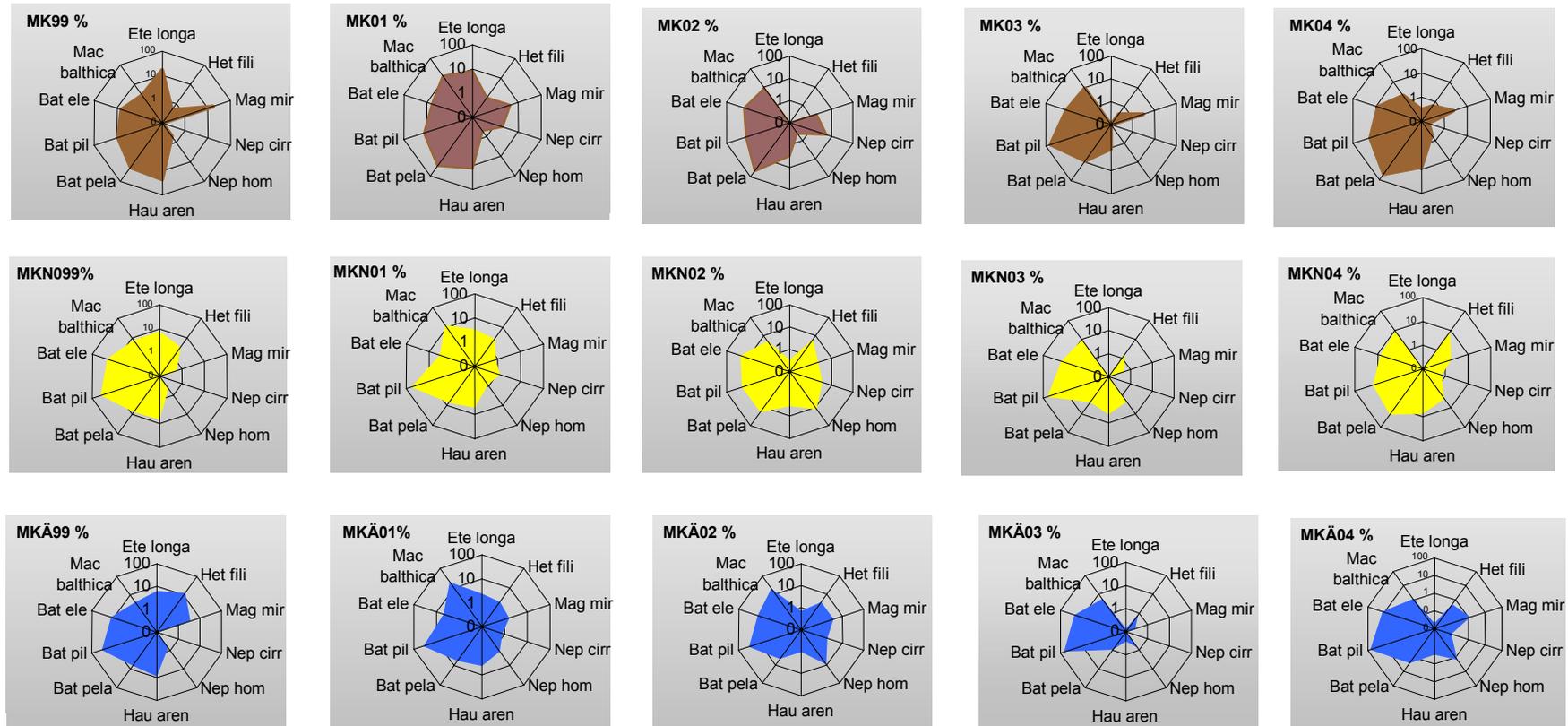


Abb. 12: Dominanzanteile (%) der 9 häufigsten Wirbellosenarten bei der Erstuntersuchung 1999 (farbige Flächen) und Darstellung der Abweichung (%) vom Istzustand (umrahmte Flächen) in den Folgejahren 2001-2004 differenziert nach Teilgebieten. *Eteone longa*, *Heteromastus filiformis*, *Magelona mirabilis*, *Nephtys cirrosa*, *N. longosetosa* (Polychaeta); *Haustorius arenarius*, *Bathyporeia pelagica*, *B. pilosa*, *B. elegans* (Crustacea), *Macoma balthica* (Bivalvia). Logarithmische Skalierung.

Klappstelle (MK): Von Veränderungen in der Dominanzhierarchie war die Klappstelle insofern betroffen, als hier innerhalb der Gruppe der Crustacea eine Verschiebung der Dominanzanteile erfolgte, wobei die deutlichste Veränderung weniger in 1999 festgestellt wurde, sondern in den Jahren 2002 und 2003 verzeichnet wurde. Hier war die Abweichung vom Ausgangszustand 1999 am größten. Verantwortlich für die Veränderungen waren zu einen tatsächliche Abundanzrückgänge sowie aber auch deutliche Abundanzzunahmen von Arten. Diese Dynamik führte zu den interannuellen Veränderungen der Dominanzstruktur. 1999 war beispielsweise der Amphipode *Haustorius arenarius* die häufigste Art mit einem Anteil von >22%. *H. arenarius* besiedelt bevorzugt Mittelsande bzw. auch Grobsande (vgl. BARNES 1994). In 2001 war die Art mit nur noch einem Anteil von 13% vertreten. Ein weiterer Rückgang wurde auch in 2002 und 2003 verzeichnet. In beiden Jahren spielte *H. arenarius* mit Anteilen von 3,1% bzw. 1% nur noch eine untergeordnete Rolle, dies ist auf einen vergleichsweise deutlichen tatsächlichen Rückgang der Besiedlungsdichte dieser Art zurückzuführen. In 2004 erhöhte sich die Abundanz von *Haustorius* wieder, so dass der in 2004 für die Art ermittelte Dominanzwert in etwa wieder demjenigen von 1999 entspricht

In 2001 und 2002 wurde *H. arenarius* als häufigste Art von *Bathyporeia pelagica* abgelöst. Dessen Abundanz erhöhte sich gegenüber 1999 deutlich von 21 Ind./m² auf 43 Ind./m², so dass *B. pelagica* in 2002 mit einem Dominanzanteil von ca. 48% die prägende Art war. In 2003 wurde *B. pelagica* durch die Schwesterart *B. pilosa* als häufigste Art ersetzt, dies kehrte sich in 2004 wieder um. *Bathyporeia*-Arten besiedeln im Gegensatz zu *H. arenarius* bevorzugt Feinsande (SCHELLENBERG 1942). Die Zunahme des Mittelsandanteils 2002 - 2004 gegenüber 2001 hatte, wie die Ergebnisse gezeigt haben, allerdings auf die Bestandsentwicklung von *H. arenarius* offensichtlich keinen fördernden und auf die *Bathyporeia*-Arten keinen dämpfenden Einfluss.

Eine ebenfalls wesentlich geringere Rolle als in 1999 spielten in 2001 die Polychaeta *Eteone longa* und *Magelona mirabilis*. Ihr Anteil ging von 16% bzw. 17% auf 8,7% und 4,6% relativ stark zurück. Ähnlich wie für den Amphipoden *H. arenarius* war die Bestandsentwicklung der genannten Polychaeta auch in 2002 weiter rückläufig. Während *M. mirabilis* mit einem Anteil von 1,9% die Klappstelle noch in geringer Dichte besiedelte, wurde *E. longa* in diesem Teilbereich in 2002 nicht mehr nachgewiesen. Ersetzt wurden die oben genannten Arten durch den Polychaeten *Nephtys cirrosa*, der in 2002 an den MK-Stationen zu den subdominanten Arten gehörte, seinerseits aber in den Vorjahren aus quantitativer Sicht keine bedeutsame Rolle spielte. In 2003 verloren die Polychaeta erneut an Bedeutung. Lediglich *M. mirabilis* erreichte einen Dominanzanteil von 3% und gehörte damit noch zu den subdominanten Arten. Alle anderen Polychaeten wurden nur noch vereinzelt oder gar nicht mehr im Verklappungsbereich nachgewiesen. Dies änderte sich in 2004 etwas, da eine mäßige quantitative Zunahme bei dieser Artengruppe dokumentiert wurde. Im Hinblick auf ihren Dominanzstatus wirkte sich die Abundanzzunahme nur wenig aus, da die Crustaceadichte in 2004 ebenfalls zunahm. In 2004 waren im Gegensatz zu den Vorjahren (inkl. 1999) alle 9 im gesamten Untersuchungsgebiet häufigen Arten im Teilgebiet MK vorhanden.

Nahbereich (MKN): Die Benthosgemeinschaft des Teilgebiets MKN wurde in allen Untersuchungsjahren durch *Bathyporeia*-Arten dominiert; die häufigsten Arten waren *B. pilosa* und *B. elegans*. Mit Ausnahme von 2002 war *B. pilosa* allerdings die individuenreichste Art mit Anteilen von ca. 20% in 2002 bis zu 63,6% in 2003. In der Gruppe der Polychaeta kam es ähnlich wie auf der Klappstelle zu deutlicheren Veränderungen. Während *Eteone longa* 1999 mit ca. 8% noch zu

den subdominanten Taxa auf der Klappstelle zählte, ging der Anteil dieses Polychaeten in den Folgejahren kontinuierlich zurück, in 2002 gehörte er mit 0,3% nur noch zu den subrezedenten Arten. In 2003 und 2004 wurde *E. longa* im Teilgebiet MKN nicht mehr nachgewiesen. Im Gegensatz dazu nahm die Abundanz von *Nephtys hombergii* in vergleichbarem Maß zu, so dass er in 2002 mit einem Anteil von 12% zu den dominanten Arten dieses Teilbereichs zählte. In 2003 ging der Anteil des Polychaeten zwar wieder auf 2,2% zurück, dies ist aber im Wesentlichen auf die deutliche Zunahme der Crustaceadichte zurückzuführen und weniger auf einen tatsächlichen Rückgang der Besiedlungsdichte von *N. hombergii*. In 2004 erfolgte eine nur geringe Änderung mit 3,6 % gehörte *N. hombergii* zu den subdominanten Arten. Bei den anderen Polychaeta zeigten sich weniger deutliche interannuelle Veränderungen. Sie gehörten wie *Magelona mirabilis* mit wenigen Ausnahmen in allen Jahren zu den rezedenten (1-3%) oder subrezedenten (<1%) Arten. Die Muschel *Macoma balthica* gehörte in allen Jahren zu den subdominanten (3-10%) Arten des Nahbereichs. Lediglich in 2001 war sie mit einem Anteil von ca. 12% dominant, allerdings war dies nicht die Folge eines Anstiegs ihrer Besiedlungsdichte, sondern die Folge eines deutlichen Abundanzrückgangs aller anderen Arten in diesem Teilgebiet (s. Abb. 12).

Referenz (MKÄ): Im Bereich MKÄ waren von 1999 bis 2002 z.T. ähnliche Verschiebungen in der Dominanzstruktur der Benthosgemeinschaft wie im Bereich der Klappstelle zu verzeichnen. Dies betrifft insbesondere die gleichsinnige Entwicklung der Arten *Haustorius arenarius* (Crustacea) und *Eteone longa* (Polychaeta) sowie mit einer gewissen Einschränkung *Magelona mirabilis* (Polychaeta). Die genannten Arten verloren wie im Bereich der Klappstelle auch im Referenzbereich im Hinblick auf ihren Dominanzwert von 1999 bis 2003 kontinuierlich an Bedeutung (vgl. Abb. 12, Abweichung vom Istzustand).

Die übrigen bedeutsamen Arten waren über den gesamten Zeitraum mit sehr ähnlichen Werten vertreten. *Bathyporeia pilosa* (>30%) gehörte mit *B. elegans* (um 20%) immer zu den dominanten Arten. In 2003 und v.a. 2004 traten insofern Veränderungen ein, als *B. pilosa* und örtlich auch *B. elegans* überwiegend in sehr hohen Besiedlungsdichten auftraten, so dass die beiden Amphipoden in 2004 mit ca. 75% bzw. 13% die bei weitem häufigsten Arten im Referenzbereich waren und daher im Vergleich zu 1999 in den Folgejahren eine deutliche Abweichung nach ‚oben‘ zeigten (Abb. 12). Durch die starke Zunahme der o.g. Crustacea erreichte die Muschel *M. balthica* bei sogar höheren Besiedlungsdichten als in den Vorjahren in 2003 z.B. nur noch einen Dominanzanteil von 5,6% (im Vorjahr war sie mit etwa 20%, bei einer allerdings insgesamt geringen Besiedlungsdichte dominant), der sich in 2004 auf 1,2% verringerte. Bei den Polychaeta traten interannuell ähnliche Veränderungen ein, wie in den beiden anderen Teilgebieten (s.o.). Während u.a. *Heteromastus filiformis* und *Magelona mirabilis* bis 2002 aus quantitativer Sicht ähnlich bedeutsam blieben wie in den Vorjahren, ersetzte *Nephtys hombergii* in 2002 *H. filiformis* und *Eteone longa* als häufigste Polychaeten-Arten der Untersuchungsjahre 1999 bzw. 2001. In 2003 zeigte sich hinsichtlich der Polychaeta im Referenzbereich (MKÄ) ein im Vergleich zu MK und MKN analoges Ergebnis. Alle Arten erreichten in 2004 aufgrund höherer Individuendichten einen Anteil von 1,3 – 1,5% und waren damit rezedente Arten.

Trotz der o.g. interannuellen Unterschiede, die auf Artebene (überwiegend unabhängig vom Teilgebiet) erkennbar wurden, hat sich die Struktur der Benthosgemeinschaft in keinem der Teilgebiete grundsätzlich verändert. Eine gewisse Ausnahme ist in 2003 erkennbar: im Vergleich zu den Vorjahren hat die Gruppe der Polychaeta in jedem Teilgebiet, allerdings aus unterschiedlichen Gründen, an ‚Bedeutung‘ verloren (vgl. Abb. 11 und Abb. 12). So reduzierten sich die Anteile der

Polychaeten im Verklappungsbereich aufgrund eines tatsächlichen Abundanzrückgangs, während im Bereich MKN und MKÄ die Polychaeta-Anteile in erster Linie in Folge einer deutlichen Abundanzzunahme anderer Taxa geringer ausfielen. In 2004 erfolgte in allen Gebieten wieder eine Zunahme der Polychaetadichte. Aufgrund der im Vergleich der drei Teilgebiete größtenteils ähnlichen Entwicklungen geben die Ergebnisse im Hinblick auf die Entwicklung der Dominanzstruktur keine Hinweise auf einen möglichen Einfluss der Verklappungen.

3.3.2.3 Abundanzen

Vergleich der Teilgebiete

Die 1999 ermittelten Ergebnisse, die die Ausgangssituation repräsentieren, zeigen im Hinblick auf die Besiedlungsdichte der Benthosgemeinschaften nur geringe Unterschiede. So war die Klappstelle (MK) mit 138 Ind./m², der Nahbereich (MKN) mit 149,6 Ind./m² und der Äußere Bereich (MKÄ = Referenz) mit 162 Ind./m² besiedelt. Auf der Ebene der vorkommenden Taxagruppen (Bivalvia, Polychaeta und Crustacea) waren die Unterschiede in 1999 z.T. etwas deutlicher. V.a. Polychaeten waren mit 53,7 Ind./m² auf der Klappstelle relativ deutlich häufiger als im Nahbereich (21,5 Ind./m²). Die Referenz wies mit 43,7 Ind./m² in etwa die Polychaeta-Dichte der Klappstelle auf. Muscheln wurden 1999 in allen Teilgebieten in vergleichsweise geringer Individuendichte erfasst. Auf der Klappstelle konnten im Mittel lediglich 4,3 Ind./m² und im Nahbereich mit 11,9 Ind./m² die in 1999 höchste Muscheldichte im Vergleich der 3 Teilgebiete dokumentiert werden. Die Referenz nahm mit 6,7 Ind./m² die Mittelstellung ein. Crustacea waren überall die individuenreichste Taxagruppe. Mit durchschnittlich 115,8 Ind./m² und 110 Ind./m² waren Nahbereich- bzw. Referenzstationen dichter besiedelt als die Klappstelle (80 Ind./m²). Trotz der festgestellten Unterschiede wiesen alle drei Teilbereiche in 1999 eine in etwa qualitativ (s. Kap. 3.2.2.1) und quantitativ vergleichbare Besiedlung auf.

Diese Ausgangssituation veränderte sich in den Folgejahren deutlich. Insbesondere in 2001, also der ersten Untersuchung nach Abschluss der Neubauarbeiten, erfolgte auf der Klappstelle und auch im Nahbereich eine deutliche Abnahme der Gesamtabundanz, während die MKÄ-Stationen (Referenz) im Mittel nahezu unverändert dicht besiedelt waren (Abb. 13).

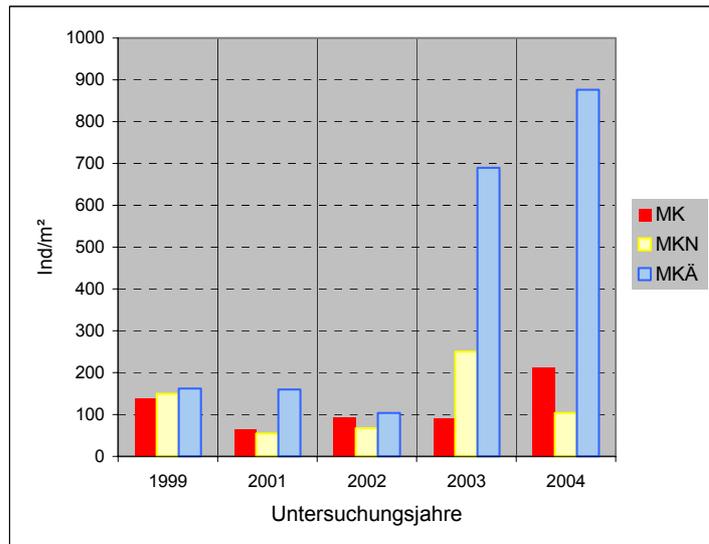


Abb. 13: Entwicklung der Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte in den Teilgebieten Klappstelle (MK), Nahbereich (MKN) und Referenz (MKÄ) im Untersuchungsgebiet K733 in der Außenelbe. MKN und MKÄ ab 2001 ohne Station MKN26 bzw. MKÄ27.

In 2002 nahm die Besiedlungsdichte auch im Referenzbereich gegenüber den Vorjahren von durchschnittlich etwa 160 Ind./m² auf 93 Ind./m² ab, während die Individuendichte im Nahbereich in 2002 leicht anstieg (60 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte im Verklappungsbereich erhöhte sich gegenüber 2001 wieder und erreichte mit etwa 90 Ind./m² ungefähr den Wert, der in 2002 auf der Referenz verzeichnet wurde.

Tab. 7: Übersicht über die Ergebnisse der Zweistichproben tests (U-Test, Mediantest) im Vergleich der Teilgebiete von 1999 bis 2004. * = p<0,05. Anzahl Stationen MK: N= 5, MKN: N=8 (2001- 2004 N=7), MKÄ: N=10 (2001-2004 N=9). (*) = nur signifikant inkl. MKN26/MKÄ27

Untersuchungsjahr MKÄ (Ref) – Klapp- stelle (MK)	1999	2001	2002	2003	2004
Gesamtbesiedlung	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK *</i>	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK *</i>	MKÄ>MK
Bivalvia	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK *</i>	<i>MKÄ > MK</i>	<i>MKÄ > MK *</i>	MKÄ > MK
Polychaeta	MKÄ < MK	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK *</i>	MKÄ > MK	MKÄ>MK
Crustacea	MKÄ > MK	<i>MKÄ > MK *</i>	MKÄ < MK	MKÄ > MK	MKÄ>MK
Untersuchungsjahr MKÄ (Ref) – Nahbe- reich (MKN)	1999	2001	2002	2003	
Gesamtbesiedlung	MKÄ > MKN	<i>MKÄ > MKN *</i>	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN

Bivalvia	MKÄ < MKN	<i>MKÄ > MKN *</i>	<i>MKÄ > MKN (*)</i>	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN
Polychaeta	MKÄ > MKN	<i>MKÄ > MKN*</i>	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN
Crustacea	MKÄ < MKN	<i>MKÄ > MKN (*)</i>	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN	MKÄ > MKN

In 2003 wurden z.T. sehr unterschiedliche Entwicklungen dokumentiert, mit deutlichen Zuwächsen im Nahbereich (250 Ind./m²) und v.a. im Referenzbereich (630 Ind./m²), so dass die Benthosdichten wesentlich über diejenigen der Vorjahre lagen. Die Besiedlungsdichte der Klappstelle blieb in 2003 im Vergleich zu 2002 dagegen mehr oder weniger konstant (Abb. 13).

In 2004 erfolgte im Bereich der ehemaligen Klappstelle sowie v.a. im Referenzbereich eine gegenüber der Vorjahre deutliche Zunahme der Besiedlungsdichte. Im Teilgebiet MKN erfolgte dagegen eine Abnahme im Vergleich zu 2003. Die Besiedlungsdichte des Nahbereichs lag aber auch in 2004 noch über derjenigen von 2001/2002 (Abb. 13). Die starke Zunahme der Gesamtbesiedlungsdichte im Teilgebiet MK und insbesondere im Teilgebiet MKÄ in 2004 ist ganz überwiegend auf die Abundanzentwicklung weniger Crustacea-Arten (*Bathyporeia*) zurückzuführen. Die festgestellten Abundanzmaxima sind dabei auf einzelne, örtlich begrenzte sehr hohe Anzahlen zurückzuführen.

Aufgrund der gebietspezifischen Entwicklungen sowohl der Gesamtbesiedlungsdichte als auch der verschiedenen Taxagruppen des Makrozoobenthos, war die Besiedlungsdichte im Verklappungsbe-
reich im Vergleich zur Referenz nach 1999 z.T. signifikant geringer. Dies gilt auch für den Vergleich zwischen Referenz und Nahbereich (Tab. 7). Signifikante Unterschiede waren v.a. in 2001 zu verzeichnen, dies betraf sowohl den Parameter Gesamtbesiedlung als auch die Besiedlungsdichte einzelner Phyla. Ab 2002 konnten nur einzelne signifikante Unterschiede festgestellt werden, insbesondere zwischen Referenz und Klappstelle in 2003. Aufgrund der in diesem Jahr deutlichen Zunahme der Besiedlungsdichte im Referenzbereich bei gleichbleibenden Anzahlen auf der Klappstelle waren die Unterschiede im Hinblick auf die Gesamtbesiedlung und auf Phylaebene bei den Muscheln (Bivalvia) in 2003 signifikant unterschiedlich. Im Verlauf der Untersuchung wurden zwischen Klappstelle und Nahbereich bei keinem Vergleich signifikante Unterschiede festgestellt (nicht tabellarisch dargestellt).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Überprüfung der festgestellten Unterschiede auf ihre Signifikanz nur orientierenden Charakter hat. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Stichprobenanzahl zum einen und der im Hinblick auf die abiotischen Rahmenbedingungen sehr heterogenen Referenzstationen zum anderen ist das Ergebnis der Tests nur eingeschränkt belastbar.

Gebietsinterne Betrachtung

Abb. 14 und Abb. 15 zeigen die Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte (Gesamtbesiedlung und einzelne Taxagruppen) im interannuellen Vergleich differenziert nach Teilgebieten.

Klappstelle (MK): Im Bereich der Klappstelle sank die mittlere Dichte (Gesamtbesiedlung) von 138 Ind./m² in 1999 auf 65 Ind./m² in 2001. In 2002 erfolgte ein Anstieg der Gesamtbesiedlungsdichte auf etwa 93 Ind./m², ein Wert der in 2003 (90 Ind./m²) annähernd konstant blieb und in

2004 mit einem Mittelwert von 209 Ind./m² deutlich anstieg (Abb. 14A). Trotz der z.T. deutlichen Unterschiede waren die gebietsinternen interannuellen Unterschiede nicht signifikant (H-Test $p > 0,1$). Das Ergebnis begründet sich aus den örtlich sehr unterschiedlichen Besiedlungsdichten auf der Klappstelle. 1999 schwankte die Besiedlungsdichte zwischen 25 Ind./m² (Station MK12) und 341 Ind./m² (MK 24), der Median lag bei 115 Ind./m². In 2001 sank die mittlere Besiedlungsdichte zwar deutlich (Abb. 14A), allerdings lagen die meisten Stationswerte über dem lokalen Minimumwert von 1999, so dass mit der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede ermittelt wurden. Ähnliches gilt auch für die Folgejahre mit einer gleichbleibend hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität im Verklappungsbereich. Aus demselben Grund unterscheiden sich auch die in 2004 dokumentierte Individuenzuwachs nicht signifikant von den Vorjahren. So reichte die Besiedlungsamplitude in 2004 von 6,7 Ind./m² (MK25) bis 576 Ind./m² (MK12), der Median lag bei 93 Ind./m². (vgl. auch Kap. 3.3.2.2).

Die Entwicklung der Abundanz der unterschiedlichen Artengruppen verläuft nicht immer gleichsinnig zu derjenigen, die für die Gesamtabundanz dargestellt wurde. Aber auch auf der Betrachtungsebene der einzelnen Taxagruppen ließen sich nur z.T. deutliche interannuelle Veränderungen im Verklappungsbereich verzeichnen. Dieses betrifft insbesondere die Gruppe der Polychaeta, die nach 1999 durch eine kontinuierliche Abnahme ihrer Besiedlungsdichte gekennzeichnet war (s. Abb. 15G). Diese sank von durchschnittlich 53,7 Ind./m² (1999) bis 2003 kontinuierlich, in 2004 stieg die Besiedlungsdichte wieder auf 20 Ind./m². Das in 2003 festgestellte Minimum von 4,3 Ind./m², unterschied sich signifikant von der Ausgangssituation 1999 (Friedmann-Test $p < 0,1$).

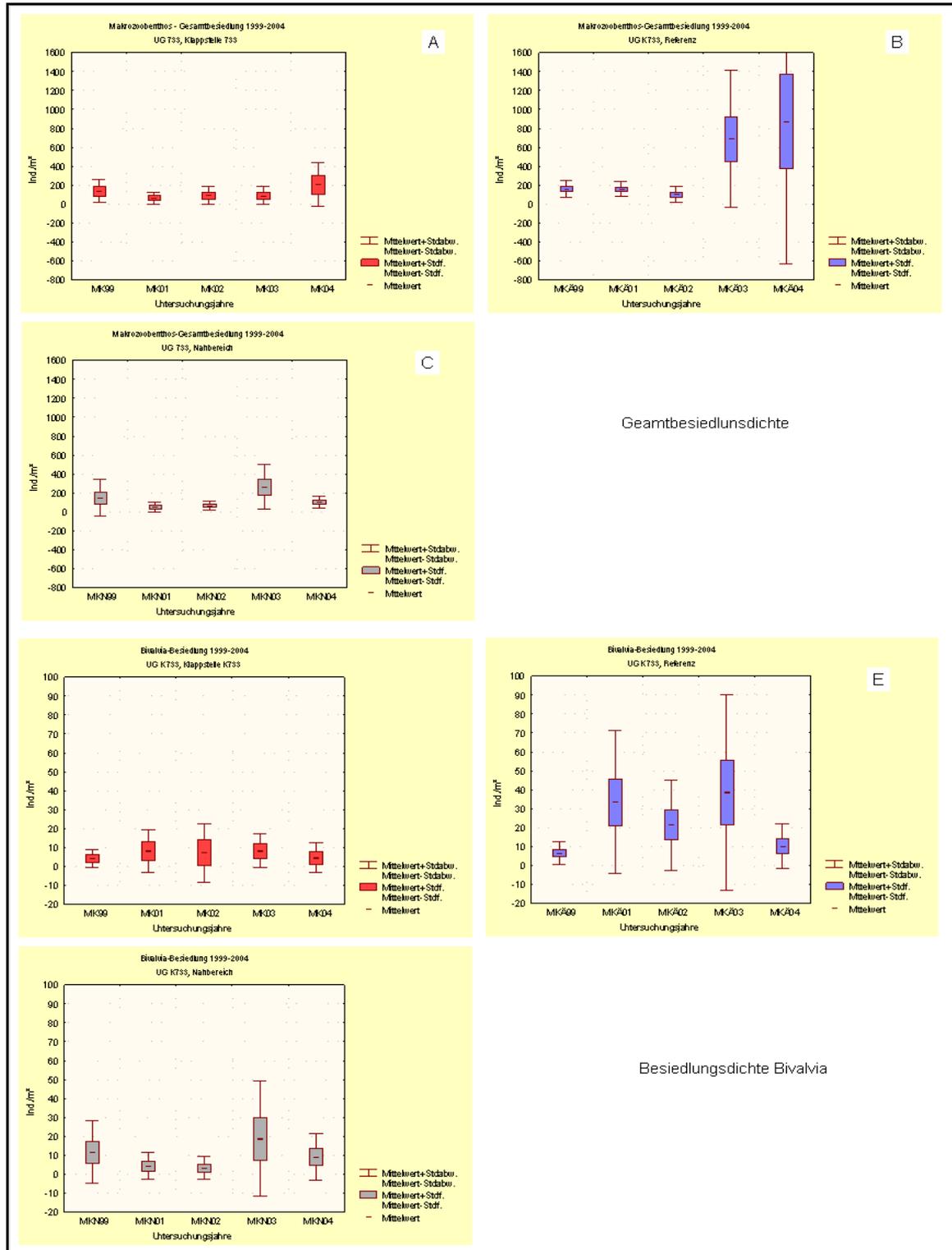


Abb. 14: Box & Whisker – Plots: Interannueller Vergleich der mittleren Individuendichte/Bereich (Ind./m²) Gesamtabundanz (A-C), Bivalvia (D-F), differenziert nach Teilbereichen: MK=Klappstelle (N_{Stationen}=5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N_{Stationen}=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=10). Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Ab 2001 Stationen MKN26 und MKÄ nicht berücksichtigt.

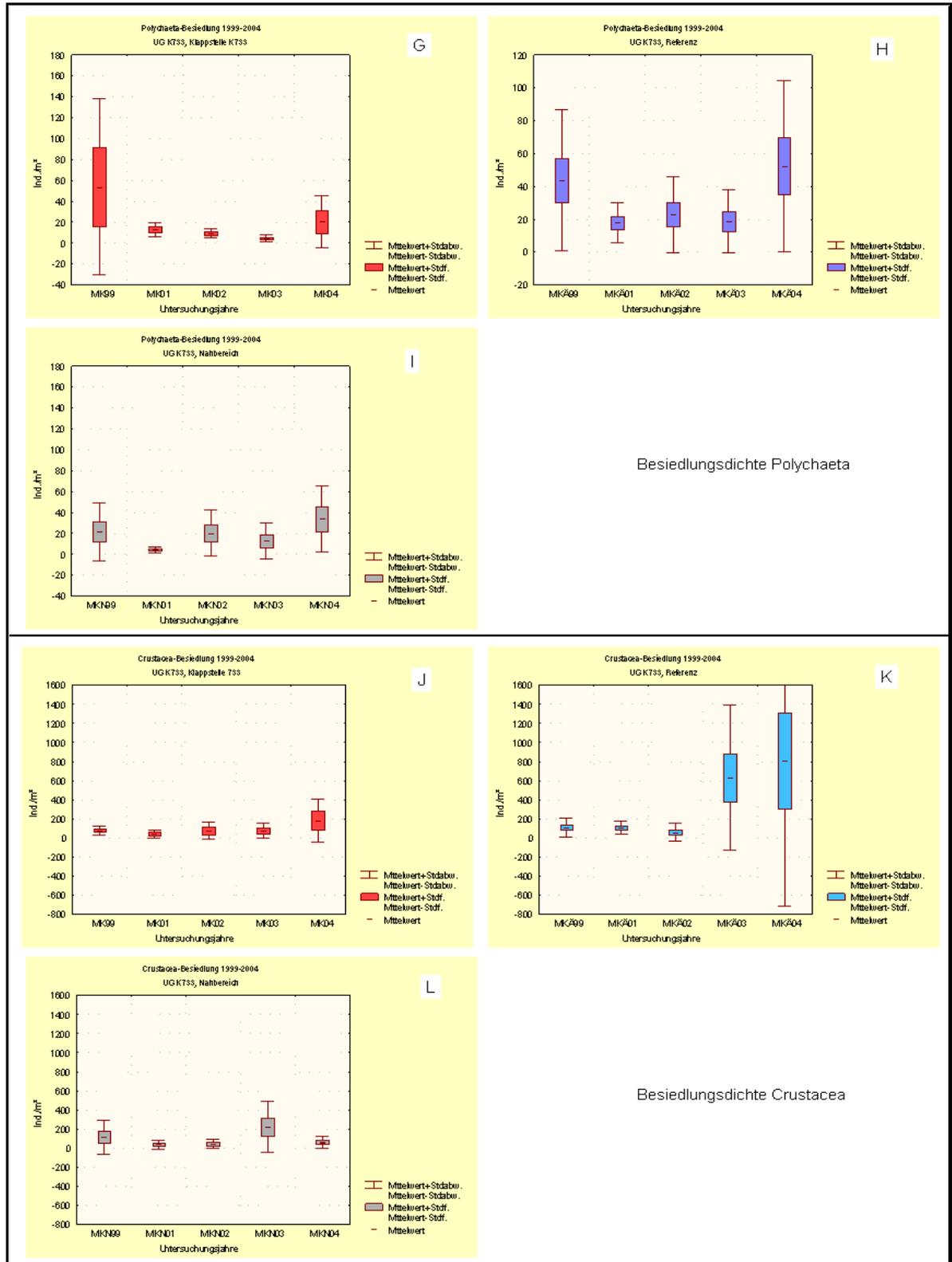


Abb. 15: Box & Whisker – Plots: Interannueller Vergleich der mittleren Individuendichte/Bereich (Ind./m²). Polychaeta (G-I) und Crustacea (J-L) differenziert nach Teilbereichen: MK=Klappstelle (N_{Stationen}=5), MKN= Nahbereich der Klappstelle (N_{Stationen}=7, 1999 N=8), MKÄ= Äußerer Bereich (N_{Stationen}=9, 1999 N=10). Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Ab 2001 Stationen MKN26 und MKÄ nicht berücksichtigt.

Bei den übrigen Taxagruppen Bivalvia und Crustacea waren die interannuellen Besiedlungsunterschiede im Untersuchungszeitraum 1999-2004 zwar z.T. ebenfalls deutlich, aber aufgrund der auch bei diesen Artengruppen starken teilgebietsinternen räumlich Besiedlungsvariabilität waren die interannuellen Unterschiede (Abb. 14D, Abb. 15J) statistisch nicht signifikant (Friedmann-Test $p > 0,1$).

Nahbereich (MKN): Für den Nahbereich MKN konnte ein ähnliches Ergebnis wie für die Klappstelle dokumentiert werden; hier war die Abnahme der Gesamtabundanz ohne Berücksichtigung der ab 2000 vermutlich direkt von Verklappungen betroffenen Station MKN26 (gilt auch für die unten genannten Anzahlen auf der Gruppenebene) von 150 Ind./m² (1999) auf 54 Ind./m² (2001) noch etwas deutlicher ausgeprägt; eine geringe Zunahme auf 67 Ind./m² und eine deutliche Zunahme auf 267 Ind./m² erfolgte in 2002 bzw. 2003, während in 2004 die Besiedlungsdichte mit durchschnittlich 103,6 Ind./m² wieder rückläufig war (Abb. 14C). Die durchgeführte Varianzanalyse ergab einen signifikanten Unterschied bei der Gesamtbesiedlungsdichte zwischen dem geringsten Wert in 2001 und dem bisherigen Besiedlungsmaximum in 2003 (H-Test $p < 0,05$). Die ebenfalls deutliche Abnahme von 1999 auf 2001 wurde durch den H-Test als zufällig ausgewiesen, im Zweistichprobenvergleich waren die Unterschiede zwischen 1999 und 2001 jedoch signifikant (Wilcoxon-Test, $p < 0,1$).

Auf der Betrachtungsebene der Taxagruppen zeigte sich im Gegensatz zu den anderen Teilgebieten in 2001 eine Abnahme der mittleren Muscheldichte von 11,6 Ind./m² auf 7,1 Ind./m²; dieser Trend setzte sich in 2002 fort: die Abundanz von *Macoma balthica* sank auf ca. 3,6 Ind./m², allerdings wurde in 2003 ein deutlicher Anstieg der Muscheldichte (26,7 Ind./m²) verzeichnet, der in 2004 mit 9,3 Ind./m² wieder in etwa dem Ausgangswert von 1999 entsprach (s. Abb. 14F). Die Abnahme der Muscheldichte im Nahbereich der Klappstelle führt auf der Basis einer einfachen Varianzanalyse (erweiterter Mediantest, $p > 0,1$) nicht zu rechnerisch signifikanten Unterschieden zwischen den Jahren.

Analog zu den Bivalvia reduzierte sich die Abundanz der Polychaeten in 2001 von 21 Ind./m² auf 4,1 Ind./m² gegenüber 1999 relativ deutlich. In 2002 stieg die Polychaetendichte an, so dass mit 19,3 Ind./m² wieder das Besiedlungsniveau von 1999 erreicht wurde, welches auch 2003 (13 Ind./m²) in etwa konstant blieb und in 2004 aber vergleichsweise deutlich anstieg (33,8 Ind./m², Abb. 15I). Aufgrund der gebietsinternen hohen Besiedlungsvariabilität waren die festgestellten Unterschiede, z.T. zwar deutlich, zwischen den Jahren allerdings nicht signifikant (erweiterter Median-Test $p > 0,1$). Ein im Zeitraum 1999 –2003 (scheinbar) kontinuierlicher Abnahmetrend der Polychaetenzahlen wie auf der Klappstelle konnte im Nahbereich nicht festgestellt werden.

Die Crustacea zeigten im interannuellen Vergleich insofern ein ähnliches Bild wie die übrigen Artengruppen, als auch bei dieser Taxagruppe ein Individuenrückgang nach 1999 erfolgte (Abb. 15L). So ging die in 1999 ermittelte Besiedlungsdichte von 115 Ind./m² in 2001 auf 41 Ind./m² zurück; ein Wert der sich auch in 2002 nicht wesentlich veränderte (46 Ind./m²). Eine deutliche Erhöhung der Besiedlungsdichte trat in 2003 ein. Im Mittel wurden in diesem Untersuchungsjahr 226 Ind./m² erfasst. Die MKN-Stationen waren bereits 1999 sehr unterschiedlich durch Crustacea besiedelt. So konnten z.B. hohe Individuenzahlen von > 250 Ind./m² eher an Stationen östlich der Klappstelle (MKN17, MKN22) beobachtet werden, während die Stationen westlich der Klappstelle durch sehr geringe Dichten von < 15 Ind./m² gekennzeichnet waren. In den Folgejahren 2001 und 2002 ging die Besiedlungsdichte östlich der Klappstelle an den o.g. Stationen auf < 120 Ind./m²

zwar deutlich zurück, die Werte lagen aber immer noch wesentlich höher als diejenigen, die in 1999 westlich der Klappstelle festgestellt wurden.

Wie hoch die örtliche und Besiedlungsvarianz in diesem Teilgebiet war, zeigt sich daran, dass im Verlauf der Untersuchung einige der westlichen wie z.B. MKN15, in 1999 und 2001 im Hinblick auf die Crustacea unbedeutenden Stationen, in 2002 und v.a. 2003 durch Crustacea aber umfangreich besiedelt wurden. Ein gegenläufiges Ergebnis wurde teilweise für östliche Stationen (z.B. MKN17) dokumentiert. Hier spielten Crustacea anders als noch 1999 und 2001 in 2002-2004 aus quantitativer Sicht keine bedeutsame Rolle mehr. Abb. 16 verdeutlicht beispielhaft diese Besiedlungsdynamik durch die Abundanzentwicklung der Crustacea an den Stationen MKN17 (östlich) und MKN15 (westlich).

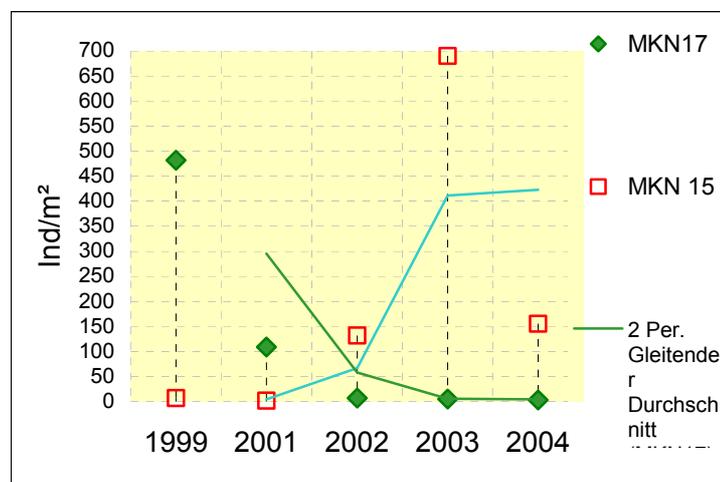


Abb. 16: Interannuelle Entwicklung der Crustaceanzahlen an der östlich der Klappstelle 733 gelegenen Station MKN17 und der westlich der Klappstelle gelegenen Station MKN15.

Aufgrund der hohen räumlichen Besiedlungsvariabilität innerhalb des Teilgebietes MKN, sind die interannuellen Unterschiede wie bei den Polychaeta nicht signifikant (Erweiterter Median-Test $p > 0,1$).

Referenz (MKÄ): Anders als auf der Klappstelle und dem Nahbereich war die Abnahme der MZB-Dichte an den Referenz-Stationen weniger stark (Abb. 14B). Die in 1999 ermittelte mittlere Dichte betrug 162 Ind./m², dieser Wert blieb in 2001 (ohne die ab 2000 von Verklappungen betroffenen Station MKÄ27) gleich (160 Ind./m²). In 2002 sank die Gesamtbesiedlungsdichte auf 103 Ind./m². Ähnlich wie im Nahbereich (MKN) erhöhte sich die mittlere Besiedlungsdichte mit 689 Ind./m² in 2003 gegenüber den Vorjahren sehr deutlich und erreichte dann in 2004 mit 872 Ind./m² den bislang höchsten Wert im gesamten Untersuchungsgebiet (Abb. 14B). Aufgrund der starken Abundanzentwicklung in 2003 und der vergleichsweise geringen Besiedlungsdichte in 2002 ist der Unterschied zwischen 2002 und 2003 signifikant (Erweiterter Median-Test, $p < 0,05$). Trotz der in 2004 noch höheren Individuendichte ergab der Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen 2004 und den Vorjahren, da die hohe mittlere Besiedlungsdichte auf örtlich begrenzte sehr hohe Individuenzahlen zurückzuführen war; andere Stationen waren dagegen vergleichsweise

spärlich besiedelt. Das Minimum wurde in 2004 an Station MKÄ21 (35 Ind./m²) verzeichnet, während die Station MKÄ2 um etwa den Faktor 100 umfangreicher besiedelt war.

Die Taxagruppen zeigten z.T. abweichend von der Gesamtabundanz spezifische Entwicklungen. So erhöhte sich die Besiedlungsdichte der Muscheln (*Bivalvia*) von 6,7 Ind./m² (1999) auf etwa 33 Ind./m² in 2001. Diese vergleichsweise höhere Dichte reduzierte sich in 2002 wieder leicht auf etwa 22 Ind./m² und erreichte in 2003 mit 35 Ind./m² den bislang höchsten registrierten Wert, in 2004 wurden 10,4 Ind./m² erfasst (Abb. 14E). Aufgrund bezüglich der Rahmenbedingungen sehr unterschiedlichen MKÄ-Stationen war die Varianz innerhalb des Gebietes sehr hoch (s.o. Gesamtbesiedlung). So wiesen Muscheln an den Stationen im Bereich des Zehnerlochs (MKÄ 2- MKÄ6) v.a. 2002 - 2004 im Vergleich zu anderen Stationen überwiegend wesentlich höhere Dichten auf. Örtlich wurden Maximalwerte bis zu >150 Ind./m² (MKÄ6 – 2003) erreicht. An anderen Stationen wurden deutlich geringere Anzahlen erfasst oder waren in Ausnahmefällen nicht durch Muscheln besiedelt (MKÄ9 - 2002). Die Varianzanalyse weist für das Referenzgebiet trotz der interannuell variierenden Muschelzahlen aufgrund der ausgeprägten räumlichen Variabilität zwischen den Jahren keine signifikanten Unterschiede aus (Erweiterter Median-Test $p > 0,1$).

Analog zu den anderen Teilgebieten sank auch im Referenzbereich die mittlere Besiedlungsdichte der Polychaeta von 43 Ind./m² (1999) auf 18 Ind./m² (2001). Dieser Wert blieb allerdings anders als im Verklappungsbereich (s.o.) in den Folgejahren mit 23 Ind./m² (2002) und 18 Ind./m² (2003) annähernd konstant. In 2004 stieg die Besiedlungsdichte der Polychaeta recht deutlich und erreichte mit durchschnittlich 52,4 Ind./m² je Station den bislang höchsten Wert (Abb. 15H). Die gebietsinterne räumliche und zeitliche Varianz der Polychaetenbesiedlung führte trotz des in 2004 deutlich höheren Mittelwertes nicht zu signifikanten interannuellen Unterschieden im Referenzbereich (Erweiterter Median-Test $p > 0,1$).

Bei der Gruppe der Crustacea ergab sich ein etwas anderes Bild als bei o.g. Taxagruppen. Während sowohl im Teilgebiet Klappstelle als auch im Nahbereich eine Zunahme der Crustaceanzahlen von 1999 auf 2001 verzeichnet wurde, blieb im Referenzbereich die Besiedlungsdichte in etwa gleich; allerdings erfolgte in 2002 eine deutliche Abnahme. So sank im Teilgebiet MKÄ die mittlere Abundanz von 110 Ind./m² (1999) bzw. 108 Ind./m² (2001) auf 59 Ind./m² in 2002 (Abb. 15K). Im Folgejahr konnte wieder eine starke Zunahme beobachtet werden. Die mittlere Crustaceadichte lag in 2003 mit 632 Ind./m² und in 2004 sogar bei 809 Ind./m² etwa um das 10fache höher als in 2002. Die Zunahme ist insbesondere in 2004 im Wesentlichen auf einzelne sehr hohe Stationswerte zurückzuführen. Die Stationen MKÄ2 (4.285 Ind./m²) und MKÄ19 (2.433 Ind./m²) waren in 2004, anders als 1999-2002, wesentlich umfangreicher besiedelt. Andere Stationen, wie z.B. MKÄ5 (8,3 Ind./m²) wiesen dagegen auch in 2004 eher geringe Crustaceadichten auf (vgl. Abb. 11). Aufgrund der insgesamt hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Crustacea-Abundanzen sind die interannuellen Unterschiede rechnerisch nicht signifikant (Erweiterter Median-Test $p > 0,1$). Die Gründe für die starke Besiedlungsvariabilität der Crustacea (*Bathyporeia*) ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu klären. Hinweise auf wesentliche Änderungen der Sedimentbedingungen, die einen Einfluss auf die Abundanzen der feindsandliebenden *Bathyporeia*-Arten haben könnten, sind nicht offensichtlich (s. Kap. 3.3.1)

3.3.2.4 Transektbetrachtung – Klappstelle

Die Analyse der Wassertiefen und der Sedimentstrukturen hat gezeigt, dass in 2001 gegenüber 1999 auch innerhalb der differenzierten Teilbereiche örtlich deutliche Veränderungen eingetreten sind. Dieses betrifft insbesondere die Wassertiefen auf der Klappstelle selbst. In der Tendenz ist hier ein von Süd nach Nord gerichteter Gradient erkennbar, mit einer höheren Abnahme der Wassertiefe im südlichen Bereich der Klappstelle (und den vor Kopf angrenzenden Bereichen). Die in 2001 festgestellte Situation hat sich in 2002 insofern etwas verändert, als dass keine weitere Erhöhung im südlichen Teil der Klappstelle mehr erfolgte. Somit hat sich das in 2001 gegenüber 1999 festgestellte Süd-Nord-Gefälle, bezogen auf die Ausgangssituation 1999, abgeschwächt. Ähnliches gilt auch für die in 2003 dokumentierte Situation, da im Bereich der Klappstelle keine weitere Aufhöhung gegenüber 2001 und 2002 mehr stattgefunden hat. Auf der Grundlage der Tiefenmessungen an den Benthosstationen ist ab 2003 wohl eher ein Abtrag gegenüber 2002 erfolgt. Dies gilt allerdings nicht für die außerhalb, direkt vor Kopf der Klappstelle befindlichen Stationen MKÄ27 und MKÄ26. An diesen Stationen scheint es in 2003 (*2004 ?, keine plausiblen Daten*) gegenüber 2002 wieder eine Aufhöhung gegeben zu haben. Die Gründe für die ermittelten Ergebnisse stehen sehr wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit der Verlegung der Klappstelle nach Süden (s.o.).

Aufgrund der festgestellten morphologischen Veränderungen im ‚ehemaligen‘ Verklappungsbereich die u.U. mit der Baggergutverbringung in ursächlichem Zusammenhang stehen, ist es sinnvoll, die Benthosentwicklung an den betroffenen Stationen zu betrachten (Abb. 17).

Anders als die auf der Grundlage der Gesamtbetrachtung der Klappstelle zu erkennende eher indifferente Entwicklung, zeigt die Fokussierung auf einzelne Stationen klarere interannuelle Unterschiede. Dies betrifft den südlichen bzw. mittleren Bereich der Klappstelle (MK25, MK24, MK16, MK14) und auch die vor Kopf der Klappstelle (MKÄ27, MKN26) befindlichen Stationen (Abb. 17). An diesen Stationen wurde in 2001 eine starke der Besiedlungsdichte gegenüber der Ausgangssituation von 1999 verzeichnet, während die Station MK12 im nördlichen Bereich der Klappstelle im Vergleich zum Vorjahr sogar höhere Individuendichten aufwies. Der nördliche Bereich der Klappstelle wurde bereits seit Anfang 2000, möglicherweise bereits in 1999 nicht mehr beaufschlagt, so dass der festgestellte Individuenanstieg dort nicht im Widerspruch zu den rückläufigen Besiedlungsdichten an den übrigen Stationen steht. Die Abnahme der Abundanzen an den o.g. Stationen korrelierte mit der in 2001 dokumentierten deutlichen Aufhöhung in diesem Bereich, die vermutlich als Folge der Verklappungen angesehen werden kann (vgl. BIOCONSULT 2002). In 2002 wurde der ursprüngliche Verklappungsbereich, der durch die Stationen MK25-MK12 repräsentiert wird, nicht mehr beaufschlagt. Im Vergleich zu 2001 wurde in 2002 zumindest örtlich wieder eine Zunahme der Besiedlungsdichte dokumentiert. 2003 und 2004 wurde an den von den Verklappungen betroffenen Stationen MKN26 und MKÄ27 wieder eine Zunahme der Besiedlungsdichte verzeichnet. An den Stationen der ehemaligen Klappstelle wurden in 2004 überwiegend Besiedlungszuwächse verzeichnet, so dass das Ausgangsniveau von 1999 erreicht oder sogar überschritten wurde. Eine Ausnahme macht in diesem Zusammenhang die Station MK25, deren Besiedlungsdichte auch 2004 sehr gering blieb. Die spärliche Makrozoobenthosbesiedlung dieser Station ist möglicherweise auf die Sedimentbedingungen zurückzuführen, da diese Station als einzige auch von Grobsanden dominiert wurde, die offenbar eine weniger attraktives Besiedlungssubstrat für die im Untersuchungsgebiet dominierenden Wirbellosen sind.

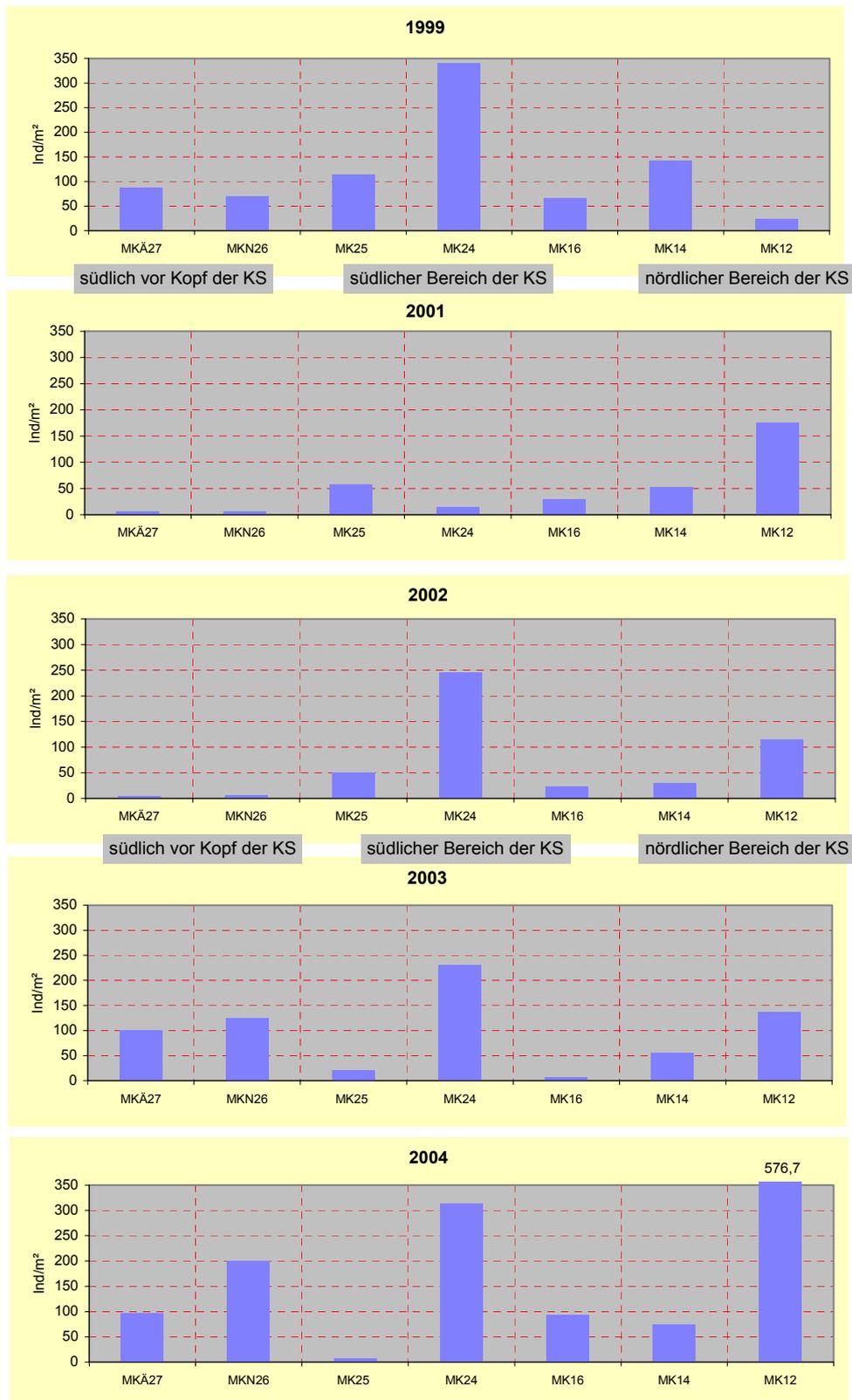


Abb. 17: Interannuelle Entwicklung der Makrozoobenthosdichte an Stationen vor Kopf der Klappstelle K733 sowie an Stationen im Verklappungsbereich. KS = Klappstelle.

3.3.3 Korrelation der Besiedlungsdichte der häufigsten Taxa mit bekannten Umweltvariablen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden einige Umweltparameter parallel zur Zoo-benthos-Beprobung mit erfasst. Zu den wichtigsten Parametern, die die Struktur einer benthischen Gemeinschaft mitbestimmen, gehört die Sedimentbeschaffenheit.

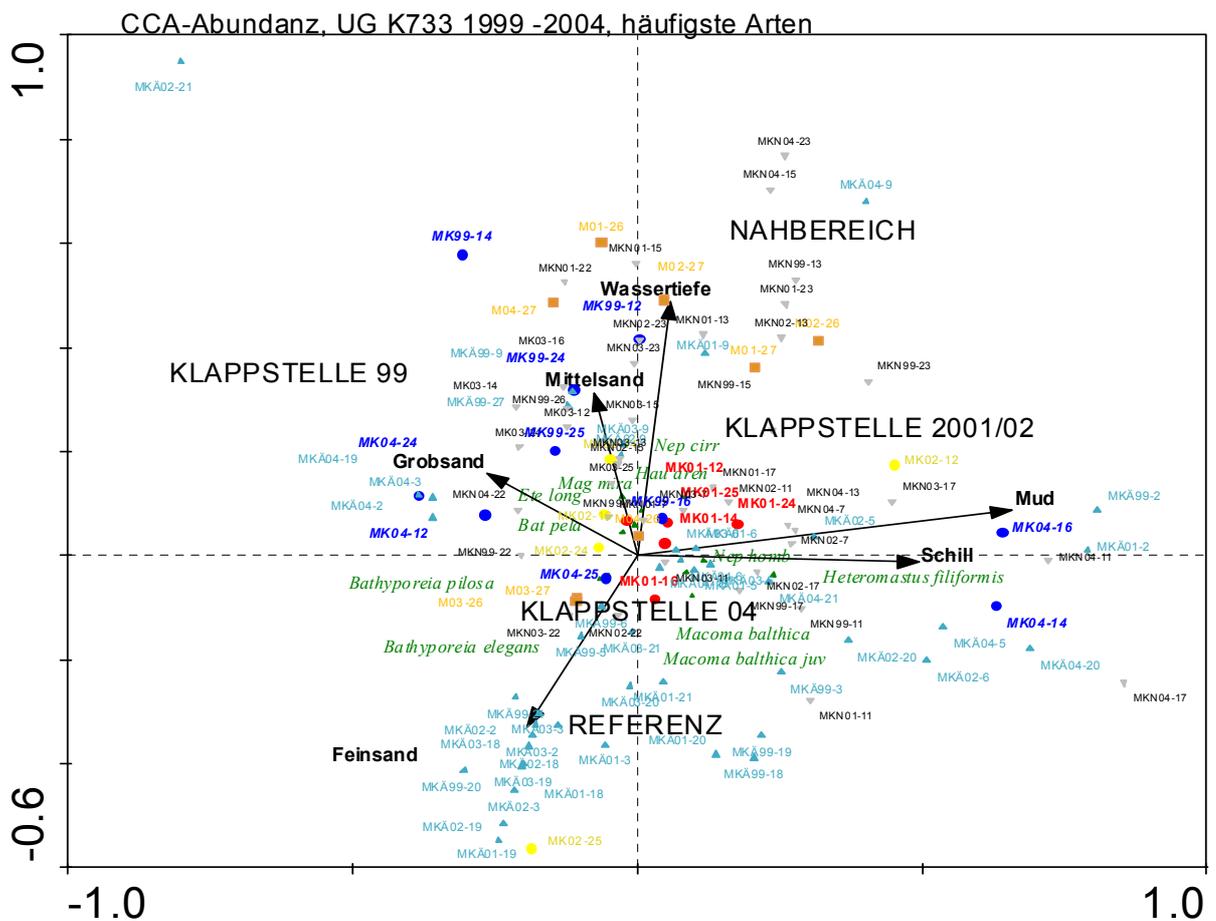


Abb. 18: Ordinationsdiagramm der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) auf Grundlage der Individuendichte (wurzeltransformiert) der häufigsten Benthosarten (1999 – 2004) im Untersuchungsgebiet K733. Rot = Klappstellenstationen (2001) 1999 (blau), (gelb 2002), grau = Stationen im Nahbereich, türkis = Stationen im Äußeren Bereich (Referenz).

Die durchgeführte Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) dient dazu, den möglichen Einfluss der parallel zur faunistischen Probenahme erfassten Umweltparameter auf die Makrozoobenthosgemeinschaften transparent zu machen. Die Analyse wurde auf der Basis der mittleren Abundanzen der häufigsten Arten durchgeführt, bei der Analyse wurden insgesamt 11 Taxa berücksichtigt. Sehr mobile Taxa (Crustacea-Garnelen) und nur in geringer Stetigkeit auftretenden Arten blieben auf-

grund ihrer Fangzufälligkeit dabei unberücksichtigt. Die Position der Taxa in der Ordination ist deren jeweiliges Optima im Gefüge der dargestellten Umweltparameter im vorliegenden Datensatz.

Tab. 8: Ergebnis der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA)

```

**** Summary ****
Axes                               1,0    2,0    3,0    4,0    Total inertia
Eigenvalues                       :    0.090  0.052  0.024  0.011  1255,0
Species-environment correlations :    0.545  0.502  0.410  0.309
Cumulative percentage variance
of species data                   :    7.2    11.3   13.2   14.1
of species-environment relation:    48.0   75.6   88.4   94.5

Sum of all eigenvalues                               1255,0
Sum of all canonical eigenvalues                     0.187
**** Summary of Monte Carlo test ****
Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.090
                                           F-ratio = 8.322
                                           P-value = 0.0020
Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.187
F-ratio = 3.155
P-value = 0.0020

```

Die Ergebnisse der CCA (Abb. 18, Tab. 8) zeigen trotz der insgesamt hohen Besiedlungsvariabilität eine schwach erkennbare Trennung der Teilgebiete Klappstelle (MK) und Referenz (MKÄ) im Hinblick auf die Besiedlungsdichte der Makrozoobenthosarten bzw. im Hinblick auf die jeweiligen Rahmenbedingungen (v.a. Sedimentstrukturen). So gruppieren sich die MKÄ-Stationen/Jahrgänge überwiegend unterhalb der 1. Hauptachse, während sich die MK-Stationen überwiegend oberhalb dieser anordnen. Der Nahbereich (MKN) weist die größte interne Variabilität auf, so dass weder zur Klappstelle noch zur Referenz eine Trennung augenscheinlich ist. Es wird auch eine tendenzielle gebietsinterne interannuelle Trennung der Klappstellenstationen erkennbar. Der Jahrgang 1999 (Istzustand) und z.T. auch der Jahrgang 2004 ordnen sich etwas abseits der Jahrgänge 2001/02. In 2001 (nach umfangreichen Verklappungen) und auch 2002 präsentierten sich die Klappstellenstationen örtlich durch geringe Besiedlungsdichten. Nach 2000/01 erfolgten an den MK-Stationen dann keine Verklappungen mehr (s. Kap. 3.1).

Alle Teilgebiete wiesen zwar - wie in Kap. 4.2.1 gezeigt - vergleichbare Sedimentstrukturen auf, dennoch werden in der CCA sowohl auf der Raum- als auch auf der Zeitskala Unterschiede erkennbar. Bei einer gewissen Variabilität waren die MKÄ-Stationen eher durch feinsandige Sedimente, örtlich auch durch Schlick (Mud) geprägt, während die Klappstelle einen höheren Anteil von Mittel- und örtlich auch Grobsanden aufwies. Ähnliches gilt für den Parameter Wassertiefe. Die Referenzstationen (MKÄ) waren aufgrund ihrer Positionierung durch sehr unterschiedliche Wassertiefen gekennzeichnet, während die Klappstelle und die meisten der Nahbereich-Stationen in tieferen Bereichen lagen. Eine höhere Anzahl von MKÄ-Stationen befand sich dagegen in vergleichsweise flachen Bereichen. Die Pfeilrichtung der Umweltvariablen verdeutlicht dieses Ergebnis. Die Makrozoobenthosarten ordnen sich in der z.T. Nähe des Ursprungs der Ordination an, d.h. eine sehr deutliche Zuordnung zu einer Stationsgruppe bzw. zu einem Sedimenttyp liegt nicht vor. Andere Taxa verdeutlichen mit ihrer Position in der Ordination eine gewisse Korrelation mit den Umweltvariablen, so sind z.B. Arten wie *Bathyporeia pilosa* oder *B. elegans* eher an feinsandigen Standorten anzutreffen, während Polychaeten wie *Heteromastus filiformis* eher an schlickigeren Stationen

auftraten. Die Muschel *M. balthica* zeigt eine indifferente Sedimentpräferenz ist aber eher an den feinkörnigeren, flacheren Standorten angetroffen worden.

Die Sedimenttypen Grobsand, Schlick, Schill sowie auch der Faktor Wassertiefe (P-value <0,005, Monte Carlo Test) trugen zur Strukturierung des Datensatz signifikant bei. Die Besiedlungsvarianz im Hinblick auf die Umweltvariablen wird durch die ersten beiden Hauptachsen zu 75,6% ($p < 0,005$) bei allerdings insgesamt geringen *eigenvalue*-Werten der Achsen (Maß für die Bedeutung der Achsen) gut erklärt (Tab. 8).

Auf der Basis der bekannten Umweltvariablen wurde mittels einer Korrelationsanalyse (SPEARMAN RANGKORRELATION) untersucht, ob auf der Basis des zugrundeliegenden Datensatzes ein Zusammenhang zwischen Individuendichte und Umweltvariablen auf Artebene unabhängig vom jeweiligen Untersuchungsbereich erkennbar werden. Die Korrelationsanalyse zeigt, dass einige der berücksichtigten Arten positiv oder negativ mit einem bestimmten Sedimenttyp korreliert sind. Die meisten der Arten waren in Bereichen mit höheren Feinsandanteilen häufiger als in solchen mit gröberen Sedimenten. Dies gilt v.a. für die Crustacea der Gattung *Bathyporeia*, mit Ausnahme von *B. pelagica*, die auch in Bereichen mit z.T. höheren Grobsandanteilen erfasst wurde. I.d.R. nahmen aber die *Bathyporeia*-Anzahlen bei zunehmenden Mittel- und Grobsandanteilen ab. Auch die Muschel *Macoma balthica* bevorzugt feinkörnige Standorte; ihre Besiedlungsdichte korreliert positiv mit Feinsand und Schlick, während Bereiche mit gröberen Sanden oder Schill eher gemieden wurden (s. Tab. 9). Lediglich der Polychaet *Nephtys cirrosa* wies bei höheren Mittelsandanteilen sein Abundanzmaxima auf, während der Polychaet *Magelona mirabilis* auch grobsandigere Standorte umfangreicher besiedelte.

Die Ergebnisse der CCA und der Korrelationsanalyse machen deutlich, dass Besiedlungsunterschiede zwischen einzelnen Stationen oder auch Zeitpunkten aufgrund unterschiedlicher Sedimentbedingungen auftreten können. Das zeigt sich an der positiven oder negativen Korrelation von Artenhäufigkeiten in Zusammenhang mit einem bestimmten Sedimenttyp (Tab. 9). Ein solches Ergebnis bedeutet allerdings noch nicht zwangsläufig, dass die im Rahmen der vorliegenden Arbeit festgestellten Besiedlungsunterschiede zwischen den Teilgebieten Klappstelle, Nahbereich und Referenz auf deren spezifische Sedimentbedingungen zurückgeführt werden können. Das die ortsspezifischen Sedimentbedingungen nicht der alleinige Faktor waren, der für die Besiedlungsunterschiede zwischen den Teilgebieten verantwortlich war, wird zum einen dadurch ersichtlich, dass sich die Teilgebiete nicht grundsätzlich in ihren Sedimentbedingungen von einander unterscheiden (s. Kap. 3.3.1) und zum anderen, bezogen auf die CCA-Ordination dadurch, dass sich der größere Teil der im gesamten UG häufigeren Arten in der Ordination weitgehend indifferent positionierte; sichtbar durch ihre Anordnung nahe des Nullpunktes der Ordinationsdiagramme (Abb. 18). Bei einigen anderen Arten könnten die Rahmenbedingungen im Hinblick auf ihre Besiedlungsdichte von Bedeutung gewesen sein. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang sicherlich die flacheren und z.T. schlickreicheren Referenzstandorte in der Nähe des Zehnerlochs. Hier waren feinkornliebende Arten präsent wie u.a. der Polychaet *Heteromastus filiformis*, die vermutlich den zumindest örtlich eher grobkörnigeren Klappstellenbereich, unabhängig vom Wirkfaktor ‚Verklappen‘, nicht umfangreich besiedeln würden.

Tab. 9: Korrelationsanalyse: Abhängigkeit von MZB-Spezies und Umweltvariable (positive Abhängigkeit blau markiert; negative Abhängigkeit rot markiert, $p < 0,05$). Datensatz K733, Außenelbe 1999 – 2004, die 13 häufigsten Taxa.

Sedimenttyp		Feinsand	Grobsand	Mittelsand	Schlick (Mud)	Schill	Wassertiefe
TAXA	TAXAGRUPPE						
Korrelationskoeffizient		0,29242	-0,11846	-0,2854	-0,07305	-0,44629	-0,28065
Bathyporeia pilosa	Crustacea	115	115	115	115	115	114
Einseitige Signifikanz		7,59E-04	1,04E-01	9,95E-04	0,21889	2,88E-07	1,24E-03
		0,2817	-0,06979	-0,27986	-0,10908	-0,40235	-0,24071
Bat elegans	Crustacea	115	115	115	115	115	114
		1,14E-03	0,22927	0,00122	0,12292	4,15E-06	0,00494
		0,09619	-0,1458	-0,43924	0,21101	-0,34592	-0,33062
Macoma balthica	Bivalvia	115	115	115	115	115	114
		0,15324	6,00E-02	4,53E-07	1,18E-02	7,63E-05	1,64E-04
		-0,05889	0,20371	-0,19639	0,01539	-0,14895	-0,0818
Bat pelagica	Crustacea	115	115	115	115	115	114
		0,2659	0,01449	0,0177	0,43515	0,05605	0,19344
		0,09598	0,02599	-0,12271	-0,04456	-0,15911	0,03087
Haustorius arenarius	Crustacea	115	115	115	115	115	114
		1,54E-01	0,39135	0,09569	0,31814	0,0447	0,37217
		-0,20314	-0,0243	-0,18058	0,4297	-0,0139	-0,27726
Heteromastus filiformis	Polychaeta	115	115	115	115	115	114
		0,01472	0,39826	0,02672	8,24E-07	0,44135	0,00141
		0,25472	-0,33705	-0,12842	0,01255	-0,18149	0,09
Eteone longa	Polychaeta	115	115	115	115	115	114
		0,003	1,15E-04	0,08567	0,44704	0,02611	0,17045
		-0,05745	0,00461	-0,16334	0,07501	-0,1892	-0,0904
Magelona mirabilis	Polychaeta	115	115	115	115	115	114
		0,27095	0,48047	0,04055	0,2128	0,02142	0,16937
		0,17367	-0,27377	-0,10761	0,16012	-0,07919	-0,00522
Macoma balthica juv	Bivalvia	115	115	115	115	115	114
		0,0317	0,00153	0,12614	0,04368	0,20008	0,47798
		-0,0349	0,01743	-0,25083	0,21858	-0,09576	-0,26402
Nephtys hombergii	Polychaeta	115	115	115	115	115	114
		0,35555	0,42664	0,00342	0,00946	0,15431	0,00226
		0,05275	-0,07876	-0,19032	0,09329	-0,06173	-0,14598
Corophium volutator	Crustacea	115	115	115	115	115	114
		0,28774	0,20137	0,0208	1,61E-01	0,2561	0,06059
		0,02504	-0,02285	-0,08261	0,0938	0,0039	-0,06713
Gammarus salinus	Crustacea	115	115	115	115	115	114
		0,39522	0,40422	0,19002	0,15934	0,48346	0,23894
		-0,13999	0,18661	0,21052	-0,02822	0,25806	0,11487
Nep cirrosa	Polychaeta	115	115	115	115	115	114
		0,06781	0,02291	0,01196	0,38229	0,00268	0,1118
		-0,51807	0,68573	-0,27947	-0,01283	0,32454	-0,54937
Neph juv		115	115	115	115	115	114
		1,52E-09	1,39E-17	0,00124	0,44586	2,01E-04	1,23E-10

3.3.4 Bestandsstruktur *Macoma balthica*

Veränderungen in der Populationsstruktur einzelner Arten können Hinweise auf Störungen durch die Verklappung von Baggergut sein. In diesem Zusammenhang kann das Verhältnis von juvenilen zu adulten Tieren, gerade bei langlebigen Arten wie z.B. Muscheln als Indikator gelten. So kann ein erhöhter Anteil juveniler Tiere auf Störungen hinweisen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung soll die Bestandsstruktur der Muschel *Macoma balthica* betrachtet werden. Dies erfolgt zum einen, da für andere Makrozoobenthosarten im Hinblick auf deren Bestandsstruktur keine ausreichende Datenbasis vorhanden ist. Zum anderen aber auch, weil es sich bei *M. balthica* um eine langlebigere Art handelt, an der sich mögliche Wirkungen der Verklappungen u.U. deutlicher zeigen als an kurzlebigen Arten.

Insgesamt (Daten aus: 1999, 2001, 2002, 2003, 2004 alle Teilgebiete) wurden für die Betrachtung ca. 960 Tiere ausgewertet. Als juvenil wurden Tiere mit einer Schalenlänge <5mm definiert, die noch nicht die Geschlechtsreife erreicht haben. Größere Exemplare, d.h. geschlechtsreife Tiere unterschiedlicher Größe bzw. Alters wurden zur Gruppe der ‚adulten‘ Tiere zusammengefasst. Eine weitere Differenzierung nach Altersklassen bzw. Schalenlänge war aufgrund der insgesamt nur begrenzten Individuenzahlen nicht sinnvoll. Die Bestandsstrukturen wurden räumlich (Entwicklung in den Teilgebieten) und interannuell auf Stationsebene verglichen.

Es ist auch in ungestörten Populationen möglich, dass zu bestimmten Rekrutierungsphasen der Anteil juveniler Muscheln sehr hoch sein kann und die Gemeinschaft dann von juvenilen Stadien dominiert wird. In diesem Fall bleibt aber die Dichte adulter Muscheln konstant bzw. zeigt möglicherweise eine Zunahme gegenüber dem Vorjahr, da davon auszugehen ist, dass ein Teil der Vorjahres-Generation sich erfolgreich etablieren kann. Aufgrund i.d.R. phasenweise hoher Anzahlen juveniler Tiere wird so, trotz einer absoluten Zunahme, der Anteil adulter Muscheln rechnerisch aber geringer. Die Analyse muss deshalb die Relation zum adulten Muschelbestand berücksichtigen.

In BIOCONSULT (2003) wurde die Bestandsentwicklung der Muscheln von 1999–2002 ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten, dass 1999 in allen Teilbereichen der Anteil adulter Muscheln höher war als der von den juvenilen Tieren. So war das Verhältnis an den Stationen der Klappstelle (Mittelwerte aus 6 Greifern) etwa 2,8:1 ($r^2=0,74$), im Nahbereich betrug das Verhältnis 2,5:1 ($r^2=0,87$) und im Außenbereich etwa 2,3:1; allerdings war in letzterem Bereich der Zusammenhang nicht eindeutig, das Bestimmtheitsmaß ist dementsprechend sehr gering ($r^2=0,1$). In 2001 war die Situation erheblich anders. Das Verhältnis von juvenilen und adulten Tieren verkehrte sich zu Gunsten des Anteils juveniler Exemplare. Auf der Klappstelle lag das Verhältnis in 2001 bei 1:3 ($r^2=0,7$), im Nahbereich sogar bei 1:5, jedoch bei einem sehr niedrigen Bestimmtheitsmaß ($r^2=0,11$). Lediglich im Außenbereich veränderte sich das Verhältnis mit 1:1,3 ($r^2=0,77$) nicht so deutlich wie in den übrigen Bereichen. In 2002 änderte sich das Verhältnis erneut, insbesondere im Verklappungsbereich und im Bereich MKN überwog wieder die Anzahl der Muscheln >0,5 cm, so dass das Verhältnis anders als 2001 von adulten zu juvenilen Muscheln bei 1,7:1 ($r^2=0,99$) bzw. 1,8:1 ($r^2=0,95$) lag. Die Umkehrung der Häufigkeitsverhältnisse resultiert aus einer deutlich geringeren Anzahl juveniler Tiere bei in etwa gleichbleibender Anzahl adulter Muscheln. Tendenziell ist das Ergebnis für die äußeren Stationen (MKÄ) ähnlich. Auch in diesem Bereich nahm der Anteil der ‚adulten‘ Muscheln zu. Das Verhältnis ist hier bei 1:1,1 ($r^2=0,92$) ausgeglichen. Das Ergebnis war

ebenfalls v.a. auf einen Rückgang juveniler Exemplare bei einer mehr oder weniger konstanten Dichte größerer *M. balthica* zurückzuführen. Der Rückgang juveniler ist allerdings nicht so stark wie in den beiden anderen Teilbereichen. In 2003 blieb die Anzahl von Muscheln >0,5 cm gegenüber dem Vorjahr in den Teilgebieten MKÄ und MKN nahezu gleich bzw. erhöhte sich leicht. Allerdings wurde ein deutlicher Zuwachs an juvenilen Muscheln verzeichnet, so dass das Verhältnis zwischen adulten zu juvenilen Muscheln in 2003 zu Gunsten der Juvenilen ausfiel. Im Referenzbereich lag das Verhältnis bei 1:1,4 und im Nahbereich bei 1:2,25. Auf der Klappstelle selbst erfolgte in 2003 eine leichte Abnahme adulter, bei einer gleichzeitig leichten Zunahme juveniler Muscheln, so dass das Verhältnis mit 1:2,6 anders als in den Teilgebieten MK und MKÄ deutlicher zugunsten juveniler Muscheln ausfiel.

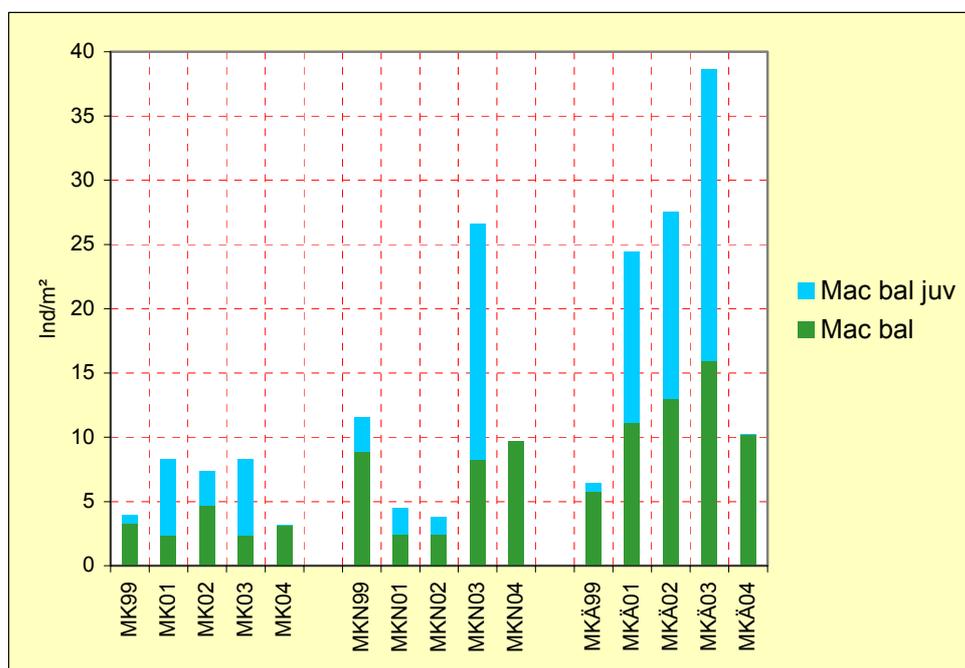


Abb. 19: Anzahlen (Mittelwert/Station) größerer (>0,5 cm) und kleinerer (<0,5 cm) Muscheln (*Macoma balthica*) im Untersuchungsgebiet K733 in der Außenelbe. MK = Klappstelle, MKN = Nahbereich der Klappstelle, MKÄ = Äußere Stationen (Referenz), Daten 1999, 2001, 2002 und 2003.

Die in 2004 ermittelten Daten zeigen, dass Unterschiede im Hinblick auf der Anzahlen größerer Muscheln (wie in den Vorjahren ausschließlich *Macoma balthica*) im Vergleich zu den Vorjahren nicht sehr ausgeprägt waren. Auffällig war in 2004 das nahezu ausschließliche Fehlen juveniler Muscheln. Lediglich örtlich (MK24, MKÄ5) wurden Einzelexemplare erfasst. Die Gründe für das Fehlen juveniler Tiere, die in den Vorjahren z.T. in hohen Anzahlen dokumentiert wurden, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht zu klären, denkbar ist ein in 2004 u.U. späterer Rekrutierungszeitpunkt. Abb. 19 zeigt eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungsjahre 1999-2004.

Hinweise auf mögliche bestehende Verklappungswirkungen sind auf der Basis der Altersstruktur in Folge der sehr großen interannuellen und räumlichen Variabilität (v.a. bei Ansiedlung der Muschel-

larven) nicht zu identifizieren. Auffällig sind aber die unterschiedlichen Muscheldichten (sowohl Juvenile als auch Adulte) v.a. zwischen Klappstelle und Referenz. Mittels einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) sollen die teilgebietsinterne Besiedlungsvariabilität und die Unterschiede zwischen den Teilgebieten im Hinblick auf die *M. balthica*- Abundanzen verdeutlicht werden.

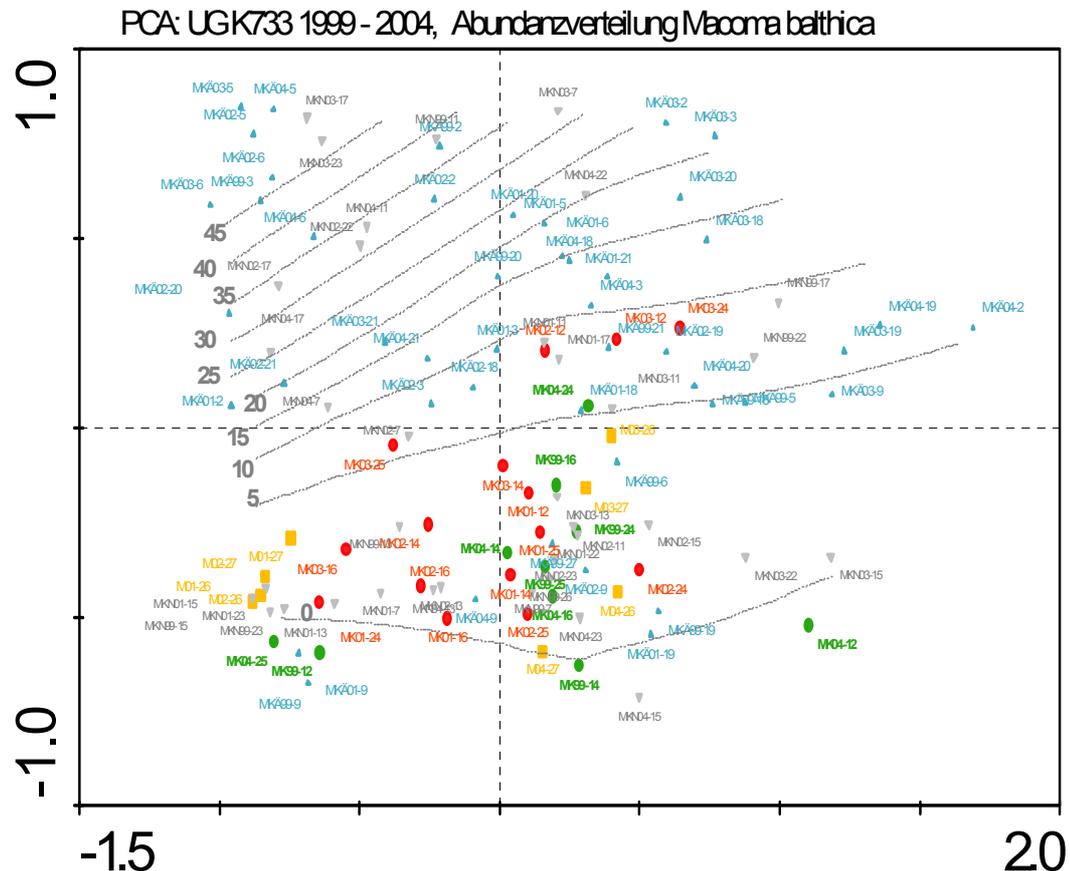


Abb. 20: Hauptkomponentenanalyse (PCA) auf der Grundlage der Makrozoobenthos-Individuendichte (1999 – 2004) im Untersuchungsgebiet K733, fokussiert auf die Abundanzverteilung der Muschel *Macoma balthica*. Rot = Klappstellenstationen 2001-2003, Grün: Klappstelle 1999 und 2004, schwarz = Stationen im Nahbereich, blau = Stationen im Äußeren Bereich (Referenz). Orange: Stationen MKN26 und MKÄ27, die nach 2000 im Verklappungsbereich lagen

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt, dass im gesamten Untersuchungszeitraum die Stationen der Klappstelle überwiegend durch geringe Muschelanzahlen gekennzeichnet waren. Die Referenz wies räumlich und zeitlich eine relativ hohe interne Variabilität auf, dennoch werden klare Unterschiede zur Klappstelle ersichtlich, die aber größtenteils allerdings bereits 1999 vor den Verklappungen vorhanden waren. Der größte Teil der MKÄ-Stationen bzw. Jahrgänge war u.a. durch im Vergleich zur Klappstelle (MK) durch höhere Muscheldichten gekennzeichnet. Das Teilgebiet MKN wies im Hinblick auf die Muschelbesiedlung, ähnlich wie die Referenz, eine hohe interne Variabilität auf. So ordnen sich etwa gleich viele Stationen und Jahrgänge unterhalb der 1. Hauptachse zur Klappstelle und oberhalb zur Referenz.

Ein Zusammenhang mit den bis 2001 auf MK erfolgten Verklappungen ist auf der Basis der *M. balthica*-Besiedlung nicht klar zu erkennen. Einerseits weil der Klappstellenbereich schon 1999 vergleichsweise durch *Macoma* besiedelt war und nach den Verklappungen kein weiterer Rückgang verzeichnet wurde. Andererseits nahm die Muscheldichte auch 2-3 Jahre nach Beendigung der Verklappungen nicht deutlich zu. Die Befunde können durch verschiedenen Faktoren beeinflusst bzw. hervorgerufen sein:

- Es ist möglich, dass das Ergebnis aufgrund natürlicher abiotischer Rahmenbedingungen mit beeinflusst war. So traten auch im Referenzbereich Muscheln an Stationen, die in vergleichbaren Tiefen wie die Klappstelle positioniert waren, z.T. in ähnlich geringen Individuendichten auf. Dies könnte u.U. auf einen entsprechenden Tiefengradienten in der Besiedlungsdichte von *M. balthica* hindeuten. Ein Hinweis hierauf lässt aus den Ergebnisse der Korrelationsanalyse ableiten. Das Ergebnis der Analyse wies eine Signifikanz zwischen höheren *M. balthica*-Abundanzen und geringerer Wassertiefe aus (vgl. Tab. 9), möglicherweise ist dies aber auch nur eine Scheinkorrelation weil die flacheren Bereiche durch eher feinkörnigere Sedimente dominiert wurden (s.u.)
- Ein weiterer Umweltfaktor, der die Unterschiede zwischen Klappstelle und Referenz mitbedingt haben könnte, ist der Feinkornanteil an den Stationen. V.a. die Referenzstationen in der Nähe des Zehnerloches, die vergleichsweise hohe Muscheldichten aufwiesen, waren örtlich durch höhere Schlickanteile geprägt. Schlick war an den meisten Klappstellenstationen von untergeordneter Bedeutung. Sowohl die CCA und auch die Korrelationsanalyse wiesen Schlick als signifikant bedeutsamen Umweltfaktor aus. Die Korrelationsanalyse zeigte aber auch die signifikante Bedeutung von hohen Feinsandanteilen für die Präsenz von *M. balthica* (vgl. Tab. 9). Im Hinblick auf diesen Sedimentparameter wurden zwischen Referenz und Klappstelle dagegen geringere Unterschiede verzeichnet.

3.4 Zusammenfassende Diskussion Klappstelle und Umgebung km 733-736,5

Räumlicher Vergleich der Teilgebiete

Der erste Vergleich der Daten des Jahres 2001 mit denen des Jahres 1999 hat gezeigt, dass sich trotz z.T. unterschiedlicher Rahmenbedingungen, wie lokalen Sedimentbesonderheiten oder z.T. auch erheblich unterschiedlichen Wassertiefen, die MZB-Gemeinschaften der Teilgebiete in ihrer Zusammensetzung in relativ hohem Maße ähneln. In allen Teilgebieten waren Amphipoden der Gattung *Bathyporeia* die dominierende Artengruppe. Neben weiteren Crustacea (*Haustorius arenarius*) gehörte auch die Muschel *Macoma balthica* zu den jeweils individuenreicheren Arten.

Trotz der sehr ähnlichen Gemeinschaftsstrukturen waren in 2001 jedoch deutliche Unterschiede zwischen den Bereichen erkennbar. So war die Gesamtartenzahl auf der Klappstelle (MK) am geringsten; nur geringfügig höher war diejenige der Stationen im Nahbereich der Klappstelle (MKN). Deutlich umfangreicher war das Artenspektrum an den weiter von der Klappstelle entfernt befindlichen Stationen (MKÄ = Referenz). Als Ursachen wurden neben möglichen Wirkungen der Verklappungen v.a. die dort deutlich höhere Anzahl der Stationen und das Vorhandensein einzelner schlickdominierter Standorte, u.U. auch unterschiedliche Wassertiefen mit einer entsprechenden

Fauna (z.B. *Corophium volutator*, *Heteromastus filiformis*) vermutet. Neben der Gesamtartenzahl war auch die mittlere Artenzahl/Station unterschiedlich. So lag dieser Wert auf der Klappstelle sowie im Nahbereich der Klappstelle deutlich niedriger als im Referenzgebiet. Dieses Ergebnis war, anders als der Aspekt Gesamtartenzahl, nicht auf die unterschiedliche Stationenzahl zurückzuführen. Neben der mittleren Artenzahl/Station wurden auch im Hinblick auf die Besiedlungsdichte analog Befunde ermittelt. In den Folgejahren wurde der Verklappungsbereich nicht mehr für die Verbringung von Baggergut genutzt.

In 2002 traten einige Veränderungen gegenüber 2001 ein: die mittleren Taxazahlen/Station glichen sich aufgrund einer Erhöhung auf der (ehemaligen) Klappstelle und im Nahbereich zwischen allen Teilgebieten an, so dass bezüglich dieses Parameters keine deutlichen oder signifikanten Unterschiede zu verzeichnen waren. Die Stationen im Nahbereich wiesen in 2002 die höchsten Taxazahlen/Station auf. Die Gesamtbesiedlungsdichte der Makrozoobenthosgemeinschaft stieg im ehemaligen Klappstellenbereich, so dass die in 2001 dokumentierten Unterschiede zwischen Klappstelle und äußeren Stationen insgesamt geringer wurden. Das Ergebnis resultiert aus den im MK-Bereich deutlich höheren Crustacea-Abundanzen, die in 2002 im Vergleich der Teilbereiche auf der Klappstelle die höchsten Werte erreichten. Bei den anderen Taxagruppen Bivalvia und Polychaeta war die Besiedlungsdichte im Verklappungsbereich nach wie vor deutlich geringer. Die Stationen im Nahbereich der Klappstelle wiesen teilweise geringere Kennwerte auf als die Klappstelle. Die Veränderung der Besiedlungskennwerte auf der ehemaligen Klappstelle ist als (beginnende) Regeneration der Benthosgemeinschaft anzusehen.

In 2003 erfolgten im Hinblick auf ihre Makrozoobenthosbesiedlung allerdings erneut Veränderungen in den drei untersuchten Teilgebieten. Im Referenzbereich wurde im Vergleich zu den beiden anderen Teilgebieten die höchste Taxazahl/Station festgestellt, auf der Klappstelle die niedrigste. Ein analoges Ergebnis zeigte sich für den Parameter Besiedlungsdichte. Dies betraf alle Taxagruppen, insbesondere aber die Bivalvia und die Polychaeta. Die Referenz wies in 2003 v.a. im Vergleich zur Klappstelle deutliche, z.T. signifikant höhere Makrozoobenthosdichten auf. Die MKN-Stationen nahmen eine Mittelstellung ein, sie waren weniger umfangreich besiedelt als die Referenz, wiesen aber im Vergleich zur Klappstelle höhere Werte auf. Diese Befunde sind allerdings weniger auf gegenüber 2002 rückläufige Kennwerte auf der Klappstelle zurückzuführen, sondern vielmehr auf deutliche Bestandszunahmen in den beiden anderen Teilgebieten. In Anbetracht der Befunde blieb zu diesem Zeitpunkt noch fraglich, ob die Unterschiede die ‚normale‘ Besiedlungsvariabilität im Untersuchungsgebiet widerspiegelt, oder ob der Regenerationsprozess noch nicht abgeschlossen war.

In 2004 wurde die Unterschiede zwischen der ehemaligen Klappstelle und der Referenz geringer, signifikante Unterschiede zwischen den Besiedlungskennwerten beider Teilgebiete wie sie v.a. in 2001 zu verzeichnen waren, wurden in 2004 nicht mehr festgestellt. Insgesamt nahm die Artenvielfalt sowohl auf der Klappstelle und aber auch im Referenzbereich gegenüber den Vorjahren deutlich zu, allerdings ohne eine grundsätzliche Änderung der Gemeinschaftsstrukturen hervorgerufen. Alle Gebiete wurden auch in 2004 nach wie vor von Crustacea dominiert. Die räumlichen Vergleiche zwischen den Teilgebieten und die gebietsinterne sehr hohe Besiedlungsvariabilität lassen in 2004 keine Hinweise auf noch bestehende Verklappungswirkungen im Bereich der ehemaligen Klappstelle erkennen.

Interannuelle Entwicklung der Teilgebiete

Klappstelle (MK): Nach 1999 wurde in 2001, also im ersten Untersuchungsjahr nach Abschluss der Neubauarbeiten, eine Abnahme der Besiedlungskennwerte auf der Klappstelle verzeichnet. Das betraf sowohl die Taxazahl als auch die Gesamtbesiedlungsdichte bzw. die der einzelnen Taxagruppen. Die Polychaeten wiesen im Vergleich zu den Bivalvia und Crustacea den deutlichsten Abundanzrückgang auf. In 2002 setzten sich diese Entwicklungen nicht fort, sondern es erfolgte im Hinblick auf Taxazahl und Gesamtabundanz wieder eine geringe Zunahme gegenüber 2001. Die Polychaeta bildeten eine Ausnahme, deren Besiedlungsdichte war auch in 2002 weiter rückläufig. Bei in etwa gleichbleibenden Kennwerten (tendenziell allerdings geringe Abnahme bei der Taxazahl, Polychaetaabundanz) traten in 2003 keine deutlichen Veränderungen gegenüber 2002 mehr ein. Die Kennwerte lagen aber auch in 2003 noch unter dem Ausgangsniveau von 1999. In 2004 änderte sich die Situation auf der ehemaligen Klappstelle, alle Besiedlungskennwerte entsprachen weitgehend der Ausgangssituation in 1999. Aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen bereichsinternen Variabilität, waren auch die z.T. deutlichen interannuellen Veränderungen der Kennwerte im Verklappungsbereich allerdings nicht signifikant.

MKN (Nahbereich): Analog zur Klappstelle erfolgte auch im Nahbereich Abnahme der Taxazahlen und der Besiedlungsdichte der Makrozoobenthosgemeinschaft, die sogar deutlicher war als im Verklappungsbereich. In 2002 traten gegenüber 2001 nur geringe Veränderungen ein. Es konnten jedoch wieder leichte Zunahmen bei der Taxazahl und der Polychaeta-Abundanz verzeichnet werden. In 2003 wurden z.T. deutliche Veränderungen gegenüber den Vorjahren dokumentiert. So waren die MKN-Stationen in 2003 arten- und individuenreicher als 2001 und 2002. Die höhere Besiedlungsdichte war dabei auf Zunahmen bei den Bivalvia und Crustacea zurückzuführen, während Polychaetendichte auf dem Vorjahresniveau blieb. Nach z.T. sehr deutlichem Rückgang der Kennwerte in 2001 entsprachen die in 2003 und auch 2004 festgestellten Befunde weitgehend wieder der Ausgangssituation (Gesamtbesiedlungsdichte, Polychaeta- und Crustacea-Abundanz) oder lagen sogar leicht über den Ausgangswerten von 1999 (Taxazahl, 2003: Bivalvia-Abundanz).

MKÄ (Referenz): Die interannuellen Veränderungen im Außenbereich waren bis 2002 eher gering und statistisch als zufällig zu betrachten. Im Hinblick auf die Taxazahl erfolgte in 2001 auch im Referenzbereich wie auf der Klappstelle eine Abnahme, die allerdings etwas schwächer ausgeprägt war. Während in 2001 insgesamt aber kaum Veränderungen gegenüber 1999 eintraten, nahm die Besiedlungsdichte (Gesamtbesiedlung, Polychaeta, Crustacea) dann in 2002 im interannuellen Vergleich überwiegend leicht ab. Das Ergebnis resultiert dabei sowohl aus örtlichen Abundanzrückgängen, die v.a. im südlichen MKÄ-Bereich, der teilweise durch die Verlegung der Klappstelle nach 2000 betroffen wurde, dokumentiert wurden. Ähnlich wie auch im Nahbereich erfolgte in 2003 und auch 2004 im Referenzbereich insofern eine deutliche Veränderung, als eine starke Zunahme der Gesamtbesiedlungsdichte verzeichnet wurde, die, bezogen auf 2003 im Vergleich zu 2002 signifikant war. Verantwortlich hierfür waren v.a. die Crustacea (*Bathyporeia*), die örtlich sehr hohe Individuendichten aufwiesen. Die Bivalvia- und Polychaeta-Anzahlen nahmen gegenüber den Vorjahren ebenfalls zu, im Vergleich zu denen der Crustacea aber bei weitem nicht so stark.

Altersstruktur von *Macoma balthica*: Die Betrachtung der Altersstruktur war nur für die Muschel *M. balthica* sinnvoll, weil nur für diese Art eine höhere Anzahl von Individuen erfasst werden konnte. In 1999 zeigte sich in allen Teilgebieten ein ähnliches Verhältnis zwischen adulten und juvenilen Tieren. In 2001 veränderte sich dieser Befund v.a. im Bereich der Klappstelle und im

Nahbereich zugunsten eines deutlich höheren Anteils juveniler Muscheln, der sich sowohl auf der Abnahme adulter und der Zunahme juveniler Tiere begründete. Auch das Referenzgebiet wies in 2001 einen höheren Anteil Juveniler auf, allerdings resultierte dieser nicht wie in den anderen Teilgebieten aus dem Rückgang adulter Muscheln. In den Folgejahren traten gebietsintern mehr oder weniger deutliche Veränderungen ein. So reduzierte sich auf der Klappstelle die Anzahl adulter Muscheln in 2003 nach einer Zunahme in 2002 und blieb während der gesamten Untersuchungszeit bei wechselnden Anteilen Juveniler auf niedrigem Niveau. Im Nahbereich erreichte die Anzahl adulter Muscheln in 2003 nach Abundanzminima in 2001 und 2002 etwa wieder das Ausgangsniveau von 1999, wobei aber der Anteil juveniler Tiere sehr viel höher war als 1999. Im Referenzgebiet wurden im Zeitraum 2001 bis 2003 nur geringe Veränderungen dokumentiert. Das Verhältnis adulter zu juvenilen Muscheln war relativ konstant; die Besiedlungsdichte, insbesondere der größeren Exemplare war v.a. im Vergleich zur Klappstelle nach 1999 deutlich höher.

In 2004 wurden in allen Teilgebieten bei der Gruppe der größeren Muscheln nur geringe Unterschiede zu den Vorjahren festgestellt. Allerdings konnten in 2004 fast keine juvenilen Muscheln erfasst werden, die Gründe hierfür sind unklar. Aufgrund der sehr hohen interannuellen Variabilität im Hinblick auf das Verhältnis zwischen juvenilen und adulten Muscheln in allen drei Teilgebieten, lassen sich anhand der Altersstruktur und auch anhand der interannuellen Entwicklung der Besiedlungsdichte keine Hinweise auf Verklappungswirkungen identifizieren.

Fazit

Die synoptische Betrachtung aller Ergebnisse, also die der räumlichen und der gebietsinternen interannuellen Vergleiche lassen den Schluss zu, dass bestehende Verklappungswirkungen auf der Datenbasis bereits in 2003 nicht mehr eindeutig und in 2004 nicht mehr zu erkennen sind.

Auf der Basis aller Ergebnisse lassen sich Hinweise ableiten, dass die faunistischen Befunde mit den Verklappungsaktivitäten bzw. mit der Abnahme und Ende der Verklappungen auf der ursprünglichen Umlagerungsfläche korrespondierten. In 2001, also nach den umfangreichen neubaubedingten Verklappungen, waren die ausgeprägtesten Unterschiede zwischen den Teilgebieten insofern zu erkennen, als die Klappstelle geringere Kennwerte als die Referenz aufwies. Auch die klappstelleninterne Betrachtung ergab einen erkennbaren Rückgang der Besiedlungskennwerte in 2001 im Vergleich zu 1999. Nachdem nach 2000 keine Verklappungen mehr auf der ursprünglichen Fläche erfolgten, konnten in 2002 Hinweise auf eine beginnende Erholung der Makrozoobenthosgemeinschaft verzeichnet werden. Diese drückte sich im Vergleich zu 2001 v.a. durch höhere Arten- und Individuenzahlen auf der Klappstelle aus. Die Entwicklung setzte sich in 2003 aber auf der Klappstelle nicht weiter fort und blieb in etwa auf dem Vorjahresniveau. Räumliche Besiedlungsunterschiede wurden aufgrund der Tatsache verzeichnet, als dass die von 2002 bis 2003 gleichbleibenden Besiedlungsdichten auf der Klappstelle den in 2003 erfolgten deutlichen Zuwächsen im Referenz – und auch im Nahbereich gegenüberstanden. In 2004 erfolgten im Bereich der ehemaligen Klappstelle und der Referenz gleichsinnige Entwicklungen, in dem sich die Besiedlungskennwerte z.T. deutlich erhöhten, wobei die mittlere Besiedlungsdichte der beiden Gebiete sich noch deutlich unterschied. Aufgrund der jeweils aber sehr hohen gebietsinternen Variabilität wurden in 2004 im räumlichen Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilgebieten festgestellt.

Der interannuelle gebietsinterne Vergleich zeigte zu dem eine weitgehende Annäherung an den Ausgangszustand 1999 im ehemaligen Verklappungsbereich. Es ist also davon auszugehen, dass die in 2004 ermittelten Ergebnisse die normale Variabilität, beeinflusst von den abiotischen Rahmenbedingungen (Sedimente etc.), in diesem Bereich widerspiegeln und verklappungsbedingte Wirkungen nicht mehr erkennbar sind.

4. Ergebnisse Fahrrinne km 730-740

4.1 Baggermengen

Für den Zeitraum Januar 1998 – Mai 2004 wurden vom WSA-Cuxhaven Angaben zu den monatlichen Baggermengen zur Verfügung gestellt. Es liegen tagesbezogene Daten zu den einzelnen Baggerstrecken vor, weitgehend differenziert nach den Quadranten Grün (linke Fahrrinnenseite in Ebbstromrichtung), Mitte und Rot (rechte Fahrrinnenseite in Ebbstromrichtung). Eine genaue Zuordnung von Baggerungen zu einem bestimmten Baggerort ist nicht möglich, da sich die jeweiligen Baggerstrecken nach dem Baggerbedarf richten und daher in ihrer Lage und Länge nicht identisch sind. In der folgenden Übersicht sind die jeweiligen Klappmengen (so weit möglich) für die Abschnitte zusammengefasst, in denen die Untersuchungsstationen positioniert wurden (Tab. 10).

Tab. 10: Baggermengen in der Außenelbe-Fahrrinne im Bereich von km 731– km 740 im Zeitraum 1998 – 2004.
* = Schätzwert, **= Sandentnahme für das Mühlenberger Loch. *** = 2003 km 735–737,5; [*] = 2004 km 734,5-737

Fahrrinne-Außenelbe Baggermengen [m³]	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 (bis 19. Mai)
Baggermenge gesamt (Neubaustrecke, Bereich km 734,1-738,1)	54.918	1.678.546	874.550	636.666	342.054***	914.497***	490.000 [*]
Baggermenge halbjährlich vor Probenahme		205.640		303.350	195.562***	586.468***	500.000[*]
Hauptsächlich bebaggerter Quadrant	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca. 91%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca. 98%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca. 98%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca. >40%*	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca. >90%*	G (linke Fahr.-seite stromab) >90%*	G (linke Fahr.-seite stromab) >95%*
Baggermenge gesamt (Referenz-Süd, Bereich km 731,5-733)	6.971	35.376	92.653	178.908	<i>91.195</i> <i>709.571**</i>	33.158	6.530
Baggermenge halbjährlich vor Probenahme		7.655		78.970			6.530
Hauptsächlich bebaggerter Quadrant	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) 100%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca.70%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca.77%	G (linke Fahrrinnen-seite stromab) ca.71%		G (linke Fahr.-seite stromab) ca.90%	G (linke Fahr.-seite stromab)

Die Angaben zu den Baggermengen beziehen sich somit auf den Untersuchungsbereich Neubau/Baggerstrecke (Fahrrinnen-Kilometer km 734,1 - 738,1) sowie auf die Untersuchungsbereiche Referenz-Süd (Fahrrinnenkilometer km 731,5 – 733) und Referenz-Nord (Fahrrinnenkilometer km 740). Im Bereich der Referenz-Nord sind von 1998 bis Dezember 2001 keine Unterhaltungsbaggerungen erfolgt, daher ist die Referenz-Nord in der folgenden Übersicht nicht mit aufgeführt. Die Mengenangaben in 2002 (s.o. rot gekennzeichnet) können keinem bestimmten Fahrrinnenbereich zugeordnet werden. Die Angaben beziehen sich pauschal auf den Außenelbe-Abschnitt km 730-740 und resultieren aus der Fahrrinnenunterhaltung (91.195 m³) und der für die Aufspülung des Mühlenberger Lochs benötigten Sandentnahme (709.571 m³).

Die Daten zeigen, dass mit Beginn der Vertiefungsarbeiten in 1999 die Baggermengen im Bereich der Neubaustrecke mit ca. 1,6 Mio. m³ gegenüber 1998 stark angestiegen sind. Auch in 2000 sowie in 2001 erfolgten noch Baggerungen in erheblichem Umfang (s.o.). Die Baggermenge im halbjährlichen Zeitraum vor den Makrozoobenthosprobenahmen war mit 205.640 m³ (1999) bzw. 266.970 m³ (2001) in etwa vergleichbar. Das weitaus meiste Material wurde dabei im Quadranten ‚Grün‘, d.h. im Bereich der linken Fahrrinnenseite (in Richtung stromab gesehen), entnommen. Lediglich in 2001 wurden auch in Fahrrinnenmitte und rechts (Quadrant ‚Rot‘) im Vergleich zu den Vorjahren höhere Mengen gebaggert. Eine genaue Zuordnung der Mengen zu den Quadranten ist für 2001 anhand der vorliegenden Daten nicht möglich; die in der Übersicht aufgeführte und mit * gekennzeichnete Prozentzahl ist daher ein Schätzwert. Die Daten zeigen, dass im Halbjahreszeitraum vor der Makrozoobenthos Status-quo-Untersuchung im Neubaubereich bereits nennenswerte Baggerungen erfolgten, so dass die Status-quo-Erhebung eine vorbelastete Situation repräsentiert. In 2003 lag die Baggermenge mit ca. 910.000 m³ über derjenigen der Vorjahre (2000 – 2002) und deutlich über den Mengen von 1998. Die Mengenangaben für 2004 beziehen sich auf den Zeitraum von Januar bis Mai 2004. In diesem Zeitraum lag die Unterhaltung mit ca. 490.000 m³ bereits vergleichsweise hoch und lag zu diesem Zeitpunkt bereits deutlich über der Jahresgesamtmenge von 1998. Bezogen auf den 6monatigen Zeitraum vor der Probenahme wird erkennbar, dass die Baggermenge mit 500.000 m³ vergleichbar mit der hohen Menge des Vorjahres war, d.h. in den letzten beiden Jahre 2003 und 2004 war die Unterhaltung in den ersten Monaten des Jahres im interannuellen Vergleich deutlich intensiver (s. Tab. 10).

Im Bereich der Referenz-Süd wurden in den vergangenen Jahren Unterhaltungsbaggerungen vorgenommen. Während 1998 die Baggermenge mit ca. 7.000 m³ sehr gering war, stieg sie seit 1999 kontinuierlich an, so dass in 2001 die bislang höchst Menge von ca. 178.000 m³ anfiel. Dieser Wert liegt aber dennoch deutlich unterhalb der Baggermengen, die in 2001 im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung im Bereich der Neubaustrecke entnommen wurden (636.666 m³). In 2003 war die Menge mit etwa 33.000 m³ vergleichsweise niedrig und in 2004 fiel die Unterhaltungsmenge im Abschnitt km 731,5 – km 733 auf ca. 6.500 m³ und lag damit unter der Menge von 1999.

Im Referenzbereich-Nord erfolgte im Zeitraum 1998-2002 keine Unterhaltungsbaggerung. In 2003 fielen bis zur Probenahme im Mai ebenfalls Baggermengen an, die mit etwa 44.000 m³/Monat aber unter denjenigen lagen, die in der Neubaustrecke gebaggert wurden. Im Juli/August 2003 erfolgten allerdings erstmals seit 1998 auch im Bereich der Referenz intensive Baggerungen, so dass die in 2003 gebaggerte Gesamtmenge bei 443.533 m³ lag und damit eine ähnliche Größenordnung wie die Baggerstrecke erreichte. Die Baggerungen erfolgten zu fast 98% auf der rechten Fahrrinnenseite zwischen km 739,5 – 740,5. In den letzten 6 Monaten vor der im Mai 2004 durchgeführten Zoobenthos-Probenahme unterlag die nördliche Referenz jedoch keiner weiteren Unterhaltung.

4.2 Ergebnisse 2004

Die Untersuchungsstationen sind in der Fahrrinne im Bereich einer Baggerstrecke sowie südlich (stromauf) und nördlich (stromab) davon als Stationsgruppen positioniert. Eine Stationsgruppe setzt sich aus jeweils drei Stationen zusammen, die im Querschnitt der Fahrrinne (links, Mitte, rechts) angeordnet sind. Anders als in BIOCONSULT (1999), wo die Makrozoobenthosbesiedlung vor Beginn der Baggerarbeiten - also die Status quo-ante-Situation - für den Gesamtbereich ‚Fahrrinne km 732-740‘ zusammenfassend dargestellt wurde, erfolgt in der vorliegenden Untersuchung eine räumliche Differenzierung der Stationen bzw. der Stationsgruppen, um darüber eventuelle Wirkungen der Sedimentumlagerungen zu identifizieren. So wurden die insgesamt 15 Untersuchungsstationen 3 differenzierten Teilbereichen zugeordnet: Bereich MB = Neubau- bzw. Baggerstrecke, Bereich MFS = Stationen südlich der Baggerstrecke, MFN = Stationen nördlich der Baggerstrecke. Die folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die Zuordnung der Untersuchungsstationen zu den differenzierten Teilbereichen der Klappstelle und deren Umgebung. Die genaue Lage bzw. die Anordnung der Stationen ist der Karte im Anhang zu entnehmen.

Aus der Diskussion der Zwischenergebnisse aus 2003 ergab sich insofern eine Modifikation des bisherigen Probenahmedesigns, als dass zwei Stationen der südlichen Referenz (MFS) in die nördliche Referenz (MFN) verlegt wurden (s. Abb. 1, Abb. 2 und Übersichtskarte im Anhang). Dieses erschien sinnvoll, da die südliche Referenz aus bislang unbekanntem Gründen eine durchgängig verarmte Benthosgemeinschaft aufwies und aus diesem Grund die Eignung der südlichen Referenz als Vergleichsmaßstab, anders als die nördliche Referenz, zur Identifikation möglicher Wirkungen der Vertiefungsmaßnahmen in Frage gestellt werden musste. Um die Datenbasis der nördlichen Referenz zu vergrößern, wurden daher 2 der 3 südlichen Stationen in den nördlichen Referenzbereich verlegt. Die Anzahl der jeweiligen in den drei Teilgebieten positionierten Stationen ist der folgenden Tab. 11 zu entnehmen.

Tab. 11: Anzahl beprobter Stationen und Bezeichnung der untersuchten Teilgebiete in der Fahrrinne der Außenelbe in 2004. * (rot gekennzeichnet) = von Süd nach Nord verlegte Stationen.

Neubaustrecke [MB]	Fahrrinne Referenz-Süd [MFS]	Fahrrinne Referenz-Nord [MFN]
km 734,1-738,1 N _{Stationen} = 9 (54 Greifer)	km 731,5-733 N _{Stationen} = 1 (6 Greifer)	Km 739-740 N _{Stationen} = 5 (30 Greifer)
M31 - M40	M29	M41 – M43, <i>M28 und M30*</i>

4.2.1 Sedimente und Wassertiefen

Die Sedimente der Fahrrinne wurden v.a. durch Sande geprägt, z.T. war auch Schill in vergleichsweise höheren Anteilen vorhanden. An der südlich der Neubaustrecke gelegenen Station (MFS29) war Grobsand mit einem Anteil mit fast 80% der dominierende Sedimenttyp, Mittelsande hatten

einen Anteil von ca. 20%. Schill war mit 1,7% nur in geringen Anteilen, Feinsande wurden 2004 nicht festgestellt. Die Station lag in einer Wassertiefe von etwa 17,6 m (SKN).

Der nördliche Referenzbereich (MFN) wies im Vergleich zu MFS eine andere Sedimentzusammensetzung auf. Hier dominierten überwiegend Mittelsande (im Mittel 50%), und der Feinsande erreichten mit Werten von 37% einen hohen Anteil, während Grobsand mit im Mittel < 6% weitgehend bedeutungslos war. Eine gewisse Ausnahme machte in diesem Zusammenhang die Station MFN 43, hier lag der Grobsandanteil bei >20%. Der Schillanteil lag im Mittel um 6,5% und war damit höher als in den anderen Teilgebieten (Abb. 21). Die Wassertiefe variierte zwischen 18 – 19,8 m (SKN), wobei die Wassertiefe am linken Fahrinnenrand höher war als am rechten.

Die Neubaustrecke (MB), die durch deutlich mehr Stationen beprobt wurde als die außerhalb liegenden Bereiche, war hinsichtlich der Sedimentzusammensetzung (im Mittel: 51,5% Feinsand, 46% Mittelsand) ähnlich strukturiert wie die nördliche Referenz. Allerdings erreichten der Grobsand- sowie der Schillanteil durchschnittlich nur 0,6 bzw. 1,2%. Die untersuchten MB-Stationen lagen im Vergleich zu den nördlichen Referenzstationen in etwas geringeren Wassertiefen (16 - 17,6 m SKN).

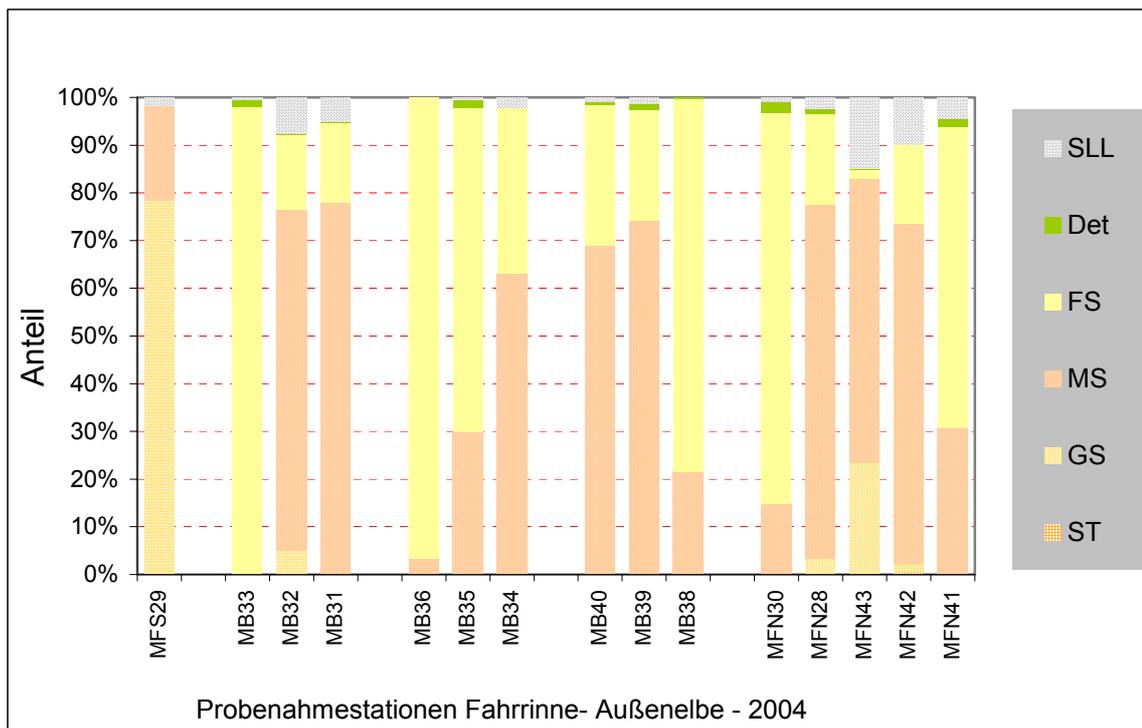


Abb. 21: Sedimentzusammensetzung an den untersuchten Stationen in der Fahrinne der Außenelbe, Daten 2004. GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, ST = Steine, SLL = Schill, Det = Detritus.

4.2.2 Makrozoobenthos

Tab. 12: Artenspektrum der untersuchten Elbe-Fahrrinne zwischen km 732 – km 740 und deren mittlere Individuendichte, Daten aus Mai 2004. MFS = Referenz-Süd, MB = Neubaustrecke, MFN = Referenz-Nord. *= eudominante (>30%), dominante (>10-30%) sowie subdominante (>3-10%) Taxa eines jeweiligen Untersuchungsgebietes. Anzahl Taxa ohne Juvenile, wenn Adulte der Gattung nachgewiesen wurden. x = Taxa nur bei der Taxazahl berücksichtigt.

Taxagruppen	Art/höheres Taxon - 2004	MFS	MB	MFN
	N Greifer	6	54	30
Cnidaria	Bougainvilliidae spp.		x	
Cnidaria	Obelia bidentata		x	
Cnidaria	Pleurobrachia pileus			x
Bivalvia	Macoma balthica		0,6	
Bivalvia	Mytilus edulis juv.	8,3	0,2	0,7
Gastropoda	Hydrobia ulvae	3,3	0,7	
Nemertini	Nemertini indet.		0,4	0,3
Polychaeta	Glycera labidum		0,2	
Polychaeta	Magelona mirabilis	1,7	3,7	4,7
Polychaeta	Marenzelleria cf. wireni juv.		0,4	
Polychaeta	Nephtys longosetosa		0,2	0,3
Polychaeta	Nephtys cirrosa		3,5	5,0
Polychaeta	Nephtys hombergii		0,2	
Polychaeta	Nephtys spp.		0,4	0,3
Polychaeta	Nephtys spp. juv.		1,1	0,7
Polychaeta	Ophelia limacina		0,2	1,3
Polychaeta	Paraonis fulgens		0,9	0,3
Polychaeta	Scolecopsis squamata		0,4	0,3
Polychaeta	Scoloplos armiger		0,2	0,7
Crustacea	Balanus crenatus	15,0	0,2	
Crustacea	Bathyporeia elegans*		87,1	0,7
Crustacea	Bathyporeia guilliamsoniana		1,9	
Crustacea	Bathyporeia pelagica*		220,8	18,3
Crustacea	Bathyporeia pilosa*		182,1	
Crustacea	Bathyporeia sarsi		0,7	
Crustacea	Bathyporeia spp. juv.		1,1	0,3
Crustacea	Gammarus salinus	1,7		
Crustacea	Haustorius arenarius		9,6	
Crustacea	Jassa marmorata	1,7	0,6	
Crustacea	Crangon crangon	x	x	x
Crustacea	Gastrosaccus spinifer		x	x
Crustacea	Mesopodopsis slabberi	x	x	
Crustacea	Schistomysis kervillei		x	x
	Ind/m² (MW/Greifer)	31,7	517,2	34,0
	Anzahl Taxa	8	28	15

Tab. 12 zeigt einen Überblick über das in 2004 in der Fahrrinne der Außenelbe erfasste Wirbelosenspektrum. Aufgeführt sind alle nachgewiesenen Taxa, also sowohl das Endo- als auch das Epibenthos. Einige Taxa waren aus unterschiedlichen Gründen nicht quantitativ zu erfassen (vgl.

Kap. 2); für diese ist in der Tabelle kein Abundanzwert angegeben. Die betreffenden Arten waren nur für den Aspekt Taxzahl relevant. Im Hinblick auf den Parameter Individuendichte blieben die Arten bei den folgenden Auswertungen unberücksichtigt.

Die Untersuchungsstationen der Fahrinne waren in 2004 insgesamt durch 33 verschiedene Taxa aus 6 taxonomischen Gruppen besiedelt. Die Crustacea und Polychaeta waren mit 13 bzw. 10 Taxa die artenreichsten Gruppen (Tab. 12). Weitere Taxagruppen waren Hydrozoa (3 Taxa), Bivalvia (2 Taxa), Gastropoda (1 Taxon) sowie Nematoda (1 Taxon). Gefährdete Arten im Sinne der Roten Liste wurden in 2004 in keinem der Teilgebiete erfasst. Allerdings wird von RACHOR et al. (1998) für die Polychaeta-Gattung *Glycera* spp., aus der mit *G. labidum* eine Art in geringer Anzahl in 2004 nachgewiesen wurde, eine Gefährdung - bei allerdings noch unbekanntem Status - angenommen.

Die Makrozoobenthosgemeinschaft der südlichen Station hob sich deutlich von den beiden anderen Teilgebieten ab. Sie war wie in den Vorjahren artenarm (allerdings wurde in 2003 und 2004 nur jeweils 1 Station beprobt).

Artenzahl und Dominanzstruktur

Insgesamt konnten an Station MFS29 nur 8 Taxa nachgewiesen werden, zu denen neben u.a. *B. crenatus*, die Garnele *Schistomysis kervillei*, die Krabbe *Crangon crangon*, die Muschel *Mytilus edulis* sowie die Schnecke *Hydrobia ulvae* gehörten (Tab. 12). Neben der geringen Gesamttaxazahl, die auch in ursächlichem Zusammenhang mit dem geringeren Untersuchungsumfang zu sehen ist, war aber auch die mittlere Taxazahl/Greifer (1,5) im Vergleich zu den beiden anderen Teilgebieten geringer (Abb. 22). *B. crenatus* dominierte die Gemeinschaft an dieser Station mit einem Anteil von 97%.

Die Neubaustrecke (MB) wurde durch die höchste Anzahl an Untersuchungsstationen (N=9, 54 Greifer) gekennzeichnet und war mit insgesamt 28 Taxa relativ artenreich. Die nördlichen Referenzstationen (MFN) waren durch insgesamt 15 Taxa zwar weniger umfangreich besiedelt, allerdings muss hier die deutlich geringere Greiferzahl (N=30) beachtet werden.

Die hinsichtlich der Gesamtartenzahl ermittelten Unterschiede lassen sich allerdings auch auf der Basis der mittleren Taxazahl/Greifer zwischen MB und MFN, ein Parameter der weniger durch die Anzahl der Stationen beeinflusst wird, erkennen. So lag die Taxazahl trotz des überwiegend sporadischen Vorkommens der meisten Arten im Bereich der Neubaustrecke bei 4,5 Taxa/Greifer; im nördlichen Referenzbereich erreichten die Werte durchschnittlich nur 2,2 Taxa/Greifer.

Die Crustacea waren in der Neubaustrecke mit 12 Taxa am artenreichsten. Sie dominierten die Benthosgemeinschaft zudem durch ihre hohe Individuendichte; 97,5% aller erfassten Wirbellosen rekrutierten sich aus dieser Organismengruppe. Die Polychaeta, insgesamt durch 10 Taxa zwar vergleichsweise artenreich vertreten, spielten hier unter quantitativen Gesichtspunkten nur eine untergeordnete Rolle.

Anders war die Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft im nördlichen Referenzbereich; hier dominierten die Polychaeta (7 Arten) die Artengemeinschaft unter qualitativen, die Crustacea (5 Arten) unter quantitativen Gesichtspunkten. Bei einer insgesamt niedrigen Besiedlungsdichte er-

reichten die Polychaeta einen Anteil von 40% und die Crustacea 56% am gesamten Individuenaufkommen in diesem Teilgebiet.

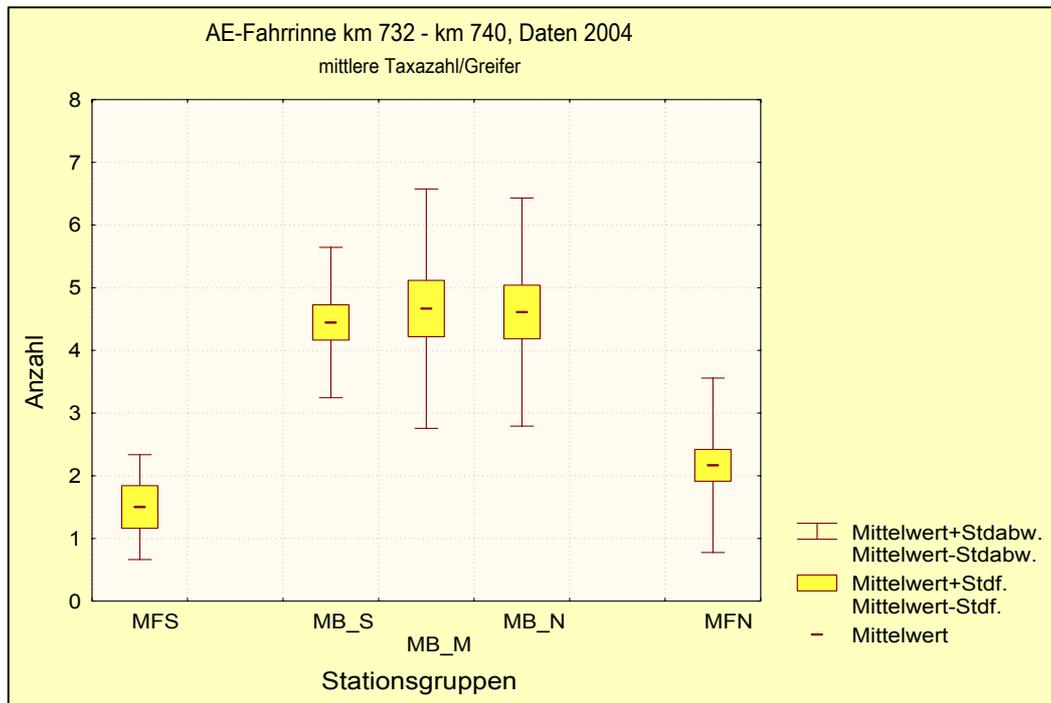


Abb. 22: Mittlere Taxazahlen/Greifer im Bereich Fahrrinne km 730-740. MFS=Stationsgruppe südlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=1$, 6 Greifer), MB-Süd, -Mitte, -Nord= Stationsgruppen Baggerstrecke (Gesamt: $N_{\text{Stationen}}=9$, 54 Greifer), MFN= Stationsgruppe nördlich der Baggerstrecke ($N_{\text{Stationen}}=5$, 30 Greifer). Daten 2004.

Abb. 22 zeigt die mittlere Taxazahl in den Untersuchungsgebieten differenziert nach den Stationsgruppen ‚Süd‘ (MB31-33) – ‚Mitte‘ (MB34-36) – ‚Nord‘ (MB 38-40) (Stationen quer zur Fahrrinne zusammengefasst). Innerhalb der Baggerstrecke ergaben sich dabei keine internen Unterschiede, die Taxazahl lagen um 4,5 Taxa/Greifer.

Ein analoges Bild ergibt sich, wenn die Untersuchungsstationen entsprechend ihrer Lage in Längsrichtung zusammengefasst werden. In diesem Fall wird deutlich, dass im Bereich der Neubaustrecke in Richtung stromab gesehen zwischen rechtem Fahrrinnenrand (MB-R), Fahrrinnen-Mitte (MB-M) und linkem Fahrrinnenrand (MB-L) gewisse Besiedlungsunterschiede bestehen (Abb. 23). So sind die MB-L-Stationen mit durchschnittlich 5,1 Arten/Station etwas artenreich als die MB-R- und MB-M-Stationen (4,6 bzw. 4 Taxa/Greifer). Die nördlich der Baggerstrecke gelegenen Stationen zeigten im Vergleich zu den MB-Stationen ein in der Tendenz ähnliches Ergebnis; auch hier war der linke Fahrrinnenrand etwas artenreicher, insgesamt lag die Artenzahl mit 1,5 - 2,5 Taxa vergleichsweise deutlich unter den Werten im Bereich der Neubaustrecke (Abb. 23).

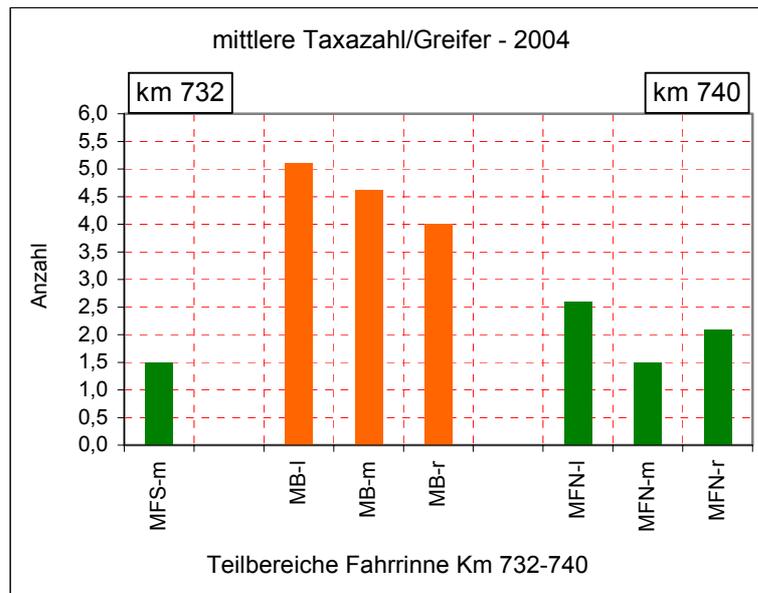


Abb. 23: Taxa im Bereich Fahrinne km 730-740, differenziert nach Teilbereichen. MFS=Station südlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=6$), MB= Stationsgruppen Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{SGreifer}}=54$), MFN= Stationsgruppe nördlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=30$). -L, -M, -R = Stationen linker Rand Fahrinne (-L), Stationen Mitte Fahrinne (-M), Stationen rechter Rand Fahrinne (-R). Daten 2004.

Abb. 24 verdeutlicht die Zusammensetzung der Benthosgemeinschaften in den Untersuchungsgebieten. An der südlichen Station MFN29 dominierte der Crustacea *Balanus crenatus* (nicht in Abb. 24 dargestellt), der mit einer Individuendichte von 15 Ind./m² (47%) insgesamt die häufigste Benthosart war. Neben dem Balaniden trat mit der Muschel *Mytilus edulis* ein weiterer Hartsubstratbesiedler an dieser Station auf. Es handelte sich bei den Muscheln durchweg um juvenile Tiere <1mm. Wie die Balaniden siedelte *M. edulis* auf zufällig erfassten Steinen. Neben den genannten Arten konnten noch 4 weitere Taxa, wie die Schnecke *Hydrobia ulvae*, der Polychaet *Magelona mirabilis* sowie die Crustacea *Gammarus salinus* sowie *Jassa mamorata* nachgewiesen werden, alle genannten Taxa wurden in nur geringer Individuendichte erfasst.

Die Benthosgemeinschaft der Neubaustrecke (MB) wurde sehr deutlich durch Crustacea dominiert. Die häufigsten Crustacea waren Amphipoden der Gattung *Bathyporeia*, wobei *B. pelagica* und *B. pilosa* mit einem Anteil von 42,6% bzw. 35% (eudominant) die bei weitem häufigsten Arten waren. Ebenfalls dominant war *B. elegans*, die einen Anteil von 16,8% erreichte. Mit Ausnahme von *Haustorius arenarius* (Crustacea-Amphipoda, 1,9%) waren alle übrigen Taxa subzedent (<1%).

Die Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft der nördlichen Referenzstationen (MFN) war anders als die der Neubaustrecke. Dies lag v.a. an den Crustacea, die in 2004 an den MFN-Stationen deutlich weniger abundant waren als an den MB-Stationen. Die Gemeinschaft der nördlichen Referenz wurde daher von Crustacea und Polychaeten dominiert, wobei *B. pelagica* mit ca. 54% (eudominant) die häufigste Art war. Ebenfalls dominant waren die Polychaeten *Nephtys cirrosa* und *M. mirabilis* mit jeweils etwa 15%. Ein bemerkenswertes Ergebnis ist, dass die in der Neubaustrecke eudominante Art *B. pilosa* an den MFN-Stationen in 2004 gar nicht nachgewiesen wurde; Gründe für das Fehlen des Amphipoden sind nicht offensichtlich. Alle übrigen Arten spielten

aus quantitativer Sicht mit Ausnahme des Polychaeten *Ophelia limacina* (3,8 %, subdominant) nur eine untergeordnete Rolle und waren entweder rezedent (1%-3%) oder subrezedent (<1%).

Sowohl an MB als auch an MFN dominierten lediglich 3 bzw. 4 Arten die Gesamtabundanz der Benthosgemeinschaften. Allerdings waren deutliche Unterschiede in der Gemeinschaftsstruktur zu verzeichnen. Die Neubaustrecke wurde sehr deutlich von Crustacea dominiert, während die nördliche Referenz, aufgrund der geringen Crustaceadichte und der im Vergleich höheren Polychaeta-Abundanzen auch durch Arten letzterer Organismengruppe geprägt wurde (Abb. 24).

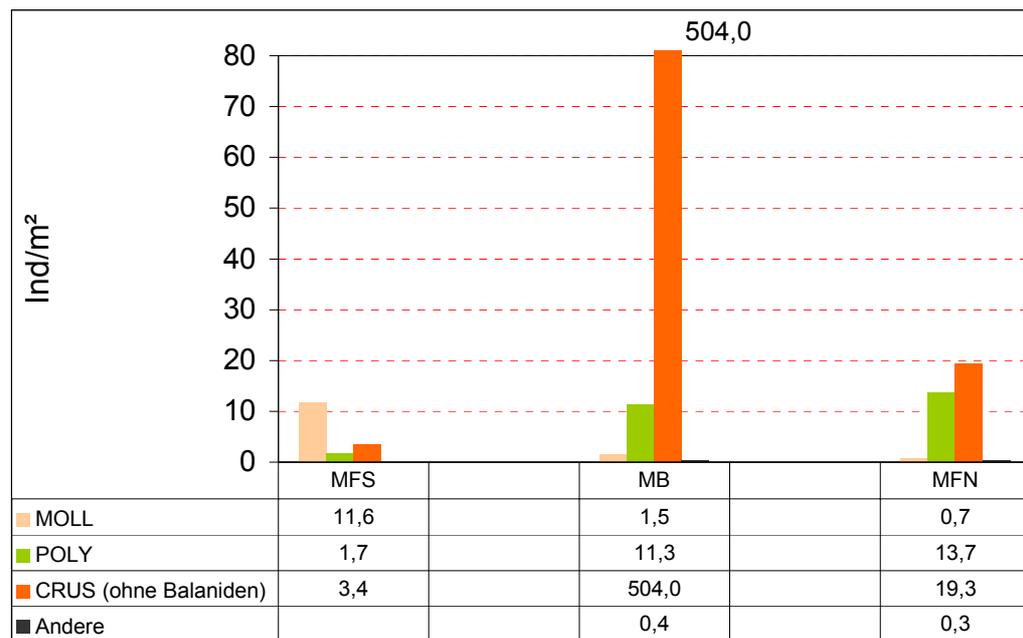


Abb. 24: Mittlere Individuendichte/Station (Ind./m²), differenziert nach Artengruppen im Bereich Fahrinne km 730-740. MFS=Stationsgruppe südlich der Baggerstrecke (N_{Stationen}=1), MB-Süd, -Mitte, -Nord= Stationsgruppen Baggerstrecke (Gesamt: N_{Stationen}=9), MFN= Stationsgruppe nördlich der Baggerstrecke (N_{Stationen}=5), Daten 2004. Moll: Mollusca; Poly: Polychaeta; Crus: Crustacea.

Abundanzen

Die Stationen der Neubaustrecke (MB) waren mit 51,7 bis 1218,7 Ind./m² sehr unterschiedlich dicht besiedelt, die mittlere Besiedlungsdichte der Stationsgruppen MB-S bis MB-N lagen um 400 – 600 Ind./m² gekennzeichnet (vgl. Abb. 25, links).

Die nördliche Referenz (MFN) war im Vergleich zur Neubaustrecke deutlich geringer besiedelt, die mittlere Benthosabundanz lag lediglich bei 16,7 bis 48,3 Ind./m² (vgl. Abb. 25, links).

Hervorgerufen wurden die Unterschiede insbesondere durch die Crustacea, die im Bereich der Baggerstrecke in deutlich höherer Dichte auftraten (s.o.). Insgesamt war die Besiedlungsdichte der Crustacea (504 Ind./m²) hier im Mittel etwa 27mal so hoch wie an den nördlich gelegenen Stationen. Lediglich die Polychaeta waren an MFN mit durchschnittlich 13,7 Ind./m² in höherer Zahl

vertreten als im Bereich der Baggerstrecke (11,3 Ind./m²). Andere Taxagruppen spielten hinsichtlich ihrer Abundanzen weder im Bereich der Neubaustrecke noch an den anderen Stationsgruppen eine wesentliche Rolle.

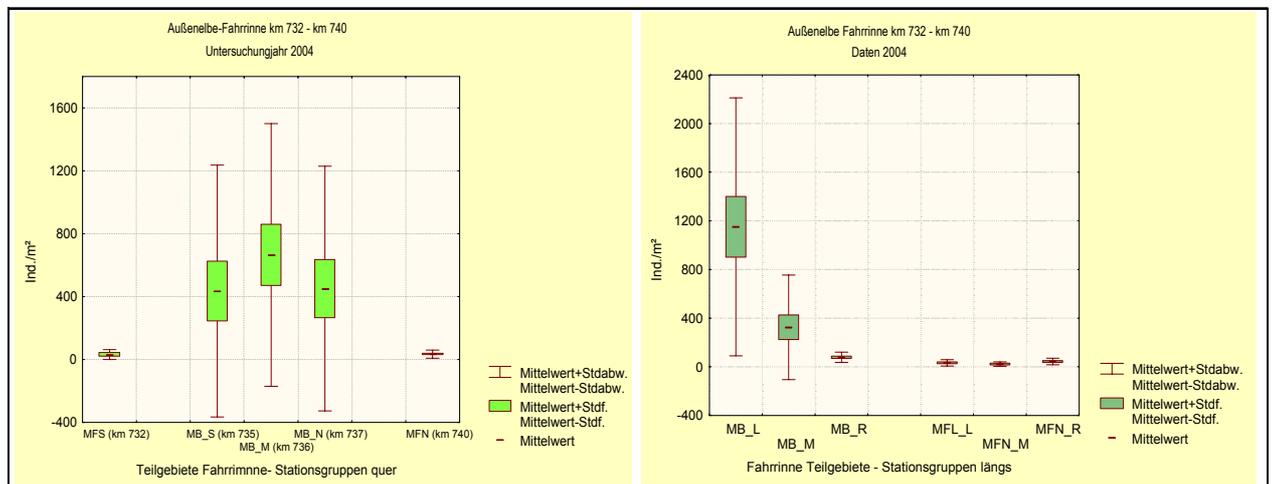


Abb. 25: Makrozoobenthos-Abundanz im Bereich Fahrrinne km 732-740, differenziert nach Teilbereichen. Stationsgruppen quer zur Fahrrinne (linke Grafik) und längs zur Fahrrinne (rechte Grafik). MFS = Station südlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=6$), MB= Stationsgruppen Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=54$), MFN= Stationsgruppe nördlich der Neubaustrecke (Gesamt: $N_{\text{Greifer}}=30$). -L, -M, -R = Stationen linker Rand Fahrrinne (-L), Stationen Mitte Fahrrinne (-M), Stationen rechter Rand Fahrrinne (-R). Rot eingrahmt Stationsgruppen Neubaustrecke. Daten 2004.

Ordnet man die Untersuchungsstationen längs zur Fahrrinne in die Teilbereiche linker Fahrinnenrand, Fahrinnenmitte und rechter Fahrinnenrand, werden in der Neubaustrecke sehr ausgeprägte gebietsinterne Unterschiede erkennbar. Die Stationen am linken Fahrinnenrand weisen deutlich höhere Benthosabundanzen auf, als diejenigen, die sich in der Mitte und am rechten Fahrinnenrand befinden. Bei insgesamt sehr großer Varianz beträgt die mittlere Benthosdichte am linken Fahrinnenrand ca. 1150 Ind./m²; die in der Fahrinnenmitte gelegenen MB-Stationen waren durch 324 Ind./m², die Fahrinnenmitte nur durch 78 Ind./m² besiedelt (Abb. 25, rechts).

Die nördliche Referenz wies im Vergleich zu den MB-Stationen eine geringe interne Variabilität auf, allerdings lagen alle Werte unterhalb den Werten die im Bereich der Neubaustrecke dokumentiert wurden (21 – 43 Ind./m², Abb. 25, rechts). Die Stationen am rechten Rand der Fahrrinne waren im internen Vergleich am dichtesten besiedelt, die in der Fahrinnenmitte befindliche Station am geringsten.

4.3 Vergleich 1999 -2004

Neben dem durchgeführten räumlichen Vergleich mit den in 2004 erhobenen Daten wird ein Vergleich mit der Status-quo-ante-Situation von 1999 und mit den Ergebnissen aus 2001 – 2003 durchgeführt. Dieses erfolgt auch, um die in 2004 festgestellten räumlichen Unterschiede besser einordnen zu können. Hierzu werden die Stationen in gleicher Weise in die o.g. Teilbereiche zusammengefasst, wie es für die räumliche Betrachtung erfolgte.

Der zeitliche Vergleich umfasst auch die Darstellung der abiotischen Rahmenbedingungen. Eine Analyse der Altersstruktur ausgewählter Arten erschien auf der vorhandenen Datenbasis nicht sinnvoll durchzuführen.

4.3.1 Sedimente und Wassertiefen

Alle Teilgebiete wurden in allen Untersuchungsjahren überwiegend von Fein- und Mittelsanden dominiert, lediglich die südliche Referenz (MFS) wurde in den letzten Jahren zunehmend von Grobsanden geprägt. Abb. 26 veranschaulicht die Sedimentzusammensetzung in den einzelnen Teilgebieten von 1999 – 2004.

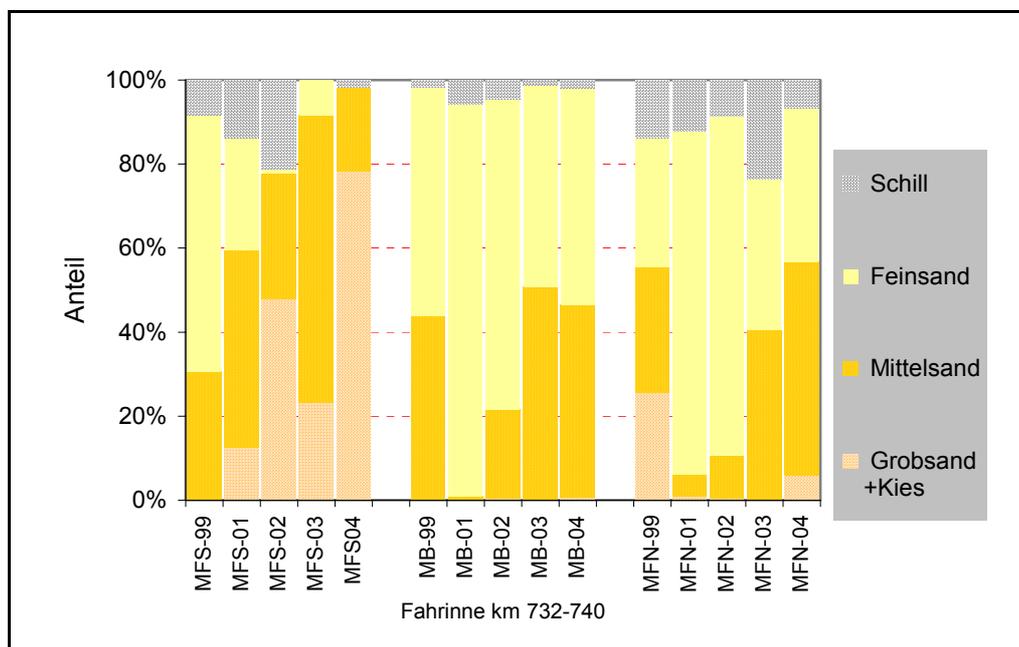


Abb. 26: Sedimentzusammensetzung in den untersuchten Teilgebieten in der Außenelbe-Fahrrinne von km 730-740 im Zeitraum 1999 – 2004 (Bild A). MB=Stationen Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=9$), MFS= Stationen außerhalb MB-südlich ($N_{\text{Stationen}}=3/1^*$), MFN= Stationen außerhalb MB-nördlich ($N_{\text{Stationen}}=3/5^*$). * = Anzahl Stationen in 2003/04.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Hinblick auf die Zusammensetzung der Sedimentstruktur in den Teilgebieten interannuelle Veränderungen stattgefunden haben, die im Gebietsvergleich z.T. in eine ähnliche, z.T. aber auch in eine unterschiedliche Richtung verliefen.

Die südlich der Baggerstrecke gelegene Stationsgruppe wurde anders als 1999 in 2001 deutlicher von Mittelsanden und z.T. von Grobsanden geprägt. So stieg der Mittelsandanteil von 30% auf etwa 50%, während Feinsande im gleichen Maße von 60% auf ca. 30% zurückgingen. Erstmals wurde in 2001 an MFS auch Grobsand in höheren Anteilen registriert. In 2002 erfolgte eine weitere Zunahme des Grobsandanteils bis auf etwa 48%. Feinsand war in 2002, anders als in den Vorjahren, dagegen kaum noch vorhanden. In 2003 war die Situation sehr ähnlich, jedoch erhöhte sich der Mittelsandanteil weiter, während der Grobsand- und Schillanteil zurückgingen. In 2004 war Grobsand der weitaus überwiegende Sedimenttyp, Feinsande wurden nicht mehr erfasst (Abb. 26).

Im Vergleich zu 1999 ist im südlichen Bereich bis 2004 also eine deutliche Veränderung der Sedimentstruktur in Richtung gröberer Sedimente erfolgt.

Während MFS in 2001 einen höheren Anteil gröberer Sande gegenüber der Ausgangssituation in 1999 aufwies, war dies sowohl auf der Baggerstrecke als auch im Bereich der nördlich der Baggerstrecke gelegenen Referenz-Stationen entgegengesetzt. Beide Bereiche wurden in 2001 durch hohe Feinsandanteile (80-90%) geprägt, die sich damit gegenüber 1999 deutlich erhöhten. Mittelsande und auch Grobsande (letztere an MFN), die 1999 noch in höheren Anteilen vorhanden waren, wurden in 2001 kaum noch nachgewiesen. Mit Ausnahme einer leichten Zunahme des Mittelsandanteils änderte sich diese Situation in 2002 nicht wesentlich. In 2003 erfolgte im Vergleich zu 2001 und 2002 sowohl im Bereich der Neubaustrecke als auch im Bereich der nördlichen Referenz wieder eine Zunahme der Mittelsandanteile. In 2004 erfolgte diesbezüglich keine wesentliche Veränderung mehr (Abb. 26). Die Sedimentbedingungen entsprachen im Bereich der Neubaustrecke nach z.T. deutlichen Veränderungen von Jahr zu Jahr in 2004 in etwa wieder der Situation die 1999 dokumentiert wurde. Ähnliches gilt auch für die nördliche Referenz, allerdings war hier in 2004 der Grobsandanteil gegenüber 1999 um etwa 20% geringer (Abb. 26).

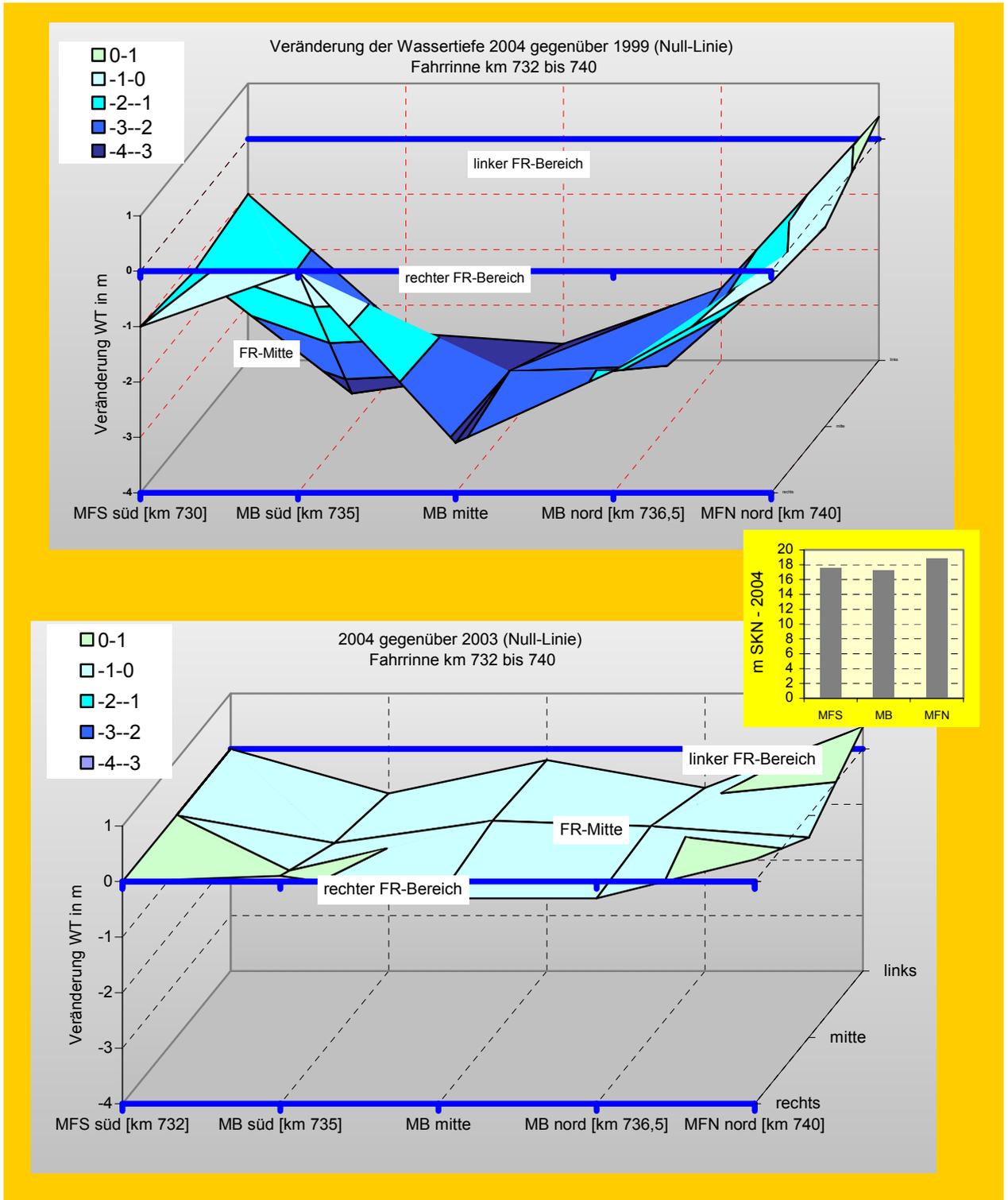


Abb. 27: Veränderung der Wassertiefe in 2004 gegenüber der Situation 1999 (= Null-Linie) sowie 2004 gegenüber 2003 (=Null-Linie) im Untersuchungsgebiet Fahrrinne km 730-740, dargestellt als Süd-Nord-Transekt. Darstellung unmaßstäblich. MFS= Stationen außerhalb MB-südlich (N_{Stationen}= 3 bis 2002/ 1 in 2003), MB- süd, -mitte, -nord =Stationen Baggerstrecke (insgesamt N_{Stationen}=9), MFN= Stationen außerhalb MB-nördlich (N_{Stationen}=3). WT = Wassertiefe (m). Kleine Abbildung: mittlere Wassertiefe in den Teilgebieten.

Die Abb. 27 (oberes Bild) zeigt die Veränderung der Wassertiefe in 2004 gegenüber 1999. Es ist herauszuheben, dass die Darstellung der Veränderung der Wassertiefen im Untersuchungsgebiet auf den punktuellen Tiefenmessungen bei der Benthosprobenahme beruht und somit nur als ein grober Hinweis im Hinblick auf die Morphodynamik bzw. auf die Neubaumaßnahmen verstanden werden soll. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Vertiefung der stromauf der Baggerstrecke befindlichen Stationsgruppe MFS (km 732) in der Fahrrinnenmitte um >1 m von etwa 16 m [SKN] in 1999 auf etwa 17,5 m [SKN] in 2004 erfolgte. In 2004 wurde nur noch eine Station (MFS29-Fahrrinnenmitte) beprobt, so dass mögliche Veränderungen von 2002 auf 2003/2004 nur eingeschränkt dargestellt werden können. Ab 1999 - 2004 haben im Bereich der südlichen Referenz MFS morphologische Veränderungen auch ohne den Einfluss von nennenswerten Unterhaltungsmaßnahmen stattgefunden.

Ebenso deutlich hat sich, wie beabsichtigt, die Neubaustrecke (MB) verändert. In allen Bereichen wurde eine Vertiefung von 1999 bis 2004 zwischen 1 bis >3 m dokumentiert. Damit erhöhte sich die mittlere Tiefe von 15,7 m auf 17,3 m [-SKN] um etwa 1,6 m. Am linken Fahrrinnenrand war die Vertiefung deutlicher ausgeprägt als in der Mitte und am rechten Fahrrinnenrand (Abb. 27, oben). Die deutlichsten Veränderungen wurden direkt nach der Vertiefung registriert. In den Folgejahren waren nur noch vergleichsweise geringe Veränderungen zu verzeichnen (Abb. 27, unten), wobei dies aber wohl in erster Linie als eine Folge der regelmäßigen Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich der Neubaustrecke angesehen werden kann.

Im nördlichen Bereich (MFN) waren im Vergleich zu den anderen Teilgebieten, insbesondere im Zeitraum 1999 – 2002, eher geringere interannuelle Unterschiede im Hinblick auf die Wassertiefe zu verzeichnen (vgl. BIOCONSULT 2003). In 2003 erfolgte gegenüber 2002 eine Vertiefung um <1m, die am linken Fahrrinnenrand stärker ausgeprägt war als am rechten (Abb. 27, unten). Nach der in 2004 dokumentierten Entwicklung war die durchschnittliche Wassertiefe an den MFN-Stationen von etwa 18 m (SKN) in 1999 auf etwa 19 m (SKN) in 2004 gestiegen. Insbesondere in 2003/2004 erfolgte eine gewisse Vertiefung in diesem Bereich, die rechts und in der Mitte der Fahrrinne ausgeprägter war als am linken Fahrrinnenrand.

4.3.2 Makrozoobenthos

Tab. 13 gibt einen Überblick über das Makrozoobenthospektrum im Untersuchungsgebiet der Fahrrinne zwischen km 730-740 für die Jahre 1999-2002. Die Gesamttaxazahl hat sich im Verlauf der Untersuchungszeit seit 1999 erhöht. So wurden 1999 23 Makrozoobenthostaxa, in 2001 und 2002 jeweils 25 Taxa, in 2003 26 Taxa und in 2004 das bisherige Maximum mit 29 Taxa nachgewiesen (Taxazahl ohne sp., wenn eine Art der Gattung vorhanden ist).

Ein erster Vergleich zwischen 1999 und 2001 hatte gezeigt, dass die Dominanzstruktur der Makrozoobenthosgemeinschaft ähnlich geblieben ist (BIOCONSULT 2002); die Dominanz der Crustacea, insbesondere der *Bathyporeia*-Arten, die die MZB-Gemeinschaft im Bereich der Fahrrinne prägten, blieb unverändert deutlich. So stellte diese Artengruppe sowohl 1999 als auch 2001 einen Anteil an der Gesamtabundanz von >50%. Einige Veränderungen traten jedoch auf: mit Ausnahme lokal höherer Polychaeta-Anteile (MFN- *Eteone longa*) waren Polychaeta-Arten in 2001 insgesamt mit Anteilen <2% an der Gesamtabundanz nur rezedent bzw. subrezedent. In 1999 erreichten zwei Polychaeta (*Magelona mirabilis* und *Eteone longa*) zumindest einen subdominanten Status. Des

Weiteren wurden einige andere Arten, die in 1999 präsent waren, in 2001 nicht nachgewiesen. Dazu gehörten die Muscheln *Mytilus edulis* und *Corbula gibba*. Für letztere ist nach BFN (1998) eine Gefährdung anzunehmen. Es handelt sich dabei aber um solche Arten, die auch 1999 nur in Einzelexemplaren erfasst wurden.

Eine grundsätzliche Änderung dieser Situation erfolgte auch in den Folgejahren 2002 - 2004 nicht. Drei *Bathyporeia*-Arten (*B. elegans*, *B. pelagica*, *B. pilosa*) dominierten nach wie vor das Spektrum der Fahrrinnengemeinschaft. Eine Ausnahme machte in diesem Zusammenhang der südliche Fahrrinnenbereich, hier in 2003 wurden erstmals Balaniden (*Balanus crenatus*) erfasst, die mit einer hohen Individuenzahl präsent waren, deren Nachweis aber eher als zufällig angesehen werden muss (s. Kap. 4.2.2). Neben den genannten Arten waren in 2003 und 2004 noch die Muschel *Mytilus edulis* (allerdings nur Juvenile) sowie ein Polychaet (*Magelona mirabilis*) vergleichsweise häufiger und erreichten Dominanzanteile von etwa 5% (subdominant), aufgrund der hohen Individuendichte der Crustacea in 2004, waren die genannten Polychaeta, trotz gleichbleibender absoluter Besiedlungsdichte, nur noch rezedent bzw. subrezedent (3% – <1%).

8 Crustacea-Arten konnten über den gesamten bisherigen Untersuchungszeitraum stetig nachgewiesen werden. Neben den Crustacea waren nur noch *M. mirabilis* und *Nephtys longosetosa* (Polychaeta) ebenso stetig. Insgesamt ist über die Jahre, insbesondere im Hinblick auf die im Untersuchungsgebiet dominanten Arten, nur eine relativ geringe Veränderung der Struktur Makrozoobenthosgemeinschaft eingetreten. Veränderungen im Dominanzstatus einzelner Arten sind zum größten Teil auf die ausgeprägte interannuelle Besiedlungsdynamik der sehr häufigen Crustacea-Gattung *Bathyporeia* zurückzuführen.

Insgesamt wurden 4 Taxa, darunter auch der Polychaet *Glyceria labidum* (Rote Liste-Gefährdung anzunehmen, s. Kap. 4.2.2) in 2004 erstmals aber nur örtlich und in geringer Individuenzahl nachgewiesen (Tab. 13).

Neben *G. labidum* konnten im Verlauf der Untersuchung mit den Muscheln *Cerastoderma edule* und *Corbula gibba* zwei weitere auf der Roten Liste (Status: Gefährdung anzunehmen bzw. Vorwarnliste) aufgeführte Arten festgestellt werden. Alle Arten wurden jeweils nur in einem Untersuchungsjahr und in wenigen Exemplaren erfasst.

Tab. 13: Fahrinne km 730-740, MZB-Artenspektrum Vergleich 1999-2004. gelb hervorgehoben: Taxa mit einem Dominanzanteil von >3%; * = Taxa mit einem Dominanzanteil von >5%; a= adult, j= juvenil. HB = Haarbörsten. Balaniden-Abundanzen bei der Berechnung des Dominanzanteils unberücksichtigt. Rot hervorgehobenen Taxa: erstmals in 2004 nachgewiesen.

	1999	2000	2002	2003	2004
Porifera					
Porifera indet				x	
Hydrozoa					
Bougainvillidae spp.					x
Hartlaubella gelatinosa		x	x		
Hydrozoa indet				x	
Obelia bidentata			x	x	x
Obelia sp.			x	x	
Pleurobrachia pileus					x
Sertularia cupressina			x		
Anthozoa					
Anthozoa indet.		x		x	
Actinaria indet.			x		
Nemertini					
Nemertini indet.	x	x	x		x
Gastropoda					
Eubranchia sp.				x	
Hydrobia ulvae				x	x
Bivalvia					
Cerastoderma edule			x		
Corbula gibba	x				
Macoma balthica (a+j)	x	x			x
Mytilus edulis (juv.)	x		x	x	x
Polychaeta					
Aricidea minuta			x		
Eteone longa	x	x			
Glycera labidum					x
Hediste diversicolor	x	x			
Heteromastus filiformis	x				
Magelona mirabilis	x*	x	x*	x	x
Marenzelleria spp.			x		x
Neanthes virens		x			
Nephtys caeca		x			
Nephtys cirrosa		x	x*	x	x
Nephtys hombergii (a+j)		x	x	x	x
Nephtys longosetosa	x	x	x	x	x
Nephtys spp. Juv			x	x	x
Nephtys sp.			x		x
Ophelia limacina	x	x		x	x
Paraonis fulgens					x
Scolecopsis squamata	x	x	x		
Scoloplos armiger	x	x		x	x
Spio martinensis	x	x			

	1999	2000	2002	2003	2004
Oligochaeta					
Oligochaeta indet.	x				
Tubificidae ohne HB	x				
Crustacea					
Gastrosaccus spinifer	x	x	x	x	x
Mesopodopsis slabberi					x
Neomysis integer					
Schistomysis kervillei	x	x	x	x	x
Schistomysis sp.				x	
Balanus crenatus				x*	x
Bathyporeia elegans	x*	x*	x*	x*	x
Bathyporeia guillamsoniana			x		x
Bathyporeia pelagica	x*	x*	x*	x*	x
Bathyporeia pilosa	x*	x*	x*	x*	x
Bathyporeia sarsi	x	x	x	x	x
Bathyporeia spp. juv.				x	x
Haustorius arenarius (a+j)	x*	x*	x	x	x
Jassa marmorata					x
Cirripedia indet.			x		
Crangon crangon	x	x	x	x	x
Carcinus maenas		x			
Corophium curvispinum			x		
Gammarus salinus			x		x
Liocarcinus holsatus				x	
Zoea indet.			x	x	
Echinodermata					
Ophiura spp. juv.				x	
Bryozoa					
Farella repens				x	
Taxazahlen gesamt	23	25	25	25	29

| Taxazahlen ohne Cirripedia indet und Zoea indet.

Artenzahl und Dominanzstruktur

Artenzahlen

Abb. 28A zeigt die Entwicklung der mittleren Taxazahlen/Greifer in den Teilgebieten Neubaustrecke (MB) sowie den Fahrinnenbereichen (Referenzen) oberhalb (MFS) und unterhalb (MFN) der Neubaustrecke. Eine weitere Differenzierung erfolgt mit der Darstellung der Artenzahlen in Abhängigkeit der Lage einer jeweiligen Station im Quertransekt (Abb. 28B).

Es ist erkennbar, dass die in 2001 dokumentierten Unterschiede zwischen den Teilbereichen auch bereits 1999 ähnlich ausgeprägt waren und ebenso in 2002 - 2004 weitgehend erhalten blieben. Insbesondere die südliche Referenz (MFS) wies wie 2001 und 2002 aber auch schon 1999 eine sehr geringe mittlere Taxazahl auf. Lediglich in 2003 erreichte die südliche Station eine ähnliche Taxazahl wie die anderen Teilgebiete.

Interannuelle Unterschiede im Hinblick auf die Taxazahlen waren im Bereich der Neubaustrecke bis einschließlich 2003 eher gering ausgeprägt, dies gilt für alle 3 in diesem Teilgebiet differenzierten Stationsgruppen (Abb. 28A). Die Taxazahl veränderte sich nach 1999 (blaue Säulen), also nach Durchführung der Vertiefungsarbeiten, im Bereich der Neubaustrecke nicht wesentlich. Die mittleren Taxazahlen waren insgesamt gering und schwankten bis 2003 um 2,5 - 3 Taxa/Greifer. In 2004 trat insofern eine Veränderung, als dass die Anzahl der Wirbelosentaxa im Vergleich zu den Vorjahren, einschließlich der status-quo-Situation, aber auch im Vergleich zur Referenz auf durchschnittlich etwa 4,5 Taxa/Greifer deutlich anstieg.

Der nördliche Referenzbereich (MFN) wies im Verlauf der Untersuchung nur geringe interannuelle hinsichtlich der Taxa auf. Mit Ausnahme von 2003, in dem die Taxazahl mit nur 1,5 Taxa/Greifer ein Minimum aufwies, lagen die Werte in den übrigen Jahren um 2 – 2,5 Taxa/Greifer und waren damit weniger artenreich als die Stationen der Neubaustrecke, dies gilt insbesondere für das Jahr 2004 (Abb. 28A).

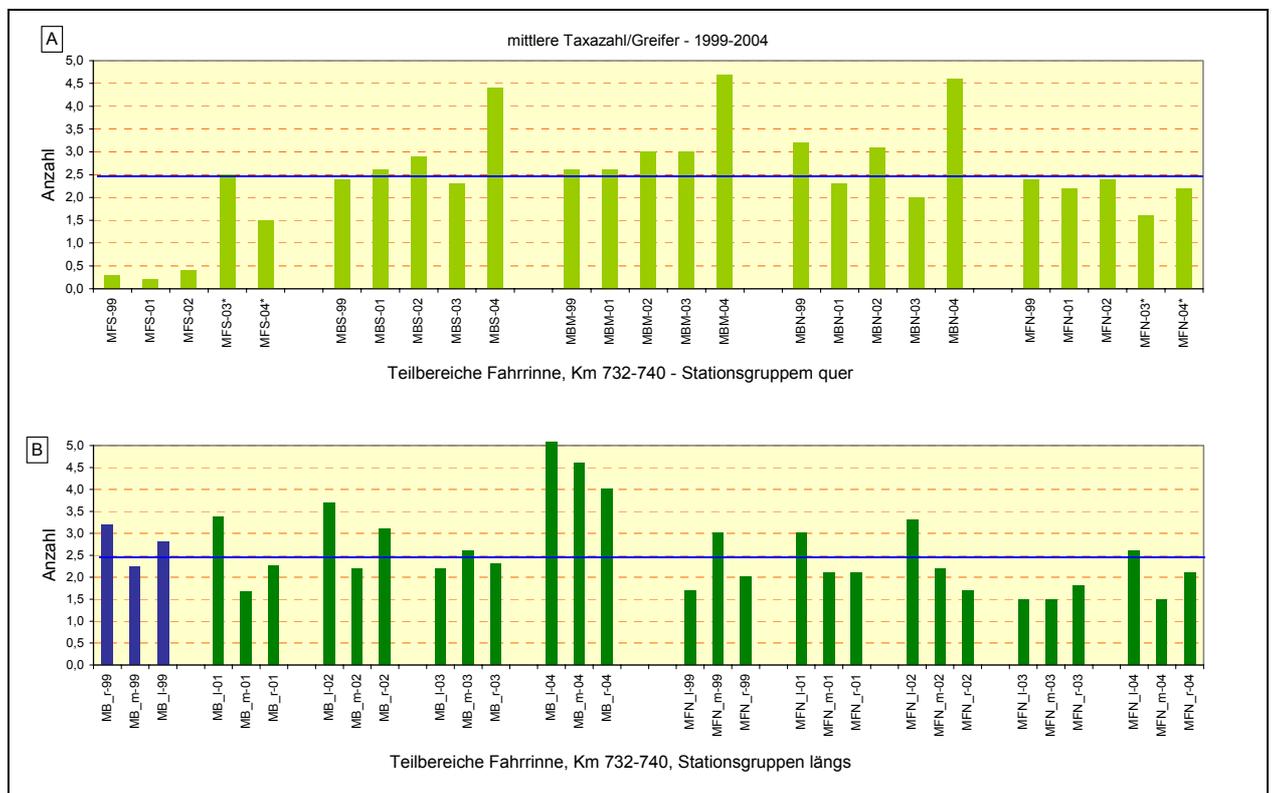


Abb. 28: A) Interannueller Vergleich (1999-2004) der mittleren Taxazahlen an den 5 Quertransekten (jeweils $N_{Stationen}=3$) in der Fahrrinne von km 730-740, differenziert nach Teilbereichen. MFS=Bereich oberhalb der Neubaustrecke ($N_{Stationen}=3$ Stationen bis 2002/ 1Station in 2003/04), MBS = südl. Bereich der Neubaustrecke, MBM = mittlerer Bereich der Neubaustrecke, MBN = nördl. Bereich der Neubaustrecke; MFN= Referenz-Bereich unterhalb (nördl.) der Neubaustrecke. B) Interannueller Vergleich der Artenzahlen/Greifer differenziert nach Teilbereichen (MFS, MB, MFN) sowie nach Lage der Stationen im Fahrinnenquerschnitt, -L=linker Fahrinnenrand, -M=Fahrinnenmitte, -R=rechter Fahrinnenrand. Blaue Linie: Gesamtmittelwert Anzahl Taxa/Greifer

Eine Differenzierung der Stationen entsprechend ihrer Lage in Flusslängsrichtung veranschaulicht gewisse Besiedlungsunterschiede zwischen linkem, mittlerem und rechtem Fahrinnenrand (Abb.

28B). Aufgrund der geringen Besiedlungsdichte und der Verlagerung von zwei Untersuchungsstationen in den nördlichen Referenzabschnitt ab 2003, ist eine solche Differenzierung für den Bereich MFS nicht aussagekräftig. Auf eine Darstellung wurde daher verzichtet.

Im Bereich der Neubaustrecke wies die Fahrrinnenmitte (MB_m) bis 2002, also auch schon 1999 die niedrigsten Werte auf. In 2001 ging die Taxazahl/Greifer im Bereich MB_m von ca. 2,2 in 1999 auf nur 1,7 Taxa/Greifer relativ deutlich zurück. In den Folgejahren stieg die Taxazahl aber wieder auf das Niveau von 1999, bzw. lag in 2004 mit 4,6 Taxa/Greifer deutlich über dem Ausgangswert von 1999. Eine ähnlich ausgeprägte Veränderung betraf auch den linken Fahrrinnenrand; allerdings nahm in diesem Bereich die Taxazahl in 2001 und 2002 von 2,8 auf 3,7 Taxa/Greifer relativ deutlich zu, sank dann allerdings in 2003 und lag mit 2,2 Taxa/Greifer geringfügig unter dem Wert von 1999 und erreichte in 2004 das bisherige Maximum mit 5,1 Taxa/Greifer. An den Stationen am rechten Fahrrinnenrand schwankte die Taxazahl zwischen 3,2 (in 1999 und 2002) und 2,3 Taxa/Greifer (in 2001 und 2003). Wie an den übrigen in der Neubaustrecke untersuchten Stationen erfolgte auch am rechten Fahrrinnenrand eine Erhöhung der Taxazahl in 2004, mit einem bisherigen Höchstwert von 4 Taxa/Greifer.

Im nördlichen Referenzbereich (MFN) konnte ebenfalls ein gewisse Besiedlungs-Variabilität der verschiedenen Fahrrinnenzonen festgestellt werden (Abb. 28B). Allerdings zeigte sich dabei kein erkennbares Muster. So wies beispielsweise in 1999 die Fahrrinnenmitte, 2001 der linke Fahrrinnenrand und in 2003 der rechte Fahrrinnenrand die höchsten Werte auf. Anders als im Bereich der Neubaustrecke waren die Referenzstationen nicht durch einen deutlichen Anstieg der mittleren Taxazahlen in 2004 gekennzeichnet (vgl. Abb. 28A und B).

Dominanzstruktur

Abb. 29 (A+B) zeigt die relativen Abundanzanteile der dominierenden Benthosarten im Bereich der Baggerstrecke sowie im Bereich nördlich der Baggerstrecke im interannuellen Vergleich sowie eine Bilanz der Individuendichte des Jahres 2004 gegenüber 1999 und gegenüber 2003 (Abb. 29 C-F). Auf die Darstellung des südlich der Baggerstrecke befindlichen Bereiches (MFS) wurde aufgrund der sowohl 1999 als auch 2001 -2004 sehr geringen Besiedlungsdichte verzichtet. Die Ergebnisse veranschaulichen, dass Crustacea unabhängig vom Untersuchungsjahr und Teilgebiet die Benthosgemeinschaft der Fahrrinne überwiegend stark dominierten. So stellten im Bereich der Neubaustrecke 4 Amphipodaarten (*Haustorius arenarius*, *Bathyporeia pelagica*, *B. pilosa*, *B. elegans*) den Hauptanteil der Makrozoobenthos-Besiedlung. In 1999 erreichten die Amphipoda zusammen 78,6%, in 2001 war deren Dominanz noch sehr viel deutlicher ausgeprägt (95,5%). Allerdings wurde *H. arenarius*, der 1999 eudominant auftrat, in 2001 von *B. pilosa* als häufigste Art abgelöst. Die Veränderung der Dominanzstruktur war dabei aber nicht auf einen tatsächlichen Individuenrückgang von *H. arenarius* zurückzuführen - dessen Individuendichte blieb in 2001 gegenüber 1999 nahezu unverändert - sondern auf den starken Abundanzzuwachs von *Bathyporeia*-Arten in 2001. In 2002 und 2003 war der Crustacea-Anteil mit 80% bzw. 88,5% weiterhin sehr hoch. In 2004 stellten die Crustacea sogar 96% aller im Bereich der Neubaustrecke erfassten Wirbellosenorganismen, dies ist auf einen starken Anstieg der Crustaceadichte gegenüber den Vorjahren zurückzuführen, verantwortlich war hierfür der Individuenzuwachs der für die 3 häufigsten *Bathyporeia*-Arten dokumentiert wurde (Abb. 29E).

Gewisse strukturelle Veränderungen wurden, bei insgesamt geringen Abundanzschwankungen, für die Polychaeta verzeichnet. Diese Gruppe spielte im gesamten Verlauf der Untersuchung aus

quantitativer Sicht eine untergeordnete Rolle, dies gilt v.a. für 2001 und 2004, in diesen Jahren lag der relative Abundanzanteil der gesamten Gruppe >2%, die einzelnen Arten hatten nur einen rezedent bzw. subrezedenten Status. In 2002 und 2003 erreichten einige Arten wie *Nephtys cirrosa* (8%) in 2002 und *Magelona mirabilis* in 2003 mit 6,9% einen zumindest subdominanten Status (Abb. 29A).

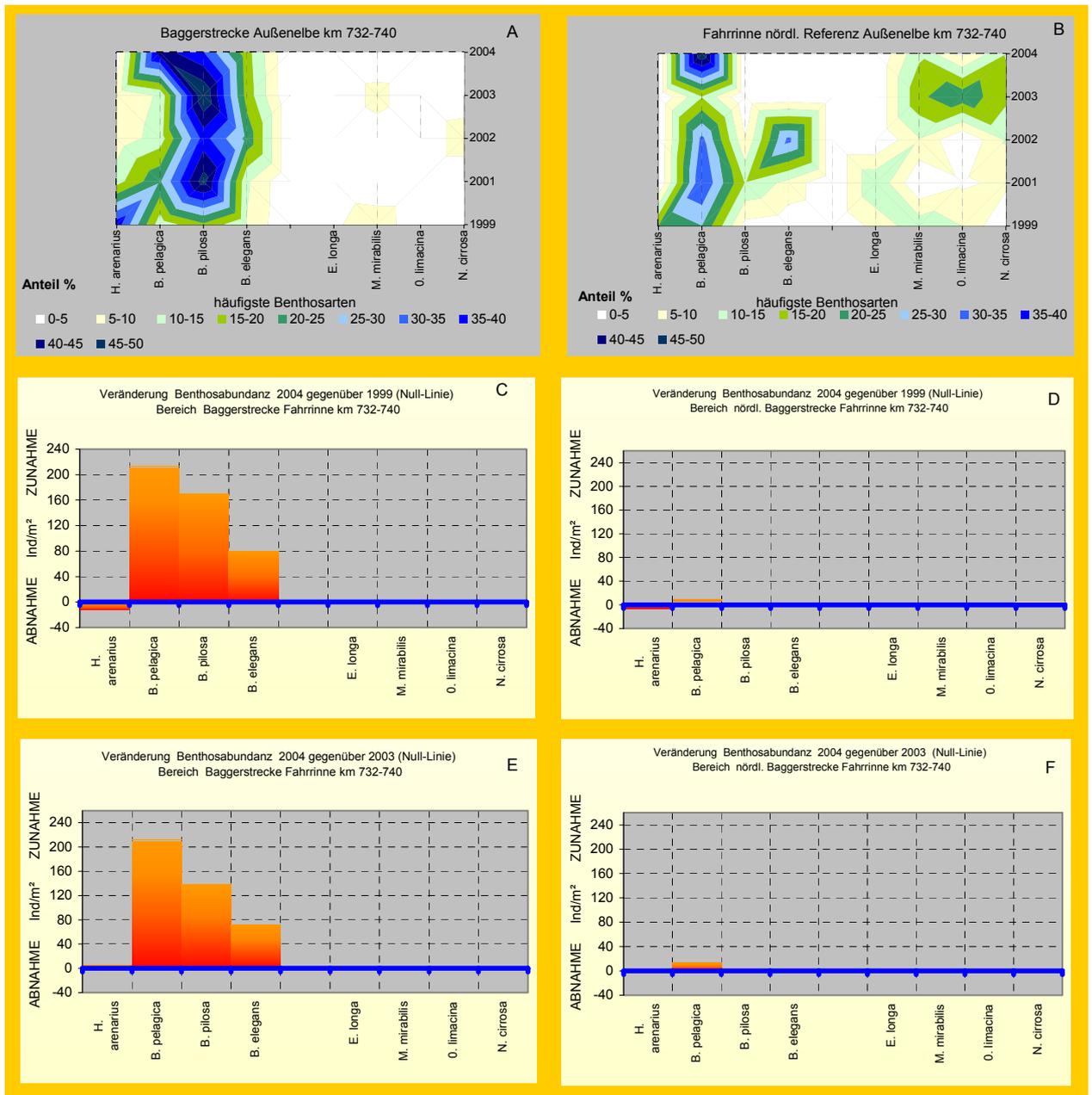


Abb. 29: Interannueller Vergleich der MZB-Dominanzstruktur (A+B) und der Bilanz der Abundanzverhältnisse (Abweichung 2004/1999, C+D; Abweichung 2004/2003 E+F) anhand der häufigsten Benthosarten im Untersuchungsgebiet Fahrrinne km 730-740, differenziert nach Teilbereichen: Neubaustrecke ($N_{Stationen}=9$, Bilder A+B) und Bereich nördlich der Baggerstrecke ($N_{Stationen}=3/5^*$, Bilder D-F). * = nur 2003.

Der jeweilige Dominanzstatus der Polychaeta-Arten wurde aufgrund der durchgängig sehr starken Dominanz der Crustacea im wesentlichen durch deren Besiedlungsdynamik bestimmt und weniger durch ‚eigene‘ Abundanzveränderungen, da diese auf einem deutlich geringeren Niveau stattfanden.

Mit Ausnahme von *H. arenarius* dessen Dominanzanteile und Abundanzen von 1999 bis 2003 kontinuierlich rückläufig waren und *B. pilosa* bzw. *B. pelagica* deren Werte von 1999 bis 2003 zunahmen, entsprachen die Dominanzverhältnisse der Arten in etwa denjenigen, die auch 1999 im Bereich der Neubaustrecke festgestellt wurden, obwohl in 2004 eine deutliche Zunahme der absoluten Individuendichte bei den o.g. *Bathyporeia* erfolgte. Dieses Ergebnis wird durch die Abweichung von der Null-Linie (= Situation 1999 bzw. Situation 2003) verdeutlicht (Abb. 29C, E).

Im nördlichen Referenzbereich erfolgten im Verlauf der Untersuchung ebenfalls Verschiebungen im Hinblick auf die Dominanzstruktur. Anders als im Bereich der Neubaustrecke wurden diese Verschiebungen in 2001 z.T. durch Individuenrückgänge, wie z.B. bei *H. arenarius* oder dem Polychaeten *Magelona mirabilis* hervorgerufen (BIOCONSULT 2003). In 2002 wurden gegenüber 1999 und 2001 durch einen höheren Dominanzanteil von *B. elegans* weitere Veränderungen der Dominanzstruktur verzeichnet (Abb. 29B). Die Eudominanz von *B. elegans* war die Folge der in 2002 höheren Individuendichte im Vergleich zu den Vorjahren. Ein ähnliches Ergebnis konnte auch für den Polychaeten *Nephtys cirrosa* verzeichnet werden, dessen Abundanzanteil in 2002 auf 10,5% stieg und damit gehörte die Art, anders als in den Vorjahren, sogar zu den dominanten Arten in diesem Untersuchungsbereich (vgl. BIOCONSULT 2003). In 2003 traten insbesondere gegenüber dem Vorjahr deutliche Veränderungen ein. So nahm die Besiedlungsdichte der Crustacea vergleichsweise deutlich ab, während bei den Polychaeten sogar leichte Zunahmen (*Ophelia limacina*) dokumentiert wurden (Abb. 29F). Diese Entwicklung hatte eine Umstrukturierung der Dominanzhierarchie zur Folge. Während im Zeitraum 1999-2002 die Benthosgemeinschaft der nördlichen Referenz immer durch *Bathyporeia*-Arten dominiert wurde, erfolgte in 2003 deren Ablösung aus den o.g. Gründen durch die Polychaeta *Ophelia limacina* und *Magelona mirabilis* (Abb. 29B). In 2004 veränderte sich durch die Zunahme der Crustacea (*B. pelagica*) und eines geringen Rückganges der Polychaetendichte eine erneute Veränderung in der Zusammensetzung der Dominanzstruktur. So waren in 2004 wie im Zeitraum 1999 –2002 die Crustacea wieder die dominierende Organismengruppe (Abb. 29B).

Die ausgeprägte Variabilität der Dominanzstruktur im Bereich der nördlichen Referenz, wird auch durch einen Vergleich der Dominanzidentitäten (Renkonensche Zahl) mit der Neubaustrecke verdeutlicht. In den Jahren 1999-2002 wiesen beide Teilgebiete eine mittelhohe Ähnlichkeit ihrer Benthosgemeinschaften von 48,6–52% auf, in 2003 sank die Dominanzidentität auf nur 20% ab. Dieser Befund war auf den in 2003 erfolgten Rückgang der Crustacea im Referenzbereich und auf die niedrigen Dominanzgrade der Polychaeta im Bereich der Neubaustrecke zurückzuführen. Durch die in 2004 wieder höheren Crustaceanzahlen an den Referenzstationen ging auch wieder eine höhere Ähnlichkeit der Dominanzidentität zwischen Neubaustrecke und Referenz einher. Diese lag in 2004 bei ca. 46% und entsprach damit in etwa den Werten, die für den Zeitraum 1999-2002 ermittelt wurden.

Abundanzen

Abb. 30 (Bilder A+B) veranschaulicht analog zum Parameter Artenzahl den interannuellen Vergleich der MZB-Gesamtabundanz, unterschieden nach den Teilbereichen MFS, MB und MFN. Ebenso wird auch für den Aspekt Abundanz eine weitere Differenzierung innerhalb der Teilbereiche vorgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass 1999 die Neubaustrecke eine etwas höhere Benthosdichte aufwies als die südlich und nördlich gelegenen Referenzgebiete. Die mittlere Besiedlungsdichte der MB-Stationen lag bei etwa 60 Ind./m², während die Referenzen Besiedlungsdichten von 33 Ind./m² (MFN) bzw. <10 Ind./m² (MFS) aufwiesen.

Diese Ausgangssituation änderte sich in 2001. Es wurde eine deutliche Zunahme der Besiedlungsdichte im Bereich der Neubaustrecke festgestellt. Die mittlere Individuendichte nahm in 2001 gegenüber 1999 deutlich zu, was in erster Linie auf die Bestandsdynamik der o.g. *Bathyporeia*-Arten zurückzuführen war. Die Benthosabundanz stieg in 2001 bei sehr ausgeprägter gebietsinterner Variabilität an den Stationen der Neubaustrecke auf durchschnittlich 170 Ind./m² an. In den Folgejahren war dieses hohe Besiedlungsniveau jedoch nicht konstant. In 2002 sank die Individuendichte (59 Ind./m²) wieder auf den Wert von 1999; in 2003 war die Veränderung gegenüber dem Vorjahr eher gering und stieg leicht auf 78 Ind./m² an. Eine sehr starke Zunahme wurde dann in 2004 verzeichnet, die Neubaustrecke wies in diesem Jahr eine mittlere Makrozoobenthosdichte von 517 Ind./m² und erreichte bezogen auf den Untersuchungszeitraum damit ein Besiedlungsmaximum (Abb. 30A). Wie bereits in 2002 war die hohe Dichte ausschließlich auf die Crustacea (*Bathyporeia*) zurückzuführen, die im Bereich der Neubaustrecke örtliche Dichten von >1.500 Ind./m² erreichten. Die Besiedlungsdichte der Polychaeta erhöhte sich gegenüber den Vorjahren nur leicht, aufgrund der ausgeprägten Dominanz der Crustacea wirkten sich wie auch in den Vorjahren Bestandsänderungen der Polychaeta allerdings nicht erkennbar aus.

Die nördliche Referenz (MFN) wies eine im Vergleich zur Neubaustrecke deutlich geringere interannuelle Besiedlungsvariabilität auf. Der Ausgangswert von 33 Ind./m² veränderte sich in den Folgejahren kaum. Der höchste Wert wurde 2002 mit 42 Ind./m² und der geringste in 2003 mit 22,7 Ind./m² ermittelt. In 2004 konnten durchschnittlich 34 Ind./m² registriert werden, dies entsprach dem Wert von 1999. Die mittlere Besiedlungsdichte der Referenz lag während der gesamten bisherigen Untersuchungszeit z.T. sehr deutlich unter derjenigen, die im Bereich der Neubaustrecke ermittelt wurde. Dies gilt v.a. in 2001 und 2004, dem ersten und vierten Untersuchungsjahr nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten. Die Unterschiede zur Neubaustrecke wurde ausschließlich durch die Gruppe der Crustacea hervorgerufen. Diese waren im Referenz weitaus weniger häufig, während die Polychaeten hier stärker vertreten waren als im Bereich der Neubaustrecke, allerdings basierten die Unterschiede auf einem deutlich niedrigeren Abundanzniveau.

Die südliche Referenz (MFS) war schon 1999 sehr spärlich besiedelt. In 2001 und 2002 waren die MFS-Stationen mit <5 Ind./m² weiterhin nahezu unbesiedelt (Abb. 30A). 2003 konnte, aufgrund einer sehr wahrscheinlich zufällig erfassten hohen Seepockendichte (>500 Ind./m², nicht in Abb. 30 mit dargestellt), im Hinblick auf die Besiedlungsdichte als ein Sonderjahr bezeichnet werden. In 2004 lag Makrozoobenthosabundanz bei 16,7 Ind./m² (ohne Seepocken).

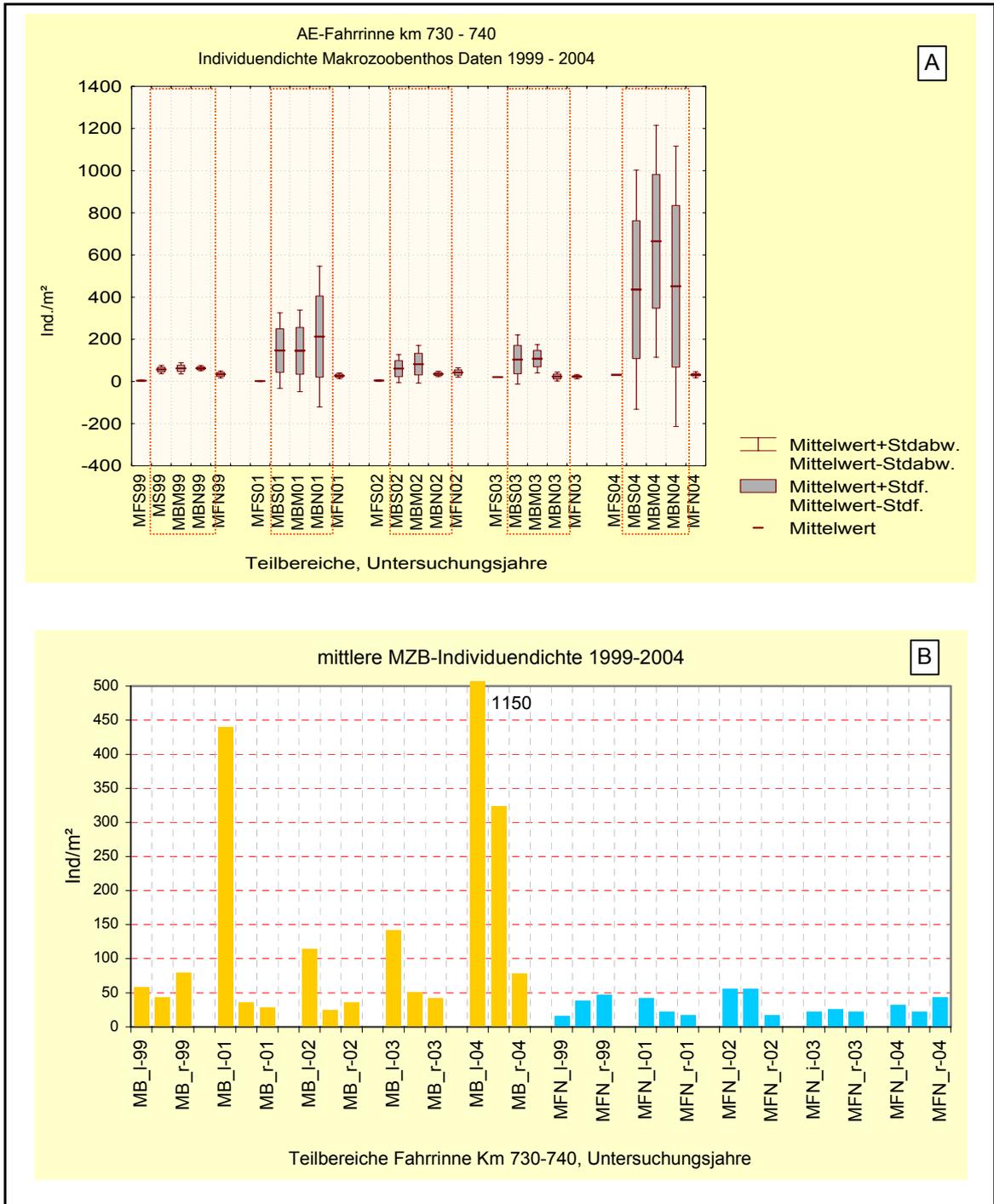


Abb. 30: A: Entwicklung der mittleren MZB-Abundanz der 5 Quertransekte (jeweils $N_{Stationen}=3$) in der Fahrinne von km 730-740 von 1999 bis 2004, differenziert nach Teilbereichen: MFS=Bereich oberhalb der Neubaustrecke ($N_{Stationen}= 3$ bis 2002/ 1 in 2003/04), MBS= südl. Bereich der Neubaustrecke, MBM=mittlerer Bereich der Neubaustrecke, MBN=nördl. Bereich der Neubaustrecke; MFN= Bereich unterhalb (nördl.) der Neubaustrecke. MFS in 2003 ohne Balaniden dargestellt. B: Interannueller Vergleich (1999-2004) der MZB-Abundanz/Station, differenziert nach Teilbereichen (MB, MFN) sowie nach Lage der Stationen im Fahrinnenquerschnitt. L=linker Fahrinnenrand, M=Fahrinnenmitte, R=rechter Fahrinnenrand. Hyperbenthos nicht berücksichtigt. Stationen der Neubaustrecke rot umrandet.

Abb. 30B sowie Abb. 31 (linkes Bild: fokussiert auf die Neubaustrecke) verdeutlichen die z.T. sehr unterschiedliche Besiedlung der Fahrinnenzonen, insbesondere im Bereich der Neubaustrecke.

So unterscheidet sich die Fahrinnenmitte (MB-M99) in 1999 von den Rändern durch eine geringere MZB-Abundanz; die Unterschiede zum rechten Fahrinnenrand (MB-R99) sind als signifikant anzusehen ($p < 0,05$ U-Test). In 2001 waren die Unterschiede noch deutlicher ausgeprägt, insbesondere ist der erhebliche Individuenzuwachs am linken Fahrinnenrand (MB-L01) auffällig. Die MZB-Dichte war hier signifikant höher als an den beiden anderen Bereichen. Auch im interannuellen Vergleich sind die Unterschiede im Bereich der Baggerstrecke deutlich und z.T. rechnerisch signifikant (BIOCONSULT 2002). Während in 2002 und 2003 gegenüber 2001 weder in der Fahrinnenmitte noch in Bereich des rechten Fahrinnenrandes wesentliche Unterschiede zu verzeichnen waren, wies die linke Fahrinnenseite mit etwa 115 Ind./m² (2002) und 140 Ind./m² (2003) gegenüber 439 Ind./m² (2001) wieder deutlich geringere Abundanzen auf.

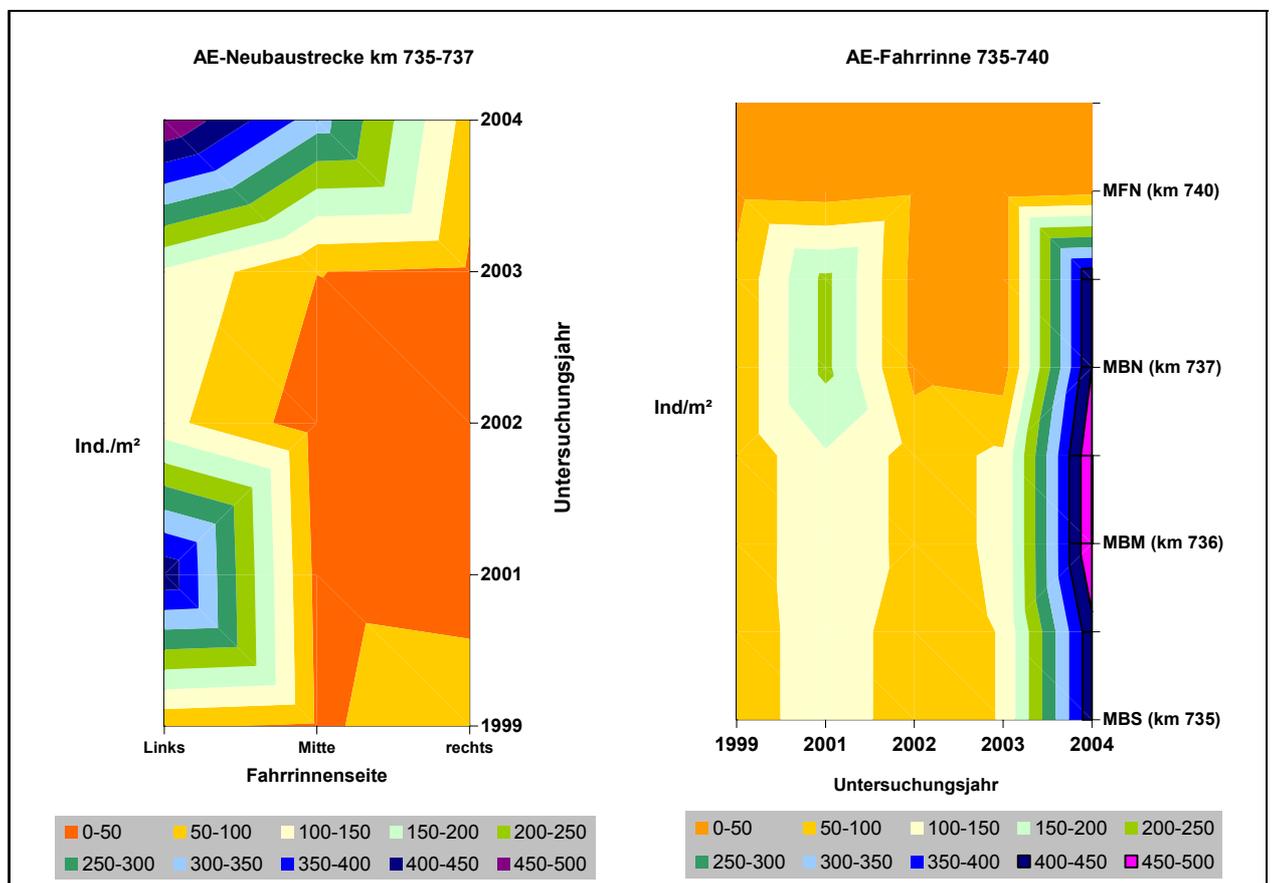


Abb. 31: Abundanzverteilung (Ind./m²) im Bereich der Neubaustrecke über den Fahrinnenquerschnitt und im Fahrinnenlängsschnitt von km 735 – km 740 im Zeitraum 1999 - 2004 (jeweilige Stationswerte zusammengefasst). Links = Stationen am linken Fahrinnenrand, Mitte = Stationen in der Fahrinnenmitte, rechts = Stationen am rechten Fahrinnenrand. MBS = südliche Stationsgruppe der Neubaustrecke, MBM = Stationsgruppe in der Mitte der Neubaustrecke, MBN = nördliche Stationsgruppe der Neubaustrecke, MFN = nördliche Referenzstationen.

In 2004 traten wieder deutliche Veränderungen ein. So erhöhte sich die Besiedlungsdichte an den Stationen des linken Fahrinnenrandes auf 1.150 Ind./m² und unterschied sich damit signifikant (F-

Test $p < 0,05$) von den beiden anderen Fahrrinnenbereich ‚Mitte‘ (324 Ind./m²) und ‚links‘ (78 Ind./m²).

Eine vergleichbare, aber deutlich schwächer ausgeprägte Besiedlungsdynamik zeigt sich auch an MFN (Abb. 30B). Schon in 1999 waren z.T. Unterschiede zwischen den Fahrrinnenbereichen vorhanden. So lag die Benthosdichte in der Fahrrinnenmitte und am rechten Fahrrinnenrand signifikant höher als diejenige am linken Fahrrinnenrand. Der interannuelle Vergleich veranschaulicht, dass die Fahrrinnenmitte (MB-M01) in 2001 mit ca. 22 Ind./m² gegenüber 1999 (38 Ind./m²) geringer besiedelt war. In 2002 erfolgte eine Zunahme der Individuendichte, die am rechten Fahrrinnenrand schwach, in der Fahrrinnenmitte (55 Ind./m²) ausgeprägt war. In 2003 waren bei im Vergleich zum Vorjahr geringeren Abundanzen (im Mittel etwa 23 Ind./m²), gebietsinterne Besiedlungsunterschiede nicht vorhanden. In 2004 wurden v.a. an den Stationen des rechten Fahrrinnenrandes wieder Zuwächse verzeichnet, hier wurde eine Besiedlungsdichte von 43 Ind./m² festgestellt. Die anderen beiden Fahrrinnenbereiche der Referenz lagen in etwa in der Größenordnung des Vorjahres (Abb. 30B).

In der Zusammenschau zeigt sich, dass die zeitliche und räumliche Variabilität im Referenzbereich im Vergleich zur Neubaustrecke deutlich geringer war. So variierten die Individuenzahlen an den Referenzstationen lediglich zwischen 15 – 50 Ind./m² während im Bereich der Neubaustrecke die Werte räumlich und zeitlich zwischen 25 - >1.000 Ind./m² sich z.T. stark unterschieden (Abb. 31 links).

Trotz der auch im Referenzabschnitt dokumentierten gebietsinternen räumlichen und zeitlichen Besiedlungsvariabilität zeigen sich im Vergleich zur Neubaustrecke ausgeprägte Unterschiede im Hinblick auf die Besiedlungsdynamik. Zum einen sind, wie oben dargestellt, die interannuellen Veränderungen nach 1999 wesentlich geringer und zum anderen hebt sich im gebietsinternen Vergleich, anders als im Bereich der Neubaustrecke, keine Fahrrinnenseite im Hinblick auf die Benthosbesiedlung durchgängig gleichbleibend ab.

Zwei Aspekte blieben damit insgesamt auffällig: zum einen die nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten trotz der ausgeprägten interannuellen Variabilität durchgängig deutlich höhere Besiedlung des linken Fahrrinnenrandes, die zunächst unerwartet mit den in diesem Bereich höchsten Baggeraktivitäten korrespondiert und zum anderen die nach 1999 durchgängig höhere Besiedlungsdichte der Neubaustrecke im Vergleich zu den Referenzstandorten.

4.4 Zusammenfassende Diskussion Fahrrinne km 730 – 740

Baggertätigkeiten

Nach den in 1999/2000 vertiefungsbedingten hohen Baggermengen im Bereich der Neubaustrecke fand in 2001 – 2004 weiterhin eine z.T. intensive Unterhaltungsbaggerung statt. Insbesondere in 2003 und 2004 wurden im Bereich der Neubaustrecke vergleichsweise hohe Mengen entnommen. Die Baggermengen verteilten sich dabei nicht gleichmäßig über den gesamten Fahrrinnenabschnitt, sondern erfolgten in allen Jahren zum weitaus größten Teil auf der linken Seite (stromabgesehen) der Fahrrinne.

In den Referenzbereichen fanden ebenfalls Unterhaltungsbaggerungen statt, allerdings lagen die Mengen im Vergleich zur Neubaustrecke weitaus niedriger. Eine Ausnahme macht in diesem Zusammenhang der Zeitraum Juli/August 2003, hier wurden auch in der nördlichen Referenz erstmals größere Sedimentmengen entnommen.

Sedimente und Wassertiefe

Die einzelnen Teilgebiete Neubaustrecke und Referenzen unterschieden sich in 2004 im Hinblick auf die Sedimentbeschaffenheit z.T. deutlich. Dies betrifft insbesondere die südliche Referenz-Stationengruppe in der Fahrrinne, deren Sedimente durch Grobsande geprägt wurden, während die Stationen der Neubaustrecke und die nördlichen im Fahrrinnenbereich gelegenen Referenz-Stationen vorwiegend durch Feinsande oder durch Mittelsande dominiert wurden. Diese unterschiedlichen Rahmenbedingungen waren bereits 1999 vorhanden (s.u.). Möglicherweise sind die besonderen Sedimentbedingungen der südlichen Stationsgruppe ein Grund für deren geringe Makrozoobenthos-Besiedlung (s. Kap.4.3).

Innerhalb der einzelnen Teilgebiete wurden im Hinblick auf die Sedimentzusammensetzung interannuelle Unterschiede verzeichnet. So traten in der Neubaustrecke aber auch in der nördlichen Referenz in 2001 vergleichsweise deutliche Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation 1999 ein. In beiden Teilgebieten erhöhte sich der Feinsandanteil auf Kosten der Mittel- oder Grobsande. Im weiteren Verlauf der Untersuchung, insbesondere in 2003 und 2004, veränderte sich die Sedimentzusammensetzung weiter; in beiden Gebieten entsprachen die Bedingungen in 2004 wieder in etwa derjenigen von 1999.

Der interannuelle Vergleich verdeutlicht auch, dass eine klare Veränderung der Wassertiefe gegenüber 1999 eingetreten ist. Dies betrifft maßnahmenbedingt die Baggerstrecke selbst, aber auch den südlich der Neubaustrecke gelegenen Referenzbereich, obwohl hier nur in geringem Umfang Unterhaltungsbaggerungen erfolgten. In den genannten Teilgebieten erhöhte sich die mittlere Wassertiefe z.T. um bis zu 3 m, wobei diese Vertiefung in 2002 und 2003 im Referenzbereich-Süd wieder rückläufig war. Insgesamt war der südliche Fahrrinnenbereich einer ausgeprägten interannuellen Veränderungsdynamik im Hinblick auf die Wassertiefe unterworfen, während der nördliche Referenzbereich diesbezüglich insgesamt nur geringe Veränderungen zeigte.

Makrozoobenthos

Die Dominanzstruktur der Benthosgemeinschaften der Teilgebiete Neubaustrecke und nördliche Referenz wiesen in 2004 allerdings eine höhere Ähnlichkeit als in 2003, dieses entsprach in etwa wieder derjenigen, die 1999 festgestellt werden konnte. Amphipoden waren in 2004 wie auch in den Vorjahren im Bereich der Neubaustrecke und nördlichen Referenz (MFN) dominant, während letztere in 2003 von Polychaeten geprägt wurde. Die südliche Referenz hatte nach wie vor eine Sonderstellung und wurde nicht zum Vergleich mit der Neubaustrecke herangezogen (s.u.).

Bereits die Status-quo-Untersuchung (1999) offenbarte quantitative Besiedlungsunterschiede zwischen den untersuchten Teilgebieten südliche und nördliche Referenz sowie der Neubaustrecke. Die südliche Referenz hatte im gesamten Verlauf der bisherigen Untersuchungen durchgängig eine Sonderstellung inne, die sich von 1999 bis 2002 sowie 2004 durch eine sehr spärliche Besiedlung und in 2003 durch ein relativ hohes Individuenaufkommen von sehr wahrscheinlich zufällig erfass-

ten Balaniden ausdrückte. Aus den genannten Gründen erschien sie als Vergleichsmaßstab ungeeignet, was nach 2002 insofern zu einer Modifikation des Untersuchungsdesigns führte, als dass 2 der 3 südlichen Stationen in den nördlichen Referenzbereich verlegt wurden. Anders als bei der südlichen Referenz war die Gemeinschaft der nördlichen Referenz ähnlich strukturiert wie diejenige der Neubaustrecke, wies aber 1999 etwas geringere Kennwerte (Artenzahl, Abundanz) auf. In 2001 veränderte sich diese Ausgangssituation aufgrund einer deutlichen Abundanzzunahme im Bereich der Neubaustrecke, bei in etwa gleichbleibender Besiedlungsdichte im nördlichen Referenzbereich. Diese Unterschiede bleiben auch in 2002 und 2003 erhalten, trotz einer Abnahme der in 2001 sehr hohen Makrozoobenthos-Abundanzen im Bereich der Neubaustrecke. In 2004 waren bezogen auf den Untersuchungszeitraum die quantitativen Unterschiede zwischen nördlicher Referenz und Neubaustrecke aufgrund des starken Individuenzuwachses von Crustacea in letzterem Teilgebiet am stärksten.

Die teilgebietsinterne Betrachtung verschiedener Fahrinnenzonen (links, Mitte, rechts) zeigt eine stark ausgeprägte räumliche und zeitliche Besiedlungsvariabilität. So konnten z.T. quantitative Besiedlungsunterschiede innerhalb der Teilgebiete, v.a. innerhalb der Neubaustrecke ermittelt werden. Hier erfolgte insbesondere in 2001 gegenüber 1999 eine starke Abundanzzunahme verschiedener *Bathyporeia*-Arten, die allerdings fast ausschließlich die Stationen am linken Fahrinnenrand betraf.



Abb. 32: Entwicklung der *Bathyporeia*- und Polychaeta-Abundanz von 1999-2004 und durchschnittliche Baggermengen/Monat im stromab gesehen linken (oben) und rechten Fahrinnenbereich (unten), bezogen auf den Zeitraum jeweils 12 Monate vor der Makrozoobenthos-Probenahme. Teilgebiet Neubaustrecke

Dieser Befund blieb auch 2002 und 2003 in abgeschwächter Form und in 2004 wieder verstärkt erhalten. In der Fahrrinnemitte und am rechten Fahrrinnenrand der Neubaustrecke sowie war eine solche Besiedlungsdynamik dagegen wesentlich schwächer ausgeprägt. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass diese Entwicklung trotz der gerade im linken Fahrrinnenbereich (MB-L) sehr intensiven Baggerungen erfolgte (Abb. 32, linkes Bild, oben). Die Art siedelt in der obersten Sedimentschicht der sandigen Gewässersohle, so dass wahrscheinlich ist, dass die Tiere durch Sedimententnahmen wohl weitgehend quantitativ entfernt werden. Anzunehmen ist daher, dass auch im Bereich der Neubaustrecke unmittelbar nach den Baggerungen zunächst ein deutlicher Abundanzrückgang erfolgte, der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aber nicht dokumentiert wurde, vermutlich weil die Beprobungen im Mai 2001 während des bereits eingesetzten Wiederbesiedlungsprozesses erfolgten. *Bathyporeia*-Arten besitzen ein sehr hohes Wiederbesiedlungspotenzial, da sie zum einen sehr mobil sind und zum anderen auch eine hohe Reproduktionsrate und 2 Generationen im Jahr hervorbringen (FISH & FISH 1978, LADLE 1978). Nach den vorliegenden Ergebnissen erscheint es denkbar, dass bestimmte Arten, wie die vergleichsweise mobilen Amphipoda (v.a. *Bathyporeia*) durch Baggerungen in ihrer Entwicklung begünstigt werden. Ein solcher Zusammenhang wird durch die Befunde der Stationen der Fahrrinnen-Mitte (MB-M) und der am rechten Fahrrinnenrand (MB-R): hier wurde im interannuellen Vergleich bei deutlich geringerer Baggerintensität eine wesentlich geringere Besiedlungsvarianz verzeichnet, wie exemplarisch für den rechten Fahrrinnenbereich dargestellt (Abb. 32, linkes Bild, unten).

Anders als für die o.g. Amphipoda scheinen andere Spezies von Baggerungen beeinträchtigt worden zu sein. Hierzu gehören z.B. verschiedene Polychaeta. Arten dieser Gruppe, deren Besiedlungsdichte im Bereich der Elbe-Fahrinne zwar wohl generell niedrig ist, wurden im Bereich der Neubaustrecke bei einer interannuellen Variabilität ein tendenzieller Rückgang im Zeitraum von 1999 bis 2004 gekennzeichnet. Dies betraf insbesondere die Stationen am linken Fahrrinnenrand (MB-L), an diesen ging die mittlere Besiedlungsdichte von >12 Ind./m² (1999) auf <6 Ind./m² in den Folgejahren zurück, allerdings stiegen die Anzahlen in 2004 gegenüber 2003 trotz ausgeprägter Unterhaltung wieder etwas an (Abb. 32, rechtes Bild oben). Anders war die Entwicklung an den Stationen am rechten Fahrrinnenrand. Bei, wie oben schon benannt, deutlich geringerer Baggerintensität wurde im Zeitraum 1999-2004 kein Rückgang der Polychaeta festgestellt (Abb. 32, rechtes Bild unten). Statistisch konnte auf der Grundlage der Besiedlungsdichte einzelner Polychaeten-Arten mit einer Ausnahme jedoch keine signifikante Korrelation zwischen höheren Baggermengen und niedriger Besiedlungsdichte ermittelt werden (s.u.). Es ist in diesem Zusammenhang auch anzumerken, dass Zusammensetzung und Abundanz der Fauna interannuell natürlicherweise stark variieren kann.

Abb. 33 zeigt die Entwicklung der Besiedlungsdichte der Makrozoobenthosgruppen für das Teilgebiet ‚nördliche Referenz‘. Die o.g. Vermutungen auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Wirkungen der Baggerungen und der Reaktion der Fauna werden durch die Ergebnisse der Referenz nicht widerlegt, allerdings auch nicht zweifelsfrei belegt. Die *Bathyporeia*-Anzahlen zeigen bei insgesamt geringer Baggerintensität (Ausnahme 2004) räumlich und zeitlich nur geringe Unterschiede. Starke Individuenzuwächse wie im Neubaubereich wurden nicht festgestellt (Abb. 33, linke Bilder). Auch im Hinblick auf die Polychaeta wurden trotz der interannuellen und räumlichen Variabilität Abundanzrückgänge nach 1999, wie sie an den Stationen Fahrinne-links der Neubaustrecke verzeichnet worden sind, nicht registriert (Abb. 33, rechte Bilder).

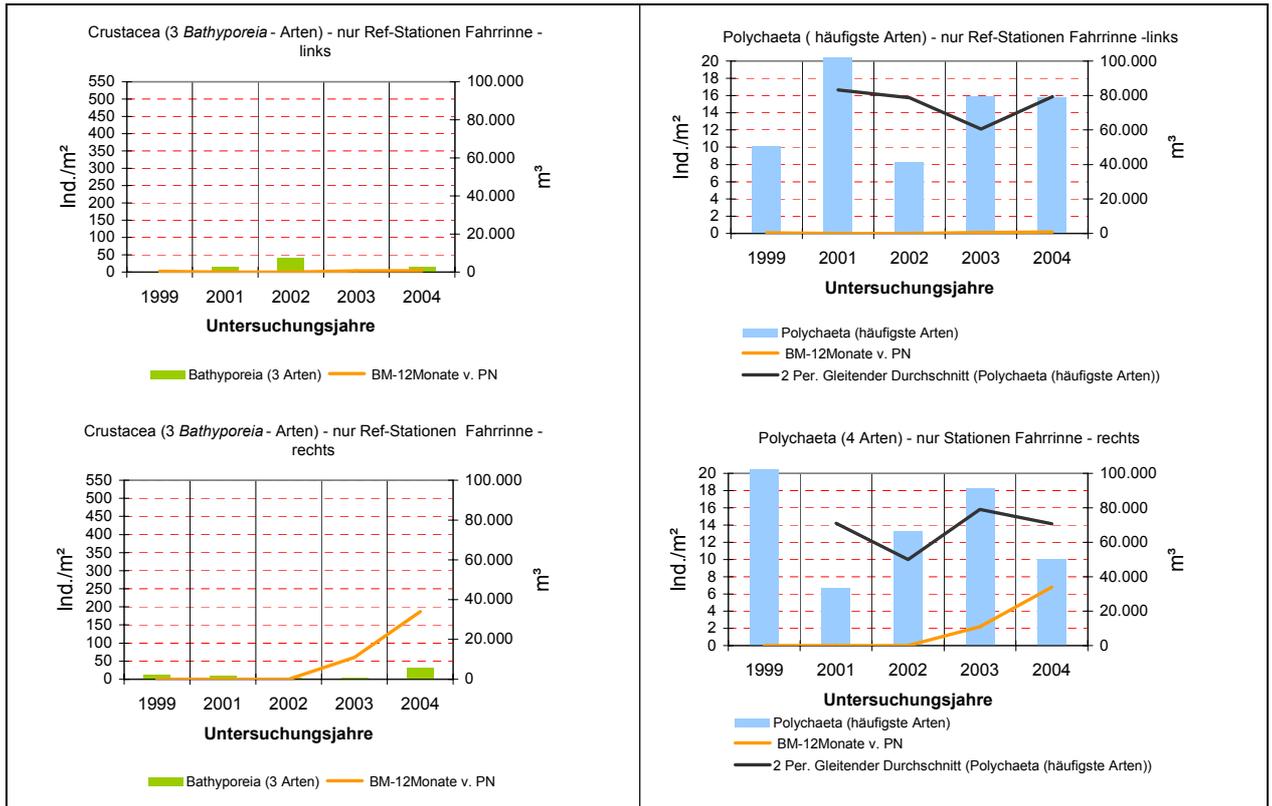


Abb. 33: Entwicklung der *Bathyporeia*- und Polychaeta-Abundanz von 1999-2004 und durchschnittliche Baggermen- gen/Monat im stromab gesehen linken (oben) und rechten Fahrinnenbereich (unten), bezogen auf den Zeitraum jeweils 12 Monate vor der Makrozoobenthos-Probenahme. Teilgebiet. Nördliche Referenz

Um den Zusammenhang zwischen den Umweltvariablen ‚Sedimentbeschaffenheit‘ sowie ‚Baggerin- tensität‘ und den Individuendichten der regelmäßig auftretenden Arten zu überprüfen, wurde auf der Grundlage aller Fahrinnendaten eine Korrelationsanalyse durchgeführt.

Die Ergebnisse einer durchgeführten Korrelationsanalyse (Sperman-Rangkorrelation) deuten für einige Arten eine Abhängigkeit vom Faktor ‚Sediment‘ - aufgrund einer signifikant positiven oder negativen Korrelation - an (Tab. 14). So ist insbesondere für die *Bathyporeia*-Arten eine positive Korrelation mit Feinsand und eine negative Korrelation mit größeren Sedimenten festzustellen. Die Analyse ergab des weiteren eine - für alle *Bathyporeia*-Arten gleichsinnig - eine signifikante bzw. hoch signifikante positive Korrelation mit der Variablen ‚Baggermenge‘ ($r^2 = >0,3$, $p < 0,01$). Das bedeutet, dass an feinsandigen Standorten, die einer hohen Baggerintensität unterlagen, i.d.R. auch hohe *Bathyporeia*-Anzahlen erfasst wurden. Der Zusammenhang hohe Besiedlungsdichte und hohe Baggerintensität war insofern kein von den Sedimentverhältnissen überlagertes bzw. bestimmtes Ergebnis, als dass eine höhere Anzahl an Stationen vorhanden war, die durch das von *Bathyporeia* bevorzugte Sediment geprägt waren, aber keinen oder vergleichsweise nur geringen Baggerungen unterlagen.

Tab. 14: Ergebnisse der Spearman-Rangkorrelationsanalyse. Daten: Makrozoobenthosabundanz, Sedimentdaten, Baggermengen (Halbkilometer und Fahrinnenseite) 1999 - 2004, Fahrinne Außenelbe km 732 – km 740. Gelbe Schraffur = negative Korrelation, blaue Schraffur = positive Korrelation. * <0,1= schwach signifikant, ** <0,05 = signifikant, *** <0,01 = hoch signifikant.

	Umweltvariable	Detritus	Feinsand	Grobsand	Mittelsand	Schill	Baggermenge
Korrelationskoeffizient		0,02047	0,3338	-0,51638	-0,1217	-0,57201	0,34806
Crustacea	<i>Bathyporeia pilosa</i>	75	75	75	75	75	75
Einseitige Signifikanz		0,43078	0,00171**	0,00000106***	0,14912	0,000000041***	0,0011***
Crustacea	<i>Bathyporeia pelagica</i>	0,37127	0,21208	-0,26095	-0,00959	-0,35537	0,25918
		75	75	75	75	75	75
		0,00052***	0,03387**	0,01187**	0,46745	0,000878***	0,01236**
Crustacea	<i>Bathyporeia elegans</i>	0,13355	0,34741	-0,43795	-0,11736	-0,5444	0,32921
		75	75	75	75	75	75
		0,12665	0,00112**	0,00004255***	0,15798	0,00000022***	0,00196***
Crustacea	<i>Bathyporeia guillamsoniana</i>	0,17579	0,16993	-0,16359	-0,08279	-0,17234	0,24017
		75	75	75	75	75	75
		0,06569*	0,07248*	0,08039*	0,24003	0,06963*	0,01897**
Crustacea	<i>Hau storius renarius</i>	0,03098	0,23972	-0,43487	-0,09424	-0,3931	0,08055
		75	75	75	75	75	75
		0,39594	0,01915	0,0000483***	0,21061	0,00024***	0,24604
Polychaeta	<i>Magelona mirabilis</i>	0,00554	-0,15719	-0,09045	0,25219	-0,12379	-0,1442
		75	75	75	75	75	75
		0,48116	0,089*	0,2201	0,01452**	0,14498	0,10853
Polychaeta	<i>Nephtys cirrosa</i>	0,13585	0,000796813	-0,07194	0,14326	0,06913	-0,09297
		75	75	75	75	75	75
		0,12257	0,49729	0,2698	0,11005	0,2778	0,21378
Polychaeta	<i>Eteone longa</i>	-0,34174	0,35569	-0,15588	-0,47679	-0,00862	0,05378
		75	75	75	75	75	75
		0,00134	0,000868718	0,09084*	0,0000076***	0,47071	0,32336
Polychaeta	<i>Ophelia limacina</i>	0,02382	-0,30407	-0,02623	0,21506	0,18593	-0,15472
		75	75	75	75	75	75
		0,4196	0,00399***	0,4116	0,03194	0,05511*	0,0925*
Polychaeta	<i>Nephtys juv.</i>	0,31897	-0,03144	-0,14022	0,1621	-0,1437	-0,01933
		75	75	75	75	75	75
		0,0026***	0,39441	0,11508	0,08233*	0,10934	0,4346
Polychaeta	<i>Nephtys longosetosa</i>	-0,11255	0,0269	-0,13822	0,01094	-0,07331	0,0584
		75	75	75	75	75	75
		0,16816	0,40939	0,11847	0,46287	0,26596	0,30933
Polychaeta	<i>Scoloplos armiger</i>	-0,21178	-0,00399	-0,10655	-0,00905	0,10729	0,0682
		75	75	75	75	75	75
		0,03407**	0,48643	0,18144	0,46927	0,17977	0,28047
Polychaeta	<i>Parfulgens</i>	0,29375	-0,01742	0,09556	0,07217	-0,05828	-0,08398
		75	75	75	75	75	75
		0,00526***	0,44101	0,20737	0,26917	0,3097	0,23688
Nemertini	<i>Nemertini indet.</i>	-0,02692	0,07002	-0,24155	0,01594	-0,11329	-0,11295
		75	75	75	75	75	75
		0,40931	0,27525	0,0184**	0,44599	0,16658	0,16731
Bivalvia	<i>Mytilus edulis juv.</i>	0,16036	-0,22858	0,376	0,05961	0,08562	-0,02414
		75	75	75	75	75	75
		0,08465*	0,02427**	4,43E-04	0,30569	0,23257	0,41852
Bivalvia	<i>Macoma balthica</i>	0,02882	-0,000441848	-0,11837	0,0473	-0,10857	0,10281
		75	75	75	75	75	75
		0,40302	0,49849	0,15589	0,34346	0,1769	0,19004

Auch für einige andere Arten konnten Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Besiedlungsdichte und Sedimenttyp ermittelt werden. Zu diesen gehörten z.B. verschiedene Polychaeten. So waren höhere Besiedlungsdichten von z.B. *Magelona mirabilis* und *Ophelia limacina* eher an Standorten anzutreffen, die gröbere Sande oder Schill aufwiesen. Im Hinblick auf den Faktor ‚Baggermenge‘ konnte neben den o.g. *Bathyporeia*-Arten, mit Ausnahme von *O. limacina*, deren Besiedlungsdichte mit den Baggermengen negativ korreliert war ($r^2 = -0,154$, $p < 0,1$), für keine weitere Art ein signifikantes Ergebnis ermittelt werden (Tab. 14).

Fazit

Die Neubaustrecke unterlag schon vor der Status-quo-Beprobung und insbesondere auch nach der eigentlichen Vertiefungsmaßnahme z.T. umfangreichen Unterhaltungsbaggerungen. Diese Rahmenbedingungen erschweren die Bewertung der Ergebnisse. Die faunistischen Befunde veranschaulichen aber insgesamt, dass die Neubaustrecke ca. vier Jahre nach den Neubauarbeiten im Vergleich zur Status-quo-Situation (1999) nicht faunistisch verarmt ist. Sie war ab 2001 - 2004 sogar sowohl bezüglich der Anzahl der Taxa als auch hinsichtlich der Gesamt-Individuendichte im räumlichen Vergleich (Referenz) und im zeitlichen Vergleich zu 1999 zumindest örtlich deutlich umfangreicher besiedelt, obwohl intensive Baggerungen durchgeführt wurden.

Trotz der nach intensiven Baggerungen unerwartet starken Abundanzzuwächse einzelner Arten ist u.E. die o.g. ausgeprägte Besiedlungsdynamik der **Crustacea** (starke Abundanzschwankungen) ein möglicher Hinweis auf Wirkungen der Baggerungen (einschließlich der Unterhaltungsbaggerungen), da im Verlauf der Untersuchung so ausgeprägte räumliche und interannuelle Besiedlungsänderungen im Referenzbereich, ohne intensive Unterhaltungsbaggerei, nicht dokumentiert wurde.

Eine u.U. durch die Baggerungen hervorgerufene Veränderung der Sedimentzusammensetzung nach 1999 durch höhere Feinsandanteile könnte die Attraktivität für die feinsandliebenden Crustacea im Bereich der Neubaustrecke erhöht haben. Eine entsprechende Sedimentverschiebung in 2001 war in diesem Sinne wohl für die dynamische Abundanzentwicklung im Bereich der Neubaustrecke mitverantwortlich. Allerdings veränderte sich in den Folgejahren 2002 - 2004 die Sedimentzusammensetzung durch die Zunahme von Mittelsandanteilen wieder in Richtung der Ausgangssituation; die Crustaceanzahlen blieben in allen Untersuchungsjahren 2002, 2003 und insbesondere 2004 jedoch weiterhin deutlich über der Ausgangswert. Insofern lassen die Ergebnisse die Vermutung zu, dass die *Bathyporeia*-Arten nicht nur auf eine für sie positive Sedimentveränderung reagiert haben, sondern sie auch nach bzw. durch starke Störungen offensichtlich hohe Besiedlungsdichten (u.U. durch rasche Einwanderung, hohe Reproduktionsraten) entwickeln können. Voraussetzung ist dafür, dass die von den Arten bevorzugten Sedimentbedingungen (Fein-Mittelsande) sich nicht deutlich verändern. Untersuchungen haben gezeigt, dass Verschiebungen der Sedimentbedingungen sowohl in Richtung höherer Feinkornanteile (Schluff, Schlick), als auch umgekehrt in Richtung höherer Grobkornanteile (Mittel-, Grobsand) zu Abundanzrückgängen der *Bathyporeia* geführt haben (FISH & FISH 1996, KHAYRALLAH & JONES 1980a). Auch die vorliegende Untersuchung zeigte eine negative Korrelation der *Bathyporeia*-Abundanz mit höheren Grobsandanteilen. Was neben den Sedimentbedingungen die Attraktivität in der Neubaustrecke und hier insbesondere in den von den Baggerungen am meisten betroffenen Bereichen ausgemacht haben könnte, ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu klären. Denkbar wären durch die Baggerungen hervorgerufene günstige Nahrungsbedingungen für die Detritus fressenden Organismen und/oder eine infolge der Erschließung neuer Ressourcen hohe Einwanderungsrate in die zunächst noch wenig oder u.U. unbesiedelten Lebensräume.

Anders als für die Crustacea konnten für die **Polychaeta** keine analogen Entwicklungen in den Bereichen intensiver Baggerungen verzeichnet werden. Diese Organismengruppe war eher durch einen gewissen Rückgang der Besiedlungsdichte gekennzeichnet. Aufgrund der insgesamt eher geringen Besiedlungsdichte der Polychaeta sowohl im Neubaubereich als auch im Bereich der Referenz, lassen sich Hinweise auf Wirkungen der Vertiefungsarbeiten auf diese Organismengruppe allerdings nur sehr eingeschränkt ableiten. Dennoch deuten sich auf der Basis der vorliegenden

Daten örtliche Entwicklungen an, deren Zusammenhang mit den Baggerungen nicht gänzlich auszuschließen ist. Dies ist v.a. die tendenzielle Abnahme der Besiedlungsdichte in stark bebaggerten Bereichen, während in weniger stark beeinflussten Bereichen (z.B. rechte Fahrrinnenseite der Neubaustrecke, nördliche Referenz) keine analogen Entwicklungen stattgefunden haben.

5. Ergebnisse Transekt km 736-Zehnerloch

Das Transekt umfasst insgesamt 11 Stationen im Bereich der Fahrrinne (in einem Abschnitt der Baggerstrecke) und der Klappstelle (aber außerhalb des eigentlichen Verklappungsbereichs) und repräsentiert damit bezüglich der abiotischen Rahmenbedingungen unterschiedliche Habitate.

5.1 Ergebnisse 2004

5.1.1 Sedimente und Wassertiefen

Die Sedimente der Transekt-Stationen werden abhängig von ihrer Lage durch unterschiedliche Sedimente gekennzeichnet. Es lassen sich drei Stationsgruppen unterscheiden. So war die Fahrrinne inkl. einer westlich gelegenen Station in 2003 ganz überwiegend von Feinsanden (Anteil 40-95%) und örtlich auch stärker von Mittelsanden (bis zu 60%) geprägt. Eine weitere Stationsgruppe M10 – M7 (N=4) östlich der Fahrrinne in Richtung Zehnerloch gelegen, wurde zwar auch von Sanden geprägt, jedoch lag mit Ausahme der Station M7 der Mittelsandanteil örtlich >80%. Schill hatte in diesem Bereich einen Anteil um 5%. Die dritte Stationsgruppe M4 – M1 (N=3) im Bereich Zehnerloch wies neben Feinsanden örtlich auch schlickige Sedimente (M4, 70%) auf (Abb. 34).

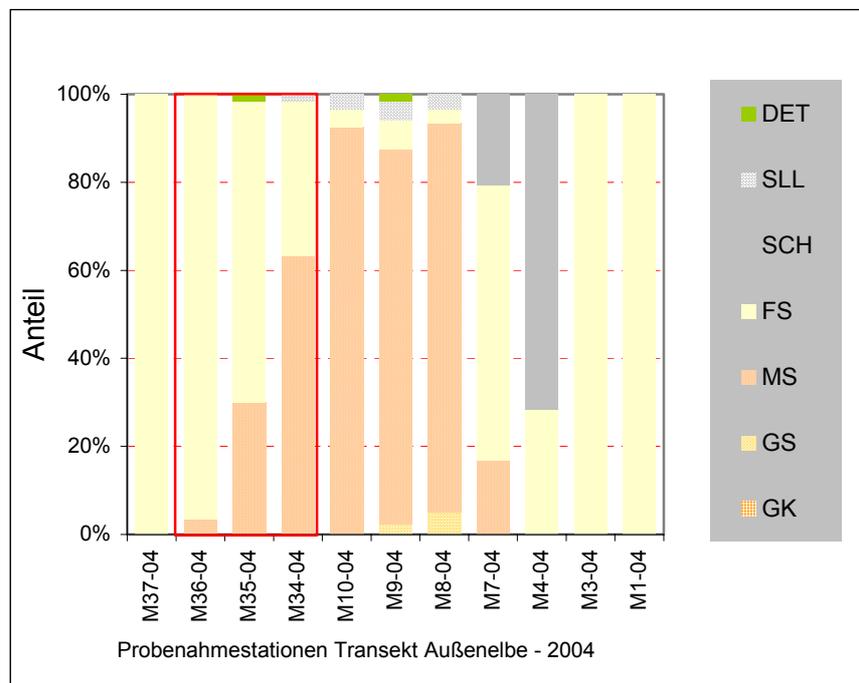


Abb. 34: Sedimentzusammensetzung an den Transektstationen bei Elbe-km 736, Daten 2004. Rot eingrahmt: Stationen in der Fahrrinne (Neubaustrasse). GK = Grobkies, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus.

Das Transekt repräsentiert unterschiedliche Wassertiefen. Diese waren im Bereich der Fahrrinne und im östlich angrenzenden Bereich mit ca. 11 – 19 m [-SKN] am höchsten, während es in Richtung Zehnerloch deutlich flacher wurde: hier lag die Wassertiefe in 2004 zwischen 3,5 – 5,3 m [-SKN]. Die links der Fahrrinne positionierte Station (MT37) war mit ca. 10,3 m [-SKN] flacher als die Fahrrinne und die rechts der Fahrrinne positionierten Stationen.

5.1.2 Makrozoobenthos

Artenzahl und Dominanzstruktur

Insgesamt wurden auf dem Transekt 6 taxonomische Gruppen nachgewiesen (Hydrozoa, Nemertini, Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta und Crustacea), die 33 verschiedenen Arten/Taxa (ohne spp. juv.) zugeordnet werden konnten (Tab. 15).

Tab. 15: Transekt Fahrrinne –Zehnerloch bei Elbe-km 736. Artenspektrum und mittlere Individuendichte (Ind./m²), Untersuchung Mai 2004. * = Arten bei der Abundanzauswertung nicht berücksichtigt.

Taxagruppen	Taxa	MW Ind./m ²
Hydrozoa	Eudendrium sp.	x
Hydrozoa	Obelia dichotoma	x
Hydrozoa	Pleurobrachia pileus	x
Hydrozoa	Sertularia cupressina	x
Bivalvia	Macoma balthica	5,2
Bivalvia	Mytilus edulis juv.	0,2
Gastropoda	Hydrobia ulvae	0,6
Nemertini	Nemertini indet.	1,7
Polychaeta	Eteone longa	0,3
Polychaeta	Heteromastus filiformis	7,1
Polychaeta	Magelona johnstonii	0,5
Polychaeta	Magelona mirabilis	7,6
Polychaeta	Magelona spp.	0,3
Polychaeta	Marenzelleria sp. (cf. wireni) juv.	0,2
Polychaeta	Nephtys caeca	0,2
Polychaeta	Nephtys cirrosa	2,9
Polychaeta	Nephtys hombergii	3,2
Polychaeta	Nephtys spp. juv.	2,6
Polychaeta	Paraonis fulgens	0,8
Polychaeta	Polynoinae spp. juv.	0,2
Polychaeta	Scolecopsis sp.	0,3
Polychaeta	Scoloplos armiger	0,9
Polychaeta	Spio martinensis	1,2
Crustacea	Balanus crenatus	0,2
Crustacea	Bathyporeia elegans	43,4
Crustacea	Bathyporeia guilliamsoniana	1,7
Crustacea	Bathyporeia pelagica	116,4
Crustacea	Bathyporeia pilosa	71,3
Crustacea	Bathyporeia sarsi	3,2
Crustacea	Bathyporeia spp. juv.	0,9
Crustacea	Haustorius arenarius	5,2
Crustacea	Jassa falcata	0,3
Crustacea	Jassa marmorata	0,3
Crustacea	Crangon crangon	x
Crustacea	Schistomysis kervillei	x
Crustacea	Gastrosaccus spinifer	x

Die mittlere Taxazahl/Greifer lag zwischen 2,5 (MT8) und 8,7 (MT3). Der rechts von der Fahrrinne befindliche Bereich, der durch die Stationen MT8 - MT10 repräsentiert wird, wies mit Ausnahme von MT9 im Vergleich die niedrigsten Artenzahlen/Greifer (<4 Taxa) auf. Ähnliche Werte wurden z.T. auch in der Fahrrinne (MT34-36) mit etwa 4,7 Taxa/Greifer dokumentiert. Höhere Taxazahlen konnten v.a. örtlich im Bereich des Zehnerlochs (MT1- MT4) mit durchschnittlich 6,6 Taxa ermittelt werden (Abb. 35).

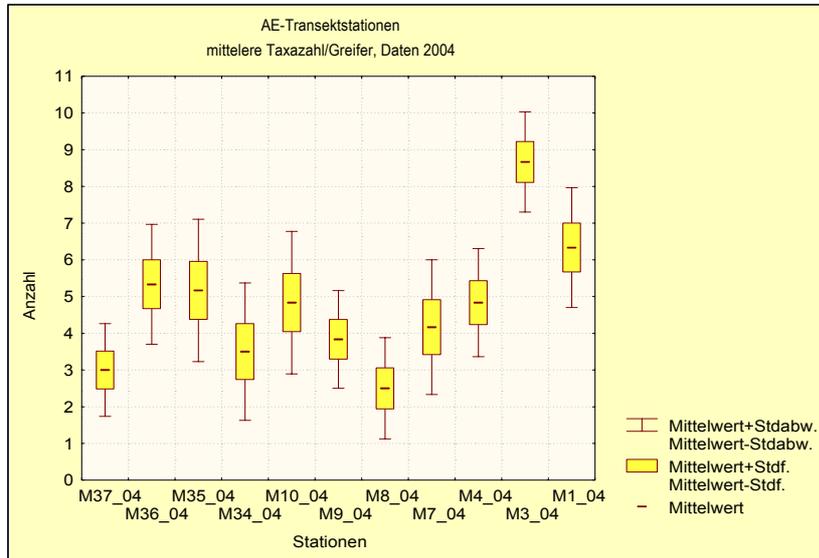


Abb. 35: Mittlere Taxazahlen/Greifer der Transekt-Stationen aus Richtung links der Fahrrinne (MT37), Fahrrinne (MT36-34) und weiter in Richtung Zehnerloch (MT10-M1).

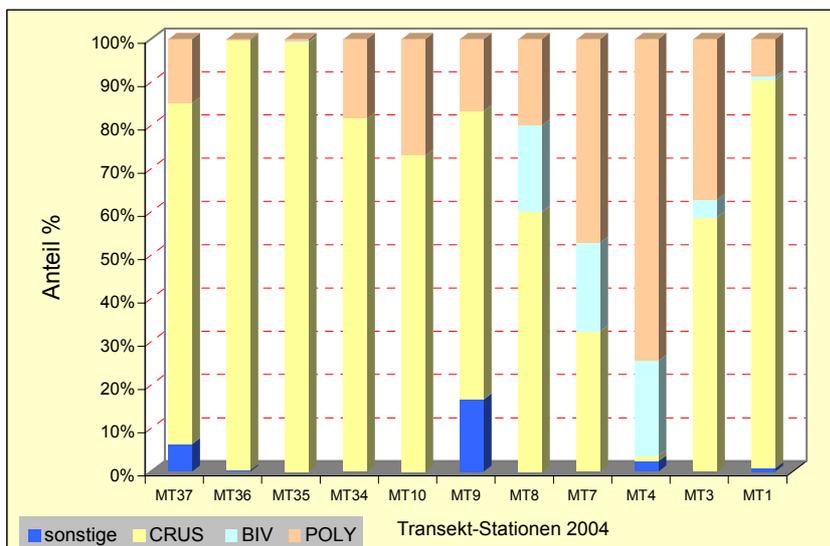


Abb. 36: Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft/Station (Ind./m²) an den Transekt-Stationen bei km 736. Anordnung der Stationen entsprechend ihrer Lage vom linken Fahrinnenbereich (MT 37) bis zum Zehnerloch (MT 1). Hyperbenthos nicht berücksichtigt; Crus: Crustacea; Poly: Polychaeta; Biv: Bivalvia.

Die Benthosgemeinschaft wird in Abhängigkeit der Lage der Transektstationen von unterschiedlichen Taxagruppen dominiert. Die Besiedlung der Fahrrinne sowie deren angrenzende Stationen wurden sehr deutlich durch die Gruppe der Crustacea dominiert, nur örtlich hatten auch Polychaeta einen Anteil von >20% (z.B. MT10, MT7). Dieses lag dann aber weniger an hohen Polychaeta-Abundanzen, sondern überwiegend an niedrigeren Crustacea-Dichten. Der flachere Bereich in der Nähe des Zehnerlochs (MT1-MT4) wurde anders als andere Transektstationen lokal auch durch Polychaeta und Bivalvia und weniger durch Crustacea geprägt (Abb. 36). Die z.T. unterschiedlichen Sedimentverhältnisse im Bereich des Zehnerlochs, mit örtlich höheren Schlickanteilen sind für die unterschiedlichen Besiedlungsstrukturen mitverantwortlich. Insbesondere MT4 mit Schlickanteilen von >70% war nur sehr gering durch die ansonsten dominierenden sandliebenden Amphipoden der Gattung *Bathyporeia* besiedelt. Die nahezu reinen Feinsandstationen MT3 und MT1 waren dagegen umfangreich durch Crustacea besiedelt. Deren Abundanzanteile lagen zwischen 60 und 90% (Abb. 36).

Abundanzen

Sehr hohe Individuenzahlen (>800 Ind./Station) wurden örtlich nur in der Fahrrinne (am rechten Rand, MT36, Fahrinnenmitte MT35). Auch an Stationen nahe des Zehnerlochs konnten vergleichsweise höhere Besiedlungsdichten an MT1 (437 Ind./m²) und MT3 (194 Ind./m²). Alle übrigen Stationen waren mit <100 Ind./m² deutlich weniger dicht besiedelt (Abb. 37). Die örtlich sehr hohen Individuendichten sind ausschließlich auf die *Bathyporeia*-Arten *B. pilosa* und *B. elegans* zurückzuführen. Die neben den genannten *Bathyporeia*-Arten ansonsten noch häufigeren Arten waren die Muschel *Macoma balthica* (MT7, MT4) sowie die Polychaeten *Heteromastus filiformis* (MT4) und *Magelona mirabilis* (MT3). Die geringe Besiedlungsdichte an den Stationen MT8 (13,3 Ind./m²) – MT10 (86 Ind./m²) hängt vermutlich auch mit den dort vergleichsweise niedrigen Feinsandanteilen bzw. hohen Mittelsandanteilen zusammen (s. Kap. 5.1.1); feinsandige Standorte werden von *Bathyporeia* bevorzugt besiedelt.

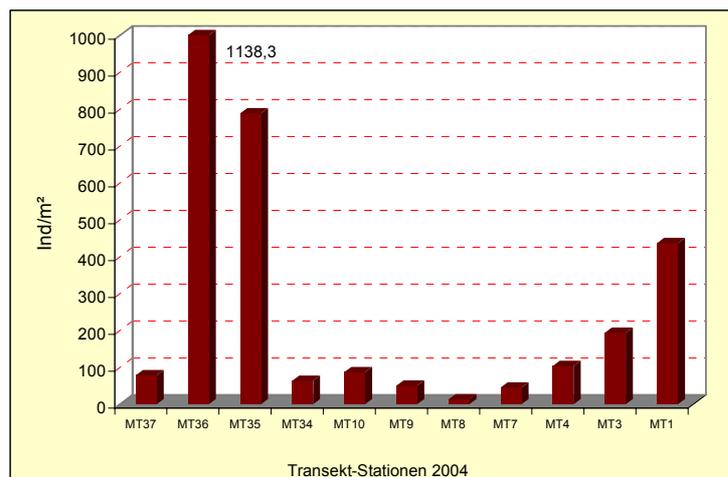


Abb. 37: Mittlere Individuendichte/Greifer (Ind./m²) an den Transekt-Stationen bei km 736. Anordnung der Stationen entsprechend ihrer Lage, gesehen vom linken Fahrinnenbereich (MT 37) bis zum Zehnerloch (MT 1). Hyperbenthos nicht berücksichtigt, Daten 2004.

5.2 Vergleich 1999 - 2004

Der zeitliche Vergleich soll einerseits die mögliche Veränderung abiotischer Rahmenbedingungen veranschaulichen, andererseits soll die Entwicklung der Artenzahl und Abundanz der Benthosgemeinschaft in 2004 mit der Situation der Vorjahre verglichen werden. Eine Analyse der Altersstruktur ausgewählter Arten ließ sich aufgrund der geringen Datenmenge nicht sinnvoll durchführen.

5.2.1 Sedimente und Wassertiefen

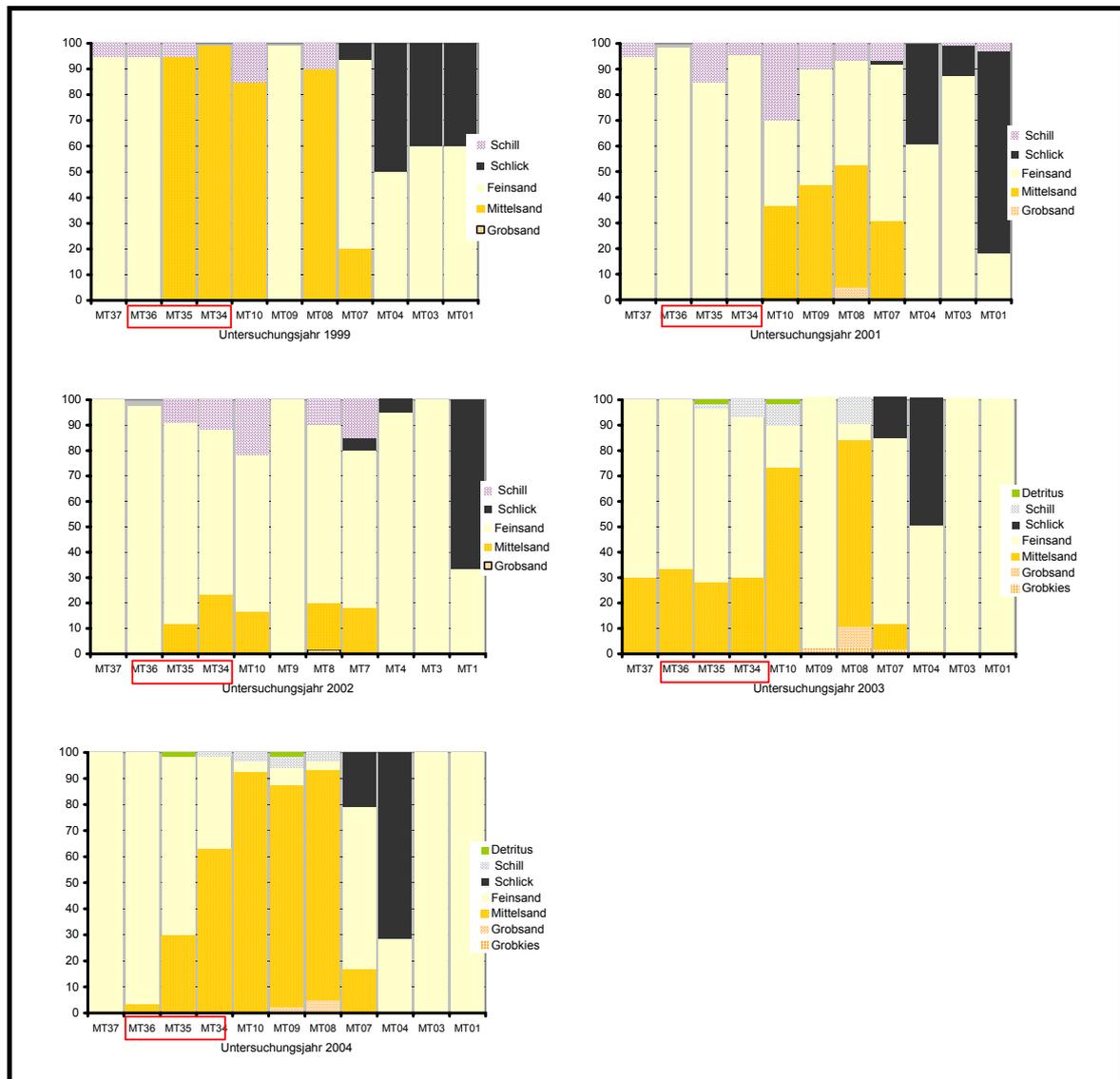


Abb. 38: Sedimentzusammensetzung in 1999 -2004 an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe. Fahrinne (Baggerbereich) rot eingerahmt.

Der Vergleich 1999-2004 macht deutlich, dass sich die Sedimentbedingungen in einigen Bereichen von Jahr zu Jahr verändert haben. Dieses betrifft v.a. die Sandfraktionen. Der in 1999 hohe Mittelsandanteil im Bereich der Fahrrinne, hat in den Folgejahren besonders in 2001 bis 2004 zugunsten einer Erhöhung des Feinsandanteils deutlich abgenommen. Von den Veränderungen war dabei die Fahrrinnenmitte (MT 35) sowie die rechte Fahrrinnenseite (MT34) und der rechts angrenzende Bereich betroffen (MT10, MT 9, MT8). Eher geringe Unterschiede zu 1999 wurden im Verlauf der Untersuchung auf der linken Fahrrinnenseite (MT36) und dem angrenzenden Bereich (MT37) sowie an den Stationen im Bereich Zehnerloch verzeichnet. Eine gewisse örtliche Veränderung ergab sich in diesem Bereich an den Stationen MT3 und MT1, die 1999 und 2001 vergleichsweise hohen Schlickanteile konnten im Zeitraum 2002 – 2004 nicht mehr registriert werden. Im interannuellen Vergleich sehr unterschiedlich war die Zusammensetzung der Sedimente an den Stationen MT8 und MT9, die mal von Feinsand und von Grobsand geprägt wurden (Abb. 38).

Abb. 39 zeigt die Veränderung der Wassertiefen im Zeitraum 1999-2004. Es ist erkennbar, dass die Wassertiefen in 2001 erwartungsgemäß im Bereich der Fahrrinne bzw. der Neubaustrecke zugenommen haben. Die Vertiefung erfolgte um etwa 2 m von etwa 14 m (vorher) auf 16,5 m (nachher) unter SKN. Auch rechtsseitig der Fahrrinne konnte örtlich (MT9, MT10) eine Vertiefung gegenüber 1999 festgestellt werden. Diese war jedoch mit etwa 1m geringer als im Fahrrinnenbereich, während sich im Zeitraum von 2002 – 2003 in diesem Bereich nur geringe Änderungen vollzogen, wurde in 2004 an beiden genannten Stationen mit 19 m eine deutlich höhere Wassertiefe festgestellt. Die Differenz zum Vorjahr betrug dabei bis zu > 2,5 m.

Die Morphologie der anderen Transektbereiche änderte sich im Vergleich zu 1999 in nur geringem Maße. Anders als in der Fahrrinne und in deren angrenzenden Bereichen wurde in 2001 im flachen Bereich des Zehnerlochs (MT 3, MT4) eine Aufhöhung um bis >1 m registriert, so dass die Tiefe in 2001 bei etwa 3 bzw. 4,5 m [-SKN] betrug. 1999 wurden in diesem Bereich ca. 4,5 bzw. 5,5 m [-SKN] ermittelt. Die Aufhöhungstendenz setzte sich auch in 2002 fort, so dass an MT3 die Wassertiefe auf etwa 2 m [-SKN] weiter zurückging. In 2003 und 2004 wurde keine weitere Verringerung der Wassertiefe an den Stationen im Bereich des Zehnerlochs festgestellt. Die interannuell geringsten Veränderungen erfolgten an Station MT37, linksseitig der Fahrrinne (Abb. 39).

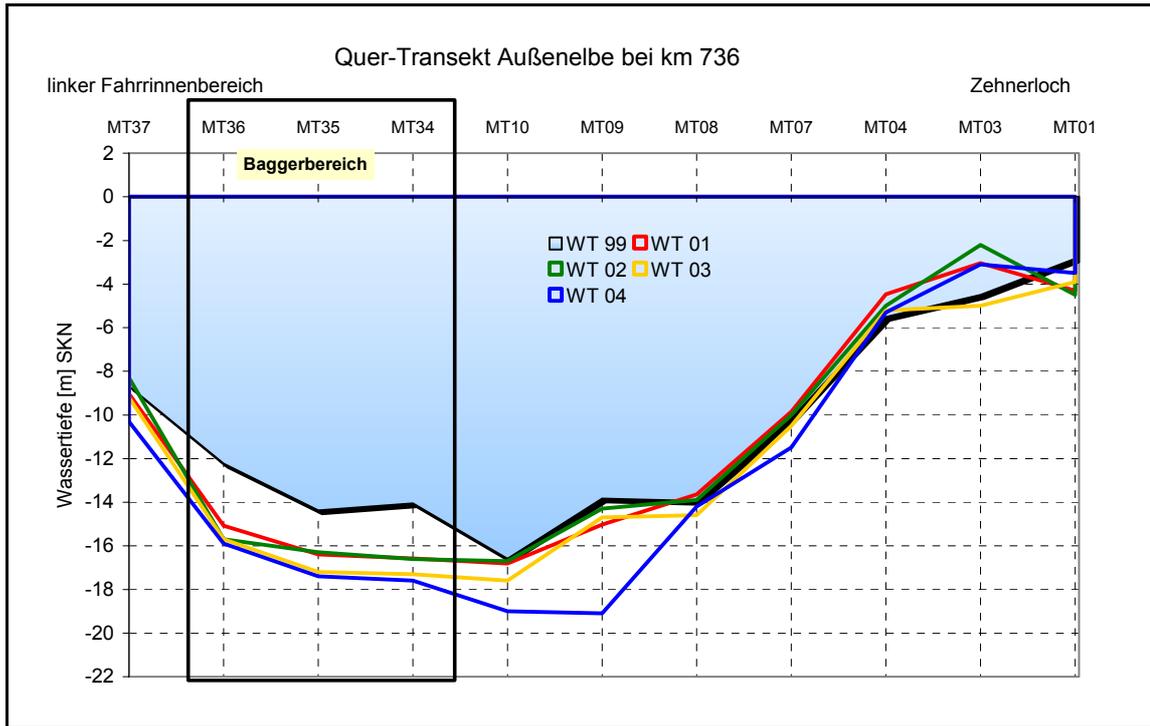


Abb. 39: Veränderung der Wassertiefen im Zeitraum 1999 – 2003 an den Transektstationen (positioniert von linksseitig – in Richtung stromab - der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe.

5.2.2 Makrozoobenthos

Insgesamt wurden 53 Taxa im Transektbereich festgestellt. Die Taxazahlen der Untersuchungsjahre lagen zwischen 24 und 33. Lediglich 10 Taxa wurden in jedem Untersuchungsjahr nachgewiesen. Hierzu gehörten z.B. die Muschel *Macoma balthica*, einige Polychaeten wie *Heteromastus filiformis*, *Magelona mirabilis* oder verschiedene *Nephtys*-Arten. Die Crustacea waren durch verschiedene Amphipoden (v.a. *Bathyporeia*-Arten, *Haustorius arenarius*) stetig repräsentiert (Tab. 12). Eine Reihe von Taxa konnten jeweils nur in einem Jahr nachgewiesen werden. Dabei handelt es sich überwiegend um solche Taxa, die in dem einen oder dem anderen Untersuchungsjahr auch im Hinblick auf ihre Besiedlungsdichte nur eine untergeordnete Rolle spielten. Aufgrund ihrer geringen Besiedlungsdichte war ihr Nachweis also einer großen Zufälligkeit unterworfen.

Die in 1999 dominierenden Crustacea-Arten (Dominanzwerte >3% bzw. >5%) zeigten im interannuellen Vergleich z.T. zwar erhebliche Abundanzänderungen (s.u.), sie waren aber in jedem Jahr mit ähnlichem Dominanzstatus vorhanden (Tab. 12). Bei den häufigeren Arten (z.B. *Macoma balthica*) anderer Organismengruppen war der Dominanzstatus uneinheitlicher. Bei eher geringeren interannuellen Änderungen ihrer eigenen Besiedlungsdichten wurde ihr jeweiliger Dominanzrang v.a. durch die Besiedlungsdynamik der durchgängig dominanten *Bathyporeia*-Arten bestimmt.

Tab. 16: Makrozoobenthos-Gesamtartenspektrum der Transekt-Stationen (N=11) in der Außenelbe bei km 736; Untersuchungszeitpunkte April 1999 und Mai 2001-2004. Gelb hervorgehoben t: Arten mit einem Dominanzanteil von >3% * = Arten mit einem Dominanzanteil von >5%.

Makrozoobenthos	1999	2001	2002	2003	2004
Hydrozoa					
Eudendrium sp.					X
Hartlaubella gelatinosa		X			
Hydrozoa indet.				X	
Obelia bidentata				X	
Obelia dichotoma					X
Pleurobrachia pileus					X
Sertularia cupressina					X
Anthozoa					
Actinaria indet.		X			
Nemertini					
Nemertini indet.	X	X	X	X	X
Gastropoda					
Hydrobia ulvae				X	X
Bivalvia					
Macoma balthica inkl. juv	X	X*	X*	X*	X
Mytilus edulis juv.					X
Petricola pholadiformis	X				
Polychaeta					
Arenicola marina	X				
Goniadella bobretzkii	X	X			
Eteone longa	X	X			X
Hediste diversicolor	X	X			
Heteromastus filiformis	X*	X	X*	X	X
Lanice conchilega			X		
Magelona johnstonii					X
Magelona mirabilis	X*	X	X	X	X
Marenzelleria spp.		X	X	X	X
Neanthes succinea	X		X		
Neanthes virens		X			
Nephtys caeca		X	X		X
Nephtys cirrosa		X	X	X	X
Nephtys hombergii inkl. juv	X	X	X	X	X
Nephtys longosetosa inkl. juv	X	X	X	X	
Nephtys sp. (inkl. juv)			X	X	X
Nereidae sp. (juv.)	X				
Ophelia limacina	X				
Paranais fulgens					X
Polynoinae juv.					X
Scololepis sp.					X
Scolelepis squamata	X		X		
Scoloplos armiger	X		X		X
Spio martinensis	X	X	X		X
Spiophanes bombyx			X		

Makrozoobenthos	1999	2001	2002	2003	2004
Crustacea					
Balanus crenatus	X	X		X	X
Crangon crangon			X	X	X
Gastrosaccus spinifer	X	X	X	X	X
Neomysis integer	X			X	
Praunus inermis		X			
Schistomysis kervillei	X		X	X	X
Bathyporeia elegans	X	X*	X	X	X*
Bathyporeia guilamsoniana			X	X	X
Bathyporeia pelagica	X	X*	X*	X*	X*
Bathyporeia pilosa	X*	X*	X*	X*	X*
Bathyporeia sarsi		X	X	X	X
Bathyporeia spp. juv.			X	X	X
Corophium arenarium				X	
Corophium volutator		X			
Gammarus salinus		X	X	X	
Gammarus spp.			X	X	
Haustorium arenarium inkl. juv	X	X	X	X	X
Jassa falcata					X
Jassa marmorata					X
Echinodermata					
Ophiura albida			X		
Bryozoa					
Farella repens				X	
Anzahl Taxa /oh. Juv	25	26	28	25	33

Artenzahl und Dominanzstruktur

Abb. 40 veranschaulicht die mittlere Taxazahl/Greifer für die Jahre 1999-2004. Das Ergebnis zeigt ein sehr heterogenes Bild. So nahm die Taxazahl in 2001 im Vergleich zu 1999 vor allem in der Fahrrinne (MT35 und MT34) und örtlich im Bereich des Zehnerlochs (MT4 und MT3) ab. In 2002 erhöhte sich gegenüber 2001 an fast allen Transekt-Stationen die mittlere Taxazahl/Greifer wieder. Gegen den Trend entwickelte sich die Station MT37 und MT34, die links von der Fahrrinne bzw. in der Fahrrinne positioniert waren. Auch in 2003 waren die Stationen z.T. von Zunahmen, z.T. von Abnahmen gegenüber 2002 gekennzeichnet. Mit Ausnahme der Station MT4 erreichte die mittlere Taxazahl/Greifer das Ausgangsniveau von 1999 oder lag darüber. Mit wenigen Ausnahmen (MT9) wurde in 2004 überall eine Zunahme der Artenzahlen verzeichnet. Deutliche Zuwächse waren gegenüber 2003 v.a. im Bereich Zehnerloch (MT3, MT1) aber auch im Bereich der Fahrrinne (MT36, MT35) zu verzeichnen. Insgesamt lagen die Taxazahlen in 2004 an allen Stationen z.T. deutlich über denjenigen von 1999.

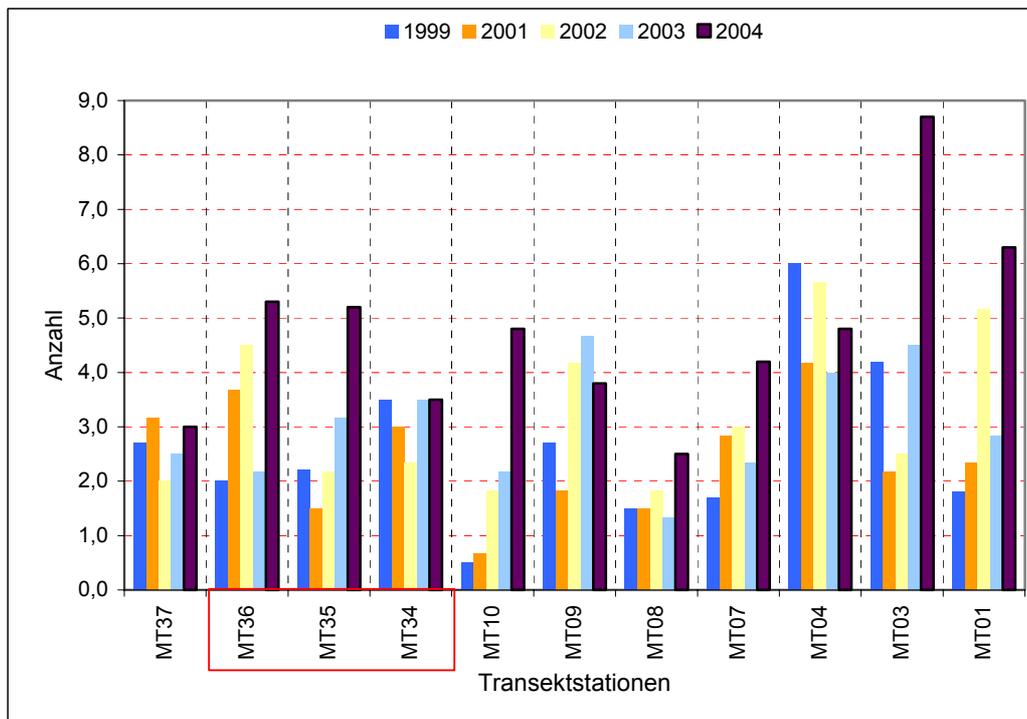


Abb. 40: Mittlere Taxazahl/Greifer an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe von 1999-2004. Rot eingrahmt: Stationen im Bereich der Baggerstrecke.

Die Zusammensetzung des Benthos auf Phylaebene veränderte sich im interannuellen Vergleich unterschiedlich deutlich (Abb. 41). Insbesondere im Bereich Zehnerloch (MT1-MT3) erfolgte in 2001 eine ausgeprägte Umstrukturierung der benthischen Gemeinschaft. Die Benthosgemeinschaft der Stationen MT1-MT7 wurde in 1999 im Wesentlichen von Polychaeta dominiert, wobei sowohl das umfangreichere Artenspektrum als auch die höhere Individuendichte von Wichtigkeit war; Crustacea spielten nur eine untergeordnete Rolle. Dieses Verhältnis verkehrte sich in 2001 ins

Gegenteil. Der deutliche Rückgang der Polychaeta-Dichte wurde v.a. von der Bestandsdynamik der Arten *Heteromastus filiformis* und *Magelona mirabilis* beeinflusst. Beide Arten wiesen 1999 an den Stationen MT1-MT4 mittlere Abundanzen von 78 bzw. 40 Ind./m² auf. Dieses entsprach zusammen ca. 83% der Polychaeta-Gesamtdichte an diesen Stationen. Die Abundanz beider Polychaeta war mit 7 bzw. 0,6 Ind./m² in 2001 wesentlich geringer. Der Grund für diesen sehr deutlichen Rückgang bleibt allerdings unklar, da sich die Sedimentverhältnisse im Bereich Zehnerloch gegenüber 1999 nur geringfügig veränderten. In 2002 nahm die Polychaeta- und insbesondere die Bivalvia-Anzahl wieder zu, so dass im Bereich Zehnerloch, anders als 2001, neben den Crustacea auch Polychaeta und Bivalvia die Gemeinschaft prägten (Abb. 41F). Zu diesem Ergebnis trugen die Polychaeta *Nephtys hombergii* und *H. filiformis* sowie die Muschel *Macoma balthica* aufgrund ihrer im Vergleich zum Vorjahr höheren Bestandsdichten bei. Eine erneute Veränderung zeigte sich in 2003 in diesem Bereich: die Crustacea dominierten ähnlich wie 2001 die Benthosgemeinschaft sehr deutlich, ihr Abundanzanteil lag an den Stationen MT1 – MT3 bei >90% (Abb. 41H). Das Ergebnis ist dabei z.T. auf den Individuenrückgang von Bivalvia und Polychaeta bei gleichzeitig höheren Crustacea-Anzahlen (MT1) sowie z.T. auch ausschließlich auf den starken Anstieg der Crustacea-Anzahlen zurückzuführen (MT3). In 2004 waren die Polychaeta wieder mit einer vergleichsweise hohen Besiedlungsdichte (38 Ind./m² - 102 Ind./m²) mit Dominanzanteilen zwischen 10 – 70% an den Stationen Mt1 – Mt4 vertreten.

Anders als im Bereich Zehnerloch stieg der Dominanzgrad der Polychaeta in 2001 gegenüber 1999 an den insgesamt eher schwach besiedelten Stationen rechts der Fahrrinne MT7-MT10, allerdings nicht durch höhere Individuenzahlen, sondern aufgrund eines Rückgangs der Crustacea-Abundanz. Diese Situation veränderte sich mit Ausnahme der Station MT7 (in 2004) sich in 2002 - 2004 wieder zugunsten der Crustacea (Abb. 41D-H), v.a. durch die im Vergleich höheren Individuenzahlen der Arten *B. elegans* und *B. pelagica*. Es ist aber in diesem Zusammenhang anzumerken, dass an eher gering besiedelten Stationen, wie z.B. MT8 oder MT10, schon eine geringe absolute Abundanzveränderung einen erheblichen Einfluss auf die Ausprägung der Dominanzstruktur haben kann, so dass deren Veränderungen möglicherweise überschätzt werden können.

Eine vergleichsweise geringe Veränderung der Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft erfolgte im Bereich der Fahrrinne (MT34-MT36). Hier dominierten mit Ausnahme von MT34 (2002 und 2003) sowohl 1999, 2001 als auch in 2004 Crustacea die Benthosgemeinschaft. Innerhalb der Taxagruppe Crustacea veränderten sich die Dominanzverhältnisse allerdings deutlich. So erfolgte in den Jahren 2001 –2003 ein Rückgang der Abundanz von *Haustorius arenarius*, der 1999 dominanten Art. Diese reduzierte sich von 24 Ind./m² (1999) auf 3,3 Ind./m² (2002). In 2003 (4,4 Ind./m²) und 2004 (5,3 Ind./m²) setzte sich diese Entwicklung nicht weiter fort. Während sich die Abundanz von *H. arenarius* nach 1999 vergleichsweise stark verringerte, konnte für die *Bathyporeia*-Arten im selben Zeitraum ein deutlicher Anstieg ihrer Besiedlungsdichten verzeichnet werden, diese erhöhten sich von 26 Ind./m² (1999) auf 124 Ind./m² (2001), 90 Ind./m² (2003) und 236 Ind./m² in 2004. *B. pilosa* oder *B. pelagica* waren in allen Jahren die häufigste *Bathyporeia*-Art und waren immer dominant (10 – 30%) oder eudominant (>30%).

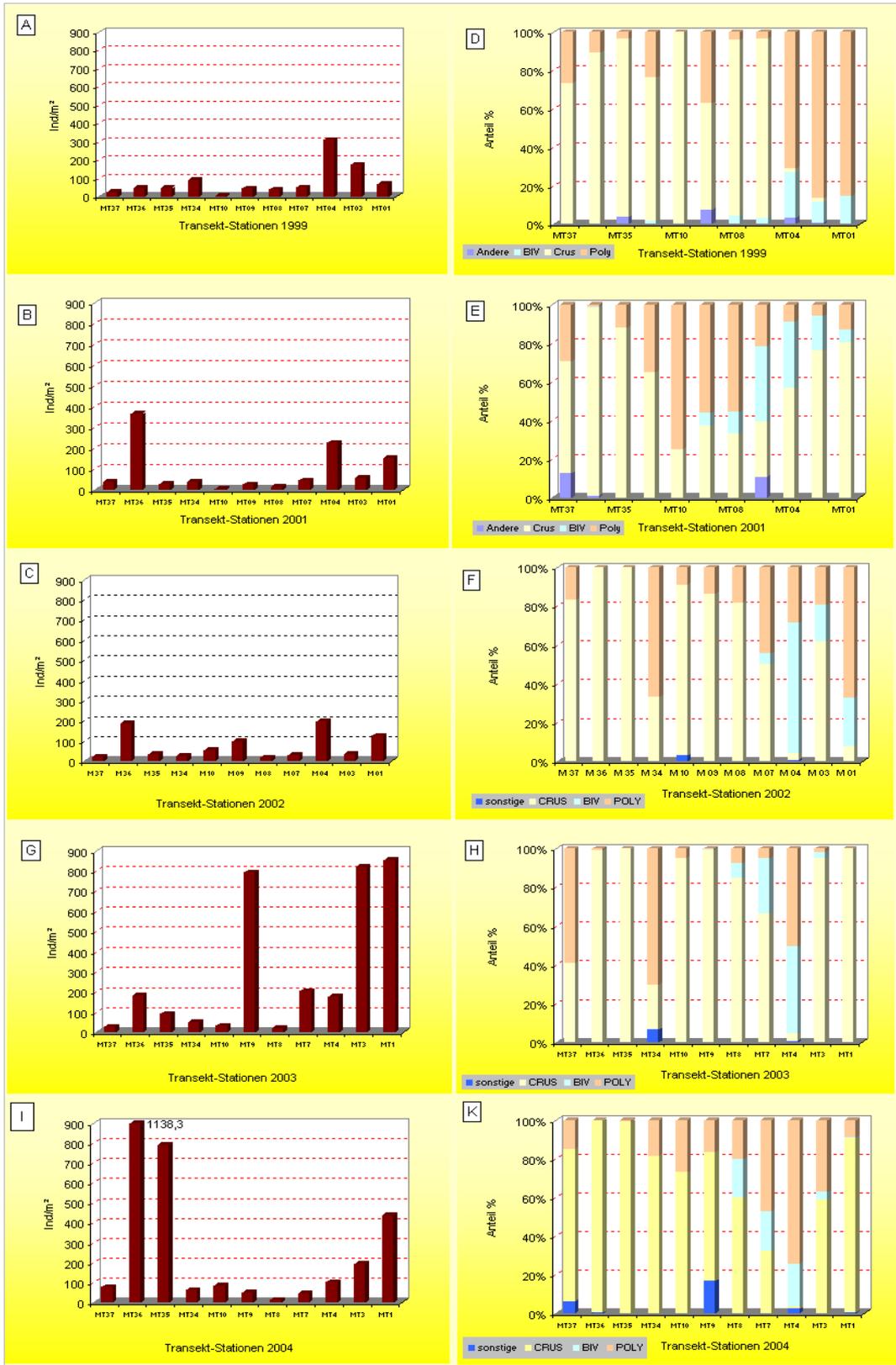


Abb. 41: Mittlere Individuendichte (A –C, G und I) und Dominanzstruktur (D-F, H und K) an den Transektstationen (positioniert von linksseitig der Fahrrinne (MT37) bis Zehnerloch (MT1) bei km 736 in der Außenelbe im Zeitraum von 1999 – 2004. Crus: Crustacea; Biv: Bivalvia; Poly: Polychaeta.

Abundanzen

Mit wenigen Ausnahmen (MT36, MT3) änderte sich die mittlere Abundanz/Station an den einzelnen Stationen im interannuellen Vergleich bis 2002 vergleichsweise wenig (Abb. 41A-C). Die dokumentierten interannuellen Abundanz-Veränderungen erfolgten dabei sowohl in die eine als auch in die andere Richtung. So erhöhte sich z.B. die Dichte an MT36 (linke Fahrrinnenseite) in 2001/2002 gegenüber 1999 deutlich, während die Gesamtabundanz des Makrozoobenthos an MT3 kontinuierlich zurückging. In 2003 (MT9, MT3, MT1) und auch 2004 (MT36, MT35) erfolgte jeweils örtlich unterschiedlich eine erhebliche Zunahme bzw. auch Abnahme der Besiedlungsdichte (Abb. 41G, I), die vorwiegend durch die Besiedlungsdynamik der *Bathyporeia*-Arten hervorgerufen wurde. Möglicherweise stand die in 2003 dokumentierte Zunahme im Bereich des Zehnerlochs, um mehr als das 10fache, auch im Zusammenhang mit der Erhöhung der Feinsandanteile an den entsprechenden Stationen (s.o.). Der in 2004 in der Neubaustrecke (v.a. an MT36) registrierte starke Anstieg der *Bathyporeia*-Zahlen ist dagegen nicht auf eine Sedimentveränderung zurückzuführen, da MT36 i 2004 nach wie vor ausschließlich durch Feinsand geprägt wurde. U.U. ist hier ein Einfluss der intensiven Unterhaltungsbaggerungen denkbar (s. Kap. 4.4).

Gradientenanalyse

Um mögliche Beziehungen zwischen Besiedlungsstruktur und bekannten Umweltvariablen bzw. deren interannuelle Veränderungen entlang des Transektes zu identifizieren, ist exemplarisch eine Gradientenanalyse (Redundancy Analysis-RDA) durchgeführt worden, welche die Abundanzen (Stationsmittelwerte) sowie die Sedimentstrukturen der einzelnen Stationen miteinander verknüpft. Für die Analyse sind die 22 häufigsten Benthostaxa (Anteil >0,5% an der MZB-Gesamtabundanz, bezogen auf alle bisherigen Untersuchungsjahre) sowie die Sedimentdaten und die Wassertiefen berücksichtigt worden. Um sehr hohe Abundanzen einzelner Taxa geringer zu gewichten, wurden die Daten vor der Analyse einer Quadratwurzel-Transformation unterzogen. Die Analyse gibt Hinweise darauf, ob und welche Umweltvariablen für die Besiedlungsvarianz verantwortlich sind und ob auffällige interannuelle Veränderungen deutlich werden, die möglicherweise als ein Hinweis auf die Wirkungen der Vertiefungsarbeiten gewertet werden können. Das Ergebnis der RDA wird in einem Ordinationsdiagramm veranschaulicht. In der Ordination sind die Arten und auch die Umweltparameter als Pfeile dargestellt, die jeweiligen Transekt-Stationen werden als Punkte in das Koordinatensystem eingefügt (Abb. 42). Pfeile, die in eine ähnliche Richtung weisen, indizieren eine hohe Korrelation der jeweiligen Parameter. Kreuzen sich die Pfeile im Bereich eines 90° Winkels, so ist eine Korrelation sehr gering bzw. gar nicht vorhanden. Weisen die Pfeile in die entgegengesetzte Richtung, ist von einer negativen Korrelation auszugehen. Des Weiteren wird durch die jeweilige Länge der Pfeile die Bedeutung der jeweiligen Parameter signalisiert, d.h. je länger die Pfeile, je wahrscheinlicher ist die jeweilige Korrelation der Parameter. Die Lage der Stationsymbole gibt Auskunft darüber, von welchen Arten bzw. Umweltbedingungen die jeweilige Station bzw. das jeweilige Untersuchungsjahr charakterisiert ist.

Die Ordination, die auf den Daten der Jahre 1999 - 2004 basiert, zeigt eine mehr oder weniger deutliche Trennung von 2 Gruppen (Abb. 42). Eine Gruppe von Arten und Stationen (Flachwasser) gruppiert sich entlang der 2. Achse (Y-Achse) oberhalb der 1. Hauptachse (X-Achse); signifikant bedeutsame Umweltvariable ist hier der Sedimenttyp Schlick (Mud, $p < 0,01$). Die Korrelation der Arten-Umweltbeziehung (Abb. 42, s. Summary: *Species environment correlations*) beträgt in diesem Fall 0,82, wobei durch die ersten beiden Achsen die Besiedlungsvarianz zu etwa 37,5%, die der Arten-Umweltbeziehung zu 88,4% recht gut erklärt wird (Abb. 42, s. Summary *species environment relation*).

Zu der ersten Gruppe gehören ausschließlich die in flacheren Wassertiefen positionierten Stationen (M1-M4) im Bereich des Zehnerlochs. Diese Stationen wurden von Polychaeta (v.a. *Heteromastus filiformis*, *Nephtys hombergii*, *Magelona mirabilis*) und Bivalvia (*Macoma balthica*) geprägt, die die schlickigen Sedimente im Bereich Zehnerloch bevorzugen. Trotz der insgesamt interannuellen Variabilität der Besiedlungsdichten, insbesondere derjenigen der Polychaeta, gruppieren sich alle Untersuchungsjahre der Stationen M1-M4 (1999-2004) zueinander, so dass, mit Ausnahme einzelner Jahrgänge von Stationen rechts der Fahrrinne, eine mehr oder weniger klare Trennung von den anderen Transektstationen deutlich wird. Die tatsächlich bestehenden räumlichen und interannuellen Unterschiede innerhalb der ersten Gruppe werden von den im Vergleich größeren Unterschieden zu den anderen Transektstationen überlagert. Etwas außerhalb dieser Hauptgruppe ordnen sich entlang der 1. Achse einzelne Stationen des Jahrgangs 2003 an. Zu diesen gehört u.a. auch die Station M1-03 und M3-03, die sich anders als in den anderen Jahren in 2003 durch sehr hohe *Bathyporeia*-Anzahlen auszeichnet und sich deshalb von der Hauptgruppe ‚Flachwasser Zehnerloch‘ trennt.

Die zweite unterhalb der 1. Achse befindliche Gruppe, in der sich die meisten Jahrgänge der BA-Stationen sowie Stationen die rechts und links der Fahrrinne liegen, anordnen, wird in erster Linie von Crustacea-Arten, hier v.a. von *Haustorius arenarius* und *Bathyporeia*-Arten geprägt; Polychaeta wie auch Bivalvia spielen in dieser Gruppe nur eine untergeordnete bzw. keine Rolle. Lediglich der Polychaet *Nephtys cirrosa* ordnet sich dieser Gruppe zu. Eine gewisse Trennung innerhalb dieser zweiten Gruppe wird insofern erkennbar, als dass die Stationen rechts der Neubaustrecke überwiegend links von der 2. Achse angeordnet sind, während sich die Stationen der Neubaustrecke ganz rechts davon gruppieren. Bedeutsame Umweltvariablen für die Trennung innerhalb dieser zweiten Gruppe sind zum einen Unterschiede in der jeweiligen Sedimentstruktur sowie überwiegend höhere Abundanzen der Crustacea an den BA-Stationen, dieses wird in der Ordination dadurch deutlich, dass die Arten-Pfeile (u.a. *B. pelagica*) deutlicher in Richtung der BA-Stationen zeigen. Die für die Trennung von den Flachwasserstationen bedeutsamen Umweltvariablen sind hier Schill ($p < 0,01$) und die Wassertiefe.

Die Ergebnisse zeigen, dass Unterschiede auf der Raumskala gegenüber denen auf der Zeitskala überwiegen. So ordnen sich über alle Jahre die flacheren von feinkörnigeren Sedimenten geprägten Stationen aufgrund der umfangreicheren Vorkommen von Polychaeta und Bivalvia zu einer mehr oder weniger deutlich abgrenzbaren Gruppe, trotz der auch an diesen Stationen festgestellten interannuellen Besiedlungsunterschiede. Diese werden aufgrund der größeren räumlichen Unterschiede zur zweiten Gruppe, die die tieferen fein-mittelsandigen Crustacea-dominierten Standorte umfasst, in der Ordination nicht erkennbar. Lediglich in 2003 und mit Einschränkung auch in 2004 werden die räumlichen Unterschiede z.T. durch zeitliche überlagert. Dies betrifft sowohl einzelne Stationen der ersten Stationsgruppe (M3, M1) als auch Tiefwasser-Stationen (M9,

M7, nur 2003) der zweiten Stationsgruppe und ist auf die in 2003 erheblich höheren *Bathyporeia*-Abundanzen an diesen Stationen zurückzuführen. In der Ordination wird das Ergebnis dadurch verdeutlicht, dass sich die genannten Stationen außerhalb beider Hauptgruppen v.a. in Richtung der Arten-Abundanz-Pfeile der *Bathyporeia*-Arten (u.a. *B. pilosa*) anordnen.

5.3 Zusammenfassung Transekt bei km 736

Die Besiedlung der Transektstationen ist erwartungsgemäß heterogen. So hob sich der Bereich Zehnerloch teilweise aufgrund der Sedimentstruktur und einer anderen Gemeinschaftsstruktur von den übrigen Transektstationen relativ deutlich ab. Diese Eigenständigkeit blieb trotz der hohen interannuellen Varianz der Benthosgemeinschaften über den Untersuchungszeitraum weitgehend erhalten. Die Transekt-Stationen weisen in der Gradientenanalyse eine insgesamt eher unscharfe räumliche und auch zeitliche Trennung voneinander auf. Dies ist u.a. auf die hohe Besiedlungsvarianz der Crustacea zurückzuführen, die an den einzelnen Stationen nicht gleichsinnig verlief. So nahm z.B. deren Abundanz im interannuellen Vergleich an einigen Stationen ab, während sie an anderen Stationen z.T. deutlich zunahm. Diese faunistische Entwicklung steht u.a. in Zusammenhang mit der Veränderung der Sedimentverhältnisse an verschiedenen Stationen, insbesondere an denjenigen, die im Bereich der Baggerstrecke positioniert waren. So verringerte sich an manchen BA-Stationen der Mittelsandanteil zu Gunsten des Feinsandanteils, so dass gerade Feinsandarten der Taxagruppe *Bathyporeia* begünstigt wurden, wie dies v.a. die Entwicklung im Bereich der Baggerstrecke von 1999 auf 2001 mit der erheblichen Zunahme der *Bathyporeia*-Dichte bei ebenfalls starker Zunahme des Feinsandanteils verdeutlichte, allerdings waren die Sedimentbedingungen nicht der alleinige Faktor, da auch trotz gleichbleibenden Sedimentbedingungen interannuell sehr unterschiedliche Besiedlungsdichten dokumentiert wurden, wie z.B. im Bereich der Neubaustrecke (vgl. Kap. 5.2.2).

Aufgrund der insgesamt sehr ausgeprägten, räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit der Benthosbesiedlung im Bereich des Transektes, die sich auf Basis aller durchgeführten Analysen in ähnlicher Weise zeigt, werden Wirkungen der Ausbaumaßnahmen auf das Zoobenthos auf der Basis des vorliegenden Datensatzes nicht offensichtlich.

6. Vergleich mit den Daten der UVU Elbe von 1997

Die im Rahmen der vorliegenden Beweissicherung untersuchten Teilgebiete (Klappstelle, Neubaustrecke, Transekt) lagen im Bereich der Außenelbe bei km 732-740. Dies entspricht dem in der UVU Elbe zur Zonierung des Makrozoobenthos eingeteilten Elbe-Kilometerabschnitt VII. Im Rahmen der UVU erfolgte eine Bewertung der Makrozoobenthosgemeinschaft differenziert nach Flussabschnitten. Bewertungsrelevante Parameter waren dabei v.a. die Artenzahl, ökologische Funktionen und Wiederherstellbarkeit. Es ist anzumerken, dass das im MATERIALBAND VII (1997) aufgeführte Artenspektrum, nur zu einem geringen Teil auf den im Rahmen der UVU durchgeführten Untersuchungen basiert, sondern weitgehend auch auf z.T. relativ weit zurückliegenden Literaturangaben. D.h. die UVU-Bewertung schließt auch die Ergebnisse aus Untersuchungen ab etwa 1980 ein. Das für die Elbe aus UVU-Untersuchungen und Literaturangaben zusammengestellte potenzielle Artenspektrum wurde im Rahmen der UVU-Methodik klassifiziert in ‚eurytope Arten‘, ‚echte Brackwasserarten‘ sowie ‚historisch bedeutsame Arten‘. Für den Parameter ‚Artenspektrum‘ erfolgte beispielsweise eine Bewertung unter Berücksichtigung der Artenzahl und des Anteils der o.g. unterschiedlich wertgebenden Arten, wobei sich die Bewertung räumlich auf die Gesamtfläche zwischen den festgelegten Abschnittsgrenzen bezieht. Ergebnisse aus unterschiedlich besiedelten Habitaten (Weichboden, Hartsubstrat, Eulitoral, Sublitoral) wurden zur ‚Besiedlung der Außenelbe des Abschnitts VII‘ zusammengefasst (vgl. MATERIALBAND VII 1997). Eine räumliche Differenzierung der UVU-Bewertung im Hinblick auf unterschiedliche Habitats, die z.T. durch deutlich unterschiedliche Benthos-Gemeinschaften charakterisiert sind, wurde durch das in der UVU verwandte Bewertungsmodell nicht geleistet (MATERIALBAND VII, S. 351).

Auch die im Rahmen der UVU durchgeführten Benthos-Untersuchungen sind insofern nur eingeschränkt mit den vorliegenden Untersuchungen zu vergleichen, da es zum einen andere Bereiche sind und zum anderen wurde mit einer abweichenden Methodik untersucht. So erfolgten die Untersuchungen im Rahmen der Beweissicherung mit einem Van-Veen-Greifer mit einer Flächengröße von 0,1 m², die Sedimententnahme liegt je nach Sediment etwa zwischen 10 – 20 cm, der gesamte Greiferinhalt wurde ausgewertet. Im Rahmen der UVU wurde ein wesentlich größerer Greifer (0,4 m²) mit einer entsprechend größeren Grabtiefe verwandt. Ausgewertet wurden dann aus dem Greiferinhalt entnommene Unterproben (Stechrohre, Durchmesser ca. 5 cm), der Rest wurde Vorort auf Vorkommen größerer Organismen in Augenschein genommen.

Ein Vergleich der UVU-Ergebnisse mit den vorliegenden Daten kann aufgrund der erfassungsmethodischen Unterschiede daher nur von eingeschränkter Aussagekraft sein.

6.1 Artenspektrum

In der aktuellen Untersuchung wurde ein Artenspektrum gefunden, das zum Großteil auch in der UVU Elbe (MATERIALBAND VII 1997) für die entsprechenden Flussabschnitte angegeben wurde. Allerdings sind die Artenanzahlen verschiedener Taxagruppen im Vergleich zur potenziellen Artenliste der UVU aufgrund der oben genannten Aspekte z.T. deutlich geringer. Die Ergebnisse werden im Folgenden differenziert nach taxonomischen Gruppen kurz dargestellt.

Foraminifera und Diatomeen, die nicht zum Makrozoobenthos zählen, traten im April 1999 in der Außen- und Unterelbe in den Proben auf. In der UVU wurden sie ebenfalls in den Stromabschnitten VI und VII nachgewiesen. Foraminiferen sind nicht Gegenstand der Beweissicherungsmaßnahmen zum Makrozoobenthos.

Hydrozoa waren in der Außenelbe mit verschiedenen Taxa vertreten. In der UVU wurden insgesamt 5 Taxa benannt, von denen 3 in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen wurden. Hervorzuheben ist das gefährdete Seemoss (*Sertularia cupressina*), das aktuell auch in 2003 im Referenzgebiet K733 und 2004 auch an einer Transektstation nachgewiesen wurde. Aufwuchsorganismen zu denen alle Hydrozoa wie auch *Hartlaubella* sp. und *Obelia* sp. zählen, konnten in der vorliegenden Untersuchung, in der ausschließlich Weichbodenstandorte untersucht wurden, nur sporadisch nachgewiesen werden. Hydrozoa sind typische Hartsubstratbewohner und besiedeln z.B. als Aufwuchs Miesmuscheln. Besonders in der Außenelbe sind sie wie in der UVU dokumentiert, auf solchen Hartsubstraten präsent. Das Artenspektrum der UVU wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung durch 4 Arten (*Hartlaubella gelatinosa*, *Obelia bidentata*, *O. dichotoma*, *Pleurobrachia pileus*) ergänzt, die 1997 nicht benannt wurden.

Anthozoa sind in der UVU mit 6 Arten angegeben. Die meisten dieser Arten sind dort als historisch bedeutsam klassifiziert bzw. auch auf der Roten Liste (RACHOR et al. 1995) aufgeführt (z.B. *Metridium senile* oder *Urticina felina*). Keine dieser Arten wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zur Beweissicherung erfasst. Lediglich 2 Anthozoa-Taxa sind in sehr geringer Zahl als Zufallsfunde nachgewiesen worden. Als typische Hartsubstratbesiedler waren sie allerdings an den in der vorliegenden Untersuchung beprobten Stationen als ständiges Fauneninventar auch nicht zu erwarten.

Turbellaria, Nematoda und **Rotatoria** wurden sowohl in der UVU Elbe als auch im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nachgewiesen. Die drei genannten taxonomischen Gruppen zählen nicht zum Makrozoobenthos, sondern zum Meiobenthos und sind daher nicht Gegenstand der Beweissicherungsmaßnahmen. Laut UVU sind diese Taxa nicht Zielsetzung der Untersuchung und für die Bestandsanalyse peripher (UVU Elbe, MATERIALBAND VII, S. 103).

Nemertini wurden in Einzelexemplaren in den aktuellen Untersuchungen auf verschiedenen Stationen in der Außenelbe nachgewiesen. Auch in der UVU Elbe wurde diese Gruppe nachgewiesen, die jedoch taxonomisch nicht auf Artniveau aufgeschlüsselt wurde.

Das im Rahmen der Beweissicherung nachgewiesene Artenspektrum der **Bivalvia** wich mit 5 Arten deutlich vom potenziellen Artenspektrum (17) der UVU ab. Im Verlauf der Untersuchungen von 1999 – 2004 konnten die Tellmuschel *Macoma balthica*, Miesmuschel *Mytilus edulis* (nur Juvenile), *Corbula gibba*, Herzmuschel *Cerastoderma edule* sowie *Petricola pholadiformis* erfasst werden. Von diesen war aber lediglich *M. balthica* (Abb. 43) in jedem Untersuchungsjahr (im Untersuchungsgebiet K733) präsent und gehörte örtlich auch zu den dominanten Arten. Alle übrigen Arten wurden nur sporadisch in wenigen Exemplaren nachgewiesen. Die Fahrwinne, insbesondere die Neubaustrecke war kaum durch Muscheln besiedelt. Keine Art wurde über den bisherigen Untersuchungszeitraum stetig nachgewiesen. In der Außenelbe (Abschnitt VII vgl. MATERIALBAND VII 1997) sind insgesamt 17 Muschelarten angegeben, die in diesem Elbabschnitt potenziell vorkommen. Der letzte Nachweis einiger Arten liegt allerdings z.T. schon länger zurück. Die Mitte der 90-er im Rahmen der UVU durchgeführten Untersuchungen ergaben ebenfalls nur den Nachweis

einiger der 17 möglichen Muschelarten. Hierzu gehörten die Scheidenmuschel *Ensis americanus*, Bohrmuschel *Barnea candida*, Sägezähnen *Donax vittatus* und Sandklaffmuschel *Mya arenaria / truncata*. Diese Arten wurden aktuell im Rahmen der Beweissicherung nicht erfasst, was möglicherweise auf die vergleichsweise geringe Eindringtiefe des 0,1 m²-Greifers zurückzuführen ist, der tief im Sediment lebende Arten nur unzureichend erfasst. In der UVU wurde dagegen ein 0,4 m²-Greifer eingesetzt. Da im Rahmen der vorliegenden Studie die Probenahme in Fahrrinne, auf dem Transekt und auf der Klappstelle erfolgte, sind zudem vermutlich die bevorzugten Lebensräume der o.g. Muschelarten (z.B. Kleibänke für *Barnea candida*) ohnehin nicht vertreten. Dies kann den Nichtnachweis der Arten bedingt haben; ein Zusammenhang mit den Vertiefungsarbeiten bzw. Verklappungen ist nicht wahrscheinlich, da die Arten auch in den von den Eingriffen nicht direkt betroffenen Teilgebieten (Referenzen) nicht erfasst wurden. Es ist davon auszugehen, dass die in der UVU Elbe nachgewiesenen Bivalvia zum Fauneninventar der Elbe gehören und die Arten in den entsprechenden Lebensräumen auch aktuell vorkommen können.



Abb. 43: *Macoma balthica* (Bivalvia)

Aus der Gruppe der **Gastropoda** konnten im Rahmen der Beweissicherung in der Außenelbe lediglich 3 Arten (*Hydrobia ulvae*, *Eubranchia* sp. und *Potamopyrgus antipodarum*) erfasst werden. Alle drei Taxa kamen im Verlauf der Untersuchung aber nicht stetig und in nur geringer Dichte vor. In der UVU sind insgesamt 14 Gastropoda als mögliches Fauneninventar der Außenelbe aufgeführt. Die meisten der Arten bevorzugten andere Habitate als die in der Beweissicherung beprobt; die großen Diskrepanzen zwischen den aktuellen Ergebnissen und der potenziellen Artenliste der UVU lassen sich zum größten Teil auf diesen Aspekt zurückführen. So besiedelt z.B. die in der UVU benannte Strandschnecke *Littorina littorea* bevorzugt Buhnen und andere Hartsubstrate. Auch die Arten *Retusa obtusata* und *Lunatia* sp. sowie die Nacktschnecke *Tergipes tergipes* bevorzugten mehr oder weniger Hartsubstrate, die in der vorliegenden Untersuchung nicht beprobt wurden. Mit *Eubranchia* sp. ist in 2003 im Bereich der Fahrrinne ein Taxon nachgewiesen worden, das in der UVU nicht benannt wurde.

Polychaeta sind mit einer Vielzahl an Arten in der Außenelbe vertreten. Die Übereinstimmung mit dem Artenspektrum der UVU Elbe ist allerdings eher mäßig. Insgesamt ist die Zahl der Arten hoch, die lediglich einmalig nachgewiesen wurden und damit zwangsläufig in der jeweils anderen Untersuchung fehlten. So sind in der UVU 29 Polychaeta-Taxa aufgeführt, in der vorliegenden Untersuchung konnten insgesamt sogar 34 Taxa (ohne juvenile Tiere) erfasst werden. Nur etwa 1/3 der Arten wurde in beiden Untersuchungen nachgewiesen. Das in der UVU aufgeführte Artenspektrum wird durch die vorliegenden Ergebnisse deutlich ergänzt.

U.a. *Capitella capitata*, *Eteone longa*, *Heteromastus filiformis*, *Magelona mirabilis*, *Marenzelleria sp.*, *Nephtys caeca*, *N. hombergii*, *Neanthes succinea* und *Pygospio elegans* wurden in beiden Untersuchungen nachgewiesen. Eine Reihe von Arten wurde nur in der UVU Elbe (z.B. *Anaitides maculata*, *Microphthalmus similis*, *Nephtys ciliata*, *Pisione remota*, *Polydora ciliata*, *Polydora ligni*) bzw. nur in den aktuellen Untersuchungen (z.B. *Arenicola marina*, *Goniadella bobretzkii*, *Hediste diversicolor*, *Nephtys longosetosa*, *Ophelia limacina*, *Scolelepis squamata*, *Scoloplos armiger*, *Spio martinensis*) nachgewiesen. Ursachen sind wahrscheinlich die weder in UVU noch in der Beweissicherung zur Gesamterfassung aller Arten ausreichende Probenanzahl (bzw. die Berücksichtigung aller relevanten Habitats), die interannuelle Schwankungsbreite im Vorkommen von einzelnen Arten und methodische Unterschiede in der Datenerhebung. Die sowohl in der UVU als auch in dieser Untersuchung nachgewiesenen Arten können vor dem Hintergrund der hohen Fluktuationen als ‚stetige Arten‘ betrachtet werden. Also solche, die dauerhaft bzw. flächendeckend im Untersuchungsgebiet Außenelbe vorkommen und deren Nachweiswahrscheinlichkeit damit hoch ist.

Die in der UVU als besonders bedeutsam hervorgehobenen Polychaeta wie *Potamocerus triqueter*, *Sabellaria spinulosa* oder *Streblospio shrubsoli* (historisch bedeutsame Art bzw. ‚Echte Brackwasserart‘ oder Rote-Liste-Art) wurden im Rahmen der Beweissicherung, allerdings auch nicht im Rahmen der damaligen UVU-Untersuchungen nachgewiesen. Sie gehören z.T. zur Gruppe der Hartsubstratarten. *P. triqueter* baut seine Röhren beispielsweise auf Fels oder Steinen oder auch anderen biogenen Hartgegenständen (Muschelgehäuse, *Sabellaria*-Riffe, HARTMANN-SCHRÖDER 1996).

In der Außenelbe wurde in der vorliegenden Studie aus der Gruppe der **Oligochaeta** mit *Tubificoides benedii* ein Tubificide angetroffen. In der UVU werden neben *T. benedii* drei weitere Tubificiden für die Außenelbe aufgeführt. Zu diesen gehören mit *Tubifex costatus* und *Monopylephorus rubroniveus* zwei ‚Echte Brackwasserarten‘.

In der UVU sind etwa 30 **Crustacea**-Taxa aufgeführt; 24 Taxa konnten im Rahmen der Beweissicherung nachgewiesen werden, wobei 13 gemeinsame Taxa vorhanden waren.

Crustacea-Gruppen wie **Copepoda**, **Cladocera** und **Ostracoda** zählen nicht zum Makrozoobenthos i.e.S. und sind daher nicht Bestandteil der Beweissicherungsmaßnahmen zum Makrozoobenthos.

Cirripedia (Seepocken) konnten in der Außenelbe als Aufwuchs auf zufällig erfassten Steinen oder z.T. auf Schill vereinzelt Nachweise geführt werden. *Balanus crenatus* war in der aktuellen Untersuchung vertreten, *B. balanoides* und *B. improvisus* dagegen nur in der UVU Elbe.

Mysidacea (Schwebegarnelen) wurden in der UVU Elbe und der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen, allerdings wurden jeweils z.T. andere Arten erfasst. Im Rahmen der vorliegenden Beweissicherung wurden mit *Gastrosaccus spinifer*, *Mesopodopsis slabberi*, *Neomysis integer*, *Praunus inermis* und *Schistomysis kervillei* sowie *S. spiritus* 6 Arten nachgewiesen (km 732-740); für Abschnitt VII (km 727-756) benennt die UVU das Vorkommen von 3 Arten (*Neomysis integer*, *Mesopodopsis slabberi* und *Praunus flexuosus*). Die Erfassung der epibenthischen sehr mobilen und teilweise fleckenhaft auftretenden Mysidaceen unterliegt allerdings mit der Greifertechnik einer großen Zufälligkeit.

Weitere Vertreter der Crustacea, die **Amphipoda**, spielen im Hinblick auf die Beweissicherung in der Außen- und Unterelbe aufgrund ihrer Stetigkeit und vergleichsweise hoher Abundanzen eine bedeutsame Rolle. Haustoridae (*Bathyporeia*-Arten (Abb. 44) *Haustorius arenarius*) und Gammariidae (*Gammarus salinus*, *G. zaddachi*) sind die häufigsten Vertreter, die sowohl in der UVU Elbe aufgeführt sind, als auch in der vorliegenden Studie nachgewiesen wurden.



Abb. 44: *Bathyporeia pilosa* (Crustacea)

Dekapoda werden in der UVU (Abschnitt VII) mit insgesamt 8 Arten angegeben. Darunter *Cancer pagurus*, *Hyas araneus*, *Palaemon longirostris* sowie *Pagurus bernardus*, die im Rahmen der Untersuchung zur Beweissicherung (3 Arten) nicht erfasst wurden. *Hyas araneus* zählt im Sinne der UVU zu den historisch bedeutsamen Arten.

6.2 UVU-Bewertung des Abschnitt VII

„Die Untersuchungsabschnitte VII (seewärts Cuxhaven) und VI (Ostemündung bis etwa Cuxhaven) werden aufgrund des Artenspektrums in die mittlere Wertigkeit eingestuft. Im Vergleich mit den Ergebnissen aus den 50-er und 60-er Jahren (MOVAGHAR 1964), JENSEN (1965) und ODHE (1981) zeigt sich, dass sich seit der Zeit die Artenzusammensetzung grundsätzlich wenig geändert hat...“

Aufgrund des (potenziellen) Vorkommens von 5 Rote-Liste-Arten (RACHOR et al. 1995) wurde dem Abschnitt VII eine hohe Wertigkeit zugeordnet. Dies gilt auch im Hinblick auf die ökologische Funktion (Reproduktionspotenzial, Ernährungstyp). Unter Berücksichtigung des Aspektes Wiederherstellbarkeit erhielt der Abschnitt VII eine mittlere Wertigkeit. Zusammenfassend wurde dem Abschnitt VII eine **hohe Wertigkeit** zugeordnet (MATERIALBAND VII 1997).

Die o.g. Bewertung wurde nicht auf Bereiche übertragen, die im Rahmen der Unterhaltungsarbeiten schon einer hohen Vorbelastung unterlagen (vgl. MATERIALBAND VII). Die in der UVU dargestellten Auswirkungen der Ausbaumaßnahmen sind als erhebliche Beeinträchtigungen in solchen Abschnitten bewertet worden, die keiner besonderen Vorbelastung unterliegen haben (zur Bemessung der Vorbelastung s. MATERIALBAND VII 1997). Im Abschnitt VII sind unter diesen Voraussetzungen auf einer Fläche von 245 ha erhebliche Beeinträchtigungen vermutet worden. Von nachhaltigen Auswirkungen wurde dabei mit der möglichen Ausnahme sehr langlebiger, wenig mobiler Arten (Muscheln), nicht ausgegangen. Bei fokussierter Betrachtung der damals vorliegenden Daten im Hinblick auf Muschelvorkommen (s.a. Kap. 7) wurde aber auch für diese Artengruppe nicht von einer nachhaltigen Wirkung ausgegangen.

6.3 Aktuelle Entwicklung der wirbellosen Bodenfauna nach der Baumaßnahme im Vergleich zur Prognose gemäß UVU-Materialband VII

Das Makrozoobenthos der Außenelbe wird von marin-euryhalinen Arten dominiert, die überwiegend ein hohes Reproduktionspotenzial besitzen. Es kommen aber auch Arten mit geringerem Wiederbesiedlungsvermögen vor. Es ist eine Gemeinschaft etabliert, die nicht nur Objekt einer starken natürlichen Variabilität der abiotischen Bedingungen, sondern auch frequenter anthropogener Störungen durch Strombaumaßnahmen und Unterhaltungsaktivitäten ist (vorbelastete Gemeinschaft). In der UVU (MATERIALBAND VII 1997) wurde für die Außenelbe auf das eingeschränkte Artenspektrum der Bivalvia, insbesondere das Fehlen von individuenstarken Populationen mit heterogener Altersstruktur hingewiesen. So konnten in den 1993 durchgeführten Untersuchungen im Sublitoral der Fahrinne, im Gegensatz zu den Watten keine langlebigen Bodentiere, insbesondere keine älteren Muschelbestände (i. d. S. fünf bis 10 Jahre und älter) nachgewiesen werden. Jüngere Ansiedlungen waren dagegen vorhanden. So waren nach MATERIALBAND VII (1997) Klappstellen in der Außenelbe durch juvenile *Ensis americanus* besiedelt. Da diese Tiere potenziell langlebig sind, war eine Beeinträchtigung durch weitere Verklappungsaktivitäten anzunehmen. Allerdings erschließt *Ensis americanus* (syn. *E. directus*) nach den Autoren bevorzugt Gebiete, die durch starke (natürliche) Umlagerungsaktivitäten charakterisiert sind.

Hinsichtlich der ökologischen Kriterien „Reproduktionsdauer“ und „Wiederherstellbarkeit“ wurde die Biozönose der Außenelbe als mittelfristig wiederherstellbar und empfindlich gegenüber Eingriffen in das System eingestuft (MATERIALBAND VII 1997).

In der UVU ist zur Ausbaumaßnahme folgendes prognostiziert worden (vgl. UVU-MATERIALBAND VII 1997):

Allgemein: „...Entsprechend den prognostizierten geringen positiven wie negativen Änderungen im Unterhaltungsaufwand wird der Status quo von Bestand sein. An der hohen Wertigkeit des Untersuchungsabschnittes VII wird sich nach der Fahrrinnenanpassung mittelfristig nichts ändern. Sollte sich darüber hinaus die tendenzielle, wenn auch geringfügig lokale Reduzierung des Unterhaltungsaufwandes realisieren lassen, so ist mit einer Stabilisierung, vielleicht sogar mit einer Verbesserung der ökologischen Situation zu rechnen ...“.

„...Es sollte jedoch nicht übersehen werden, dass es sehr wohl zu einem qualitativen, allerdings lokal begrenzten Umbruch in der Artenstruktur kommen kann, der im Wesentlichen seinen Ursprung in kleinskaligen, hydro- und/oder morphodynamischen Veränderungen haben kann. Ausnahmen bezüglich der Nachhaltigkeit eines Eingriffes bilden hingegen Vorkommen langlebiger, überwiegend ortsgebundener Arten, wie beispielsweise Muscheln...“. Für die unmittelbaren Eingriffsflächen wurde allerdings angenommen, dass sich in Folge der Eingriffe der Ausgangszustand ‚hohe Wertigkeit‘ verändern würde. Vermutet wurde der Prognosezustand ‚sehr geringe Wertigkeit‘.

Klappstelle: „...Bei einer ausbaubedingten Verklappungsmenge von beispielsweise 3 Millionen m³, die in 18 Monaten ausgebracht wird, berechnen sich überschlagsweise zwei Baggerladungen pro Tag. D. h. tagtäglich über eine Periode von 1,5 Jahren wird die benthische Wirbellosenfauna in ihrer potenziellen Entwicklung gestört. Eine Neubesiedlung dürfte sich wahrscheinlich auf einem ähnlichen Niveau wieder einstellen, da der Sedimenttyp der gleiche bleibt. Nach den gesetzten Maßstäben sind die negativen Veränderungen der Populationsparameter in ihren Auswirkungen erheblich, aber nur vorübergehend.

„...Über den Zeitfaktor der Wiederherstellbarkeit einer Faunengemeinschaft (nach Baggergutverklappungen) gehen die Meinungen auseinander. Über das Ausmaß der Folgebesiedlung sind sich die meisten Autoren im Grundsatz einig. Während die Artenzahl in der Regel gleich bleibt - was einen Wandel in der Artenstruktur nicht ausschließt - sinkt nach der Verklappungsperiode für gewöhnlich die Besiedlungsdichte und auch die Biomasse: Charakteristisch ist im polyhalinen Bereich eine opportunistische, biomassearme Kleinpolychaeten-Gemeinschaft mit starken Schwankungen der Populationsparameter...“.

Die Verklappungen (1999/2000) haben nicht zu einer faunistischen Verödung der Klappstelle geführt. Allerdings konnte v.a. 2001 eine Reduzierung der Besiedlungskennwerte auf der Klappstelle und z.T. auch im Nahbereich festgestellt werden. In 2003 wies die Zoobenthos-Gemeinschaft der ‚ursprünglichen‘ Klappstelle im räumlichen und interannuellen Vergleich tendenziell geringere Besiedlungskennwerte (Besiedlungsdichte) auf. Bei den Crustacea war dies, anders als bei den Bivalvia und Polychaeta, jedoch nicht der Fall. Bezugsgrößen zur Beurteilung waren sowohl der Status quo (1999) als auch räumliche Referenzstationen. Die auf der Klappstelle dokumentierte Situation entsprach insbesondere in 2001 in etwa denjenigen Wirkungen, die in der UVU prognostiziert wurden (u.a. Reduzierung der Besiedlungsdichte). Auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse war in 2003 eine vollständige Erholung, der Benthosgemeinschaft die sich bereits 2002 anzudeuten schien, noch nicht eindeutig zu belegen ist. Allerdings können umgekehrt die Befunde unter Berücksichtigung der natürlichen Variabilität nicht eindeutig als Hinweise auf noch bestehende

Verklappungswirkungen angesehen werden. In 2004 konnten dann keine signifikanten Unterschiede zwischen ehemaliger Klappstelle und der Umgebung festgestellt werden, so dass davon auszugehen ist, dass die in 2004 (und vermutlich bereits die in 2003) räumlichen und zeitlichen festgestellten Besiedlungsunterschiede die in diesem Bereich normale Variabilität widerspiegeln.

Die Regenerationsdauer der Benthosgemeinschaft nach Verklappungen wurde in der UVU nicht prognostiziert, da eine Regeneration v.a. abhängig ist von der damals nicht einzuschätzenden weiteren Beaufschlagungsmenge und –frequenz im Rahmen der Unterhaltung. Da hier nach Abschluss der Neubauarbeiten der Verklappungsbereich nur noch örtlich bzw. nicht mehr beaufschlagt wurde, erfolgten also nach 2001 keine weiteren Beeinträchtigungen im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen. Insofern wird eine Beurteilung der Regenerationsdauer nach Abschluss einer umfangreichen Beaufschlagung (hier: im Rahmen der Neubaumaßnahme) möglich. Die vorliegenden Befunde deuten darauf hin, dass die Regeneration der Benthosgemeinschaft bezogen auf den Ausgangszustand 1999 nach vermutlich 3 Jahren, spätestens nach 4 Jahren nach den umfangreichen Verklappungen in 1999/2000 abgeschlossen war.

Fahrrinne: „...Die zeitliche Beeinträchtigung entspricht überschlägig der Dauer der jeweiligen Bauphase. Die Eingriffswirksamkeit ist danach auf 6 bis 18 Monate begrenzt (vgl. Baumaßnahmenbeschreibung), zuzüglich dem Zeitraum der Wiederbesiedlung der ausgebaggerten Flächen. Bereits während der Ausbaubaggerarbeiten ist damit zu rechnen, dass die betroffenen Flächen, wenn auch ausgedünnt, durch aktives Einwandern, Einschwimmen aus Seitenräumen und großräumige Verdriftung sowie überlebende Restpopulationen faunistisch wieder erschlossen werden.... Ein bis spätestens drei Jahre nach dem Ende der eigentlichen Bauphase wird sich auf den Flächen, die anschließend nicht von ausbaubedingt erhöhter Unterhaltungsbaggerung betroffen sind, die ursprünglich vorhandene Rinnengemeinschaft erneut einstellen ...“.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass sich in 2001 und in den Folgejahren eine ähnliche Makrozoobenthos-Gemeinschaft, mit einigen Verschiebungen in der Dominanzstruktur, in der Fahrrinne wieder quantitativ eingestellt hat. Als Vergleichsmaßstab hierfür wurde zum einen die Situation in 1999 und zum anderen die räumliche Referenz (nur Referenz-Nord, die südliche Referenz bleibt unberücksichtigt) herangezogen. Der in der UVU-Prognose angenommene Zeitraum zur Wiederetablierung einer typischen Rinnengemeinschaft sandiger Sedimente mit der Dominanz von sandbevorzugenden Arten wie den *Bathyporeia*-Arten und verschiedenen Polychaeten scheint sich nach den ersten vorliegenden Ergebnissen in der Tendenz zu bestätigen. Allerdings zeigte sich nach 1999 in der Neubaustrecke eine mehr oder weniger kontinuierliche Veränderung in der Artenstruktur der Fahrrinnengemeinschaft, die sich in der Tendenz bis 2004 fortsetzte. Dies betraf v.a. die Gruppe der Polychaeta, deren Abundanzen seit 1999 im Bereich der intensivsten Baggerungen (linker Fahrrinnenrand) rückläufig waren. Ein solches Ergebnis wurde aufgrund der durch die Vertiefungsmaßnahmen u.U. örtlich veränderten Rahmenbedingungen in der Prognose für möglich gehalten. Unerwartet und in der Prognose so nicht benannt ist dagegen die im Rahmen der Beweissicherung festgestellte deutliche Zunahme der Crustacea-Besiedlungsdichte im Bereich der Neubaustrecke und hier im Bereich der höchsten Baggerintensität nach 1999. Die Analysen deuten auf einen signifikanten Zusammenhang hoher Individuenzahlen einzelner Taxa (*Bathyporeia*, Crustacea) und hohen Baggermengen. Diese Besiedlungssituation stellt sich scheinbar kurzfristig nach, u.U. sogar bereits während der Baggerungen ein.

Erschwert wird die Identifikation möglicher Baggerwirkungen im Hinblick auf die Vertiefungsmaßnahmen durch die auch nach Abschluss der Neubauarbeiten mehr oder weniger umfangreichen Unterhaltungsbaggerungen, die über den gesamten Untersuchungsbereich durchgeführt wurden.

6.4 Bewertung der untersuchten Teilgebiete im Vergleich zur UVU-Prognose

In BIOCONSULT (2004) wurden für das Untersuchungsjahr 2003 die im Rahmen des Beweissicherungsverfahrens untersuchten Teilgebiete beispielhaft nach dem UVU-Verfahren für den Aspekt ‚Artenspektrum‘ wie folgt bewertet:

Klappstelle K733: Die Klappstelle (MK) wies 2003 ein Gesamtartenspektrum von 15 Taxa, davon sind im Sinne der UVU-Klassifizierung 11 Taxa der Kategorie I (eurytope Arten) und 4 Taxa der Kategorie II-2 (echte Brackwasserarten, zeitgenössisch relevant) zuzuordnen. Dies entspricht jeweils <25% der potenziell in diesem Abschnitt in der UVU benannten ca. 120 Taxa (Kat. I und Kat. II summiert). Das derzeitige Artenspektrum im Bereich der Klappstelle entspricht nach den Kriterien der UVU nicht dem eines potenziell naturnahen Elbabschnitt und würde der Kategorie ‚sehr geringe Wertigkeit‘ zugeordnet. Auch die Ausgangssituation in 1999 mit insgesamt 18 erfassten Taxa würde in diese Bewertungskategorie eingestuft. Die Referenz (MKÄ) erreicht in 2003 (und gleichsinnig auch 1999) durch ihre höhere Artenvielfalt mit 23 Taxa der Kat. I, 6 Taxa der Kategorie II-2 sowie 1 Art der Kategorie II-3 (historisch bedeutsame Art) und der Präsenz einer Roten Liste Art (*Sertularia cupressina*) eine geringe bzw. mittlere Wertigkeit. Allerdings korrespondiert die höhere Artenvielfalt sehr wahrscheinlich auch mit der höheren Anzahl an Untersuchungsstationen.

Fahrrinne: Die Neubaustrecke der Fahrrinne (MB) erhielt in 2003 aufgrund des Artenvorkommens (14 Taxa) ebenso wie die Klappstelle eine nur ‚sehr geringe Wertigkeit‘. Aufgrund des Vorkommens von der gefährdeten Muschel *Corbula gibba* läge die Wertigkeit 1999, die in den Folgejahren nicht mehr erfasst wurde, höher, allerdings handelt es sich bei *C. gibba* aufgrund der wenigen erfassten Exemplare vermutlich auch vor 1999 nicht um eine stetig in der Fahrrinne vorkommende Art. Eine analoge Bewertung (sehr geringe Wertigkeit) wäre auch für die nördliche Referenz (MFN) zu diagnostizieren, allerdings waren die Referenzen durch eine geringere Anzahl an Stationen gekennzeichnet.

Die o.g. Beispiele verdeutlichen die Schwierigkeit der Anwendung des UVU-Bewertungsverfahrens, so dass u.E. eine Bewertung der untersuchten Teilgebiete analog zur UVU-Methodik aus folgenden Gründen nicht sinnvoll ist und daher auf eine wiederholende Bewertung mit den Daten aus 2004 verzichtet :

Zum einen handelt es sich bei der Bemessung der Wertigkeit in der UVU um die Bewertung eines gesamten Elb-Abschnittes, der sehr unterschiedliche Habitats mit jeweils entsprechend spezifischen Benthosgemeinschaften und eines damit insgesamt sehr diversen Arteninventars umfasst. Begrenzte Teilgebiete dieses Abschnitts, wie diejenigen, die im Rahmen der Beweissicherung untersucht wurden, weisen daher im Vergleich zum gesamten Abschnitt VII zwangsläufig ein viel geringeres Arteninventar auf. Besonders die in der UVU benannten wertgebenden Hartsubstrat-Arten waren an den im Rahmen der vorliegenden Beweissicherung untersuchten Weichbodenstandorten nicht oder höchstens als Zufallsfunde zu erwarten. Dies gilt sowohl für die Eingriffsbe-

reiche als auch für die zugehörigen Referenzbereiche. Zum anderen gingen neben den Untersuchungsergebnissen, die im Rahmen der UVU erhoben wurden zusätzlich Ergebnisse weiterer Untersuchungen (seit etwa 1980) in die Bewertung ein (s.o.).

7. Schlussfolgerungen

Abb. 45 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte zum Zeitpunkt der Status-quo-Untersuchung in 1999 bis 2004 etwa 4,5 Jahre nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten. Die bisherigen Ergebnisse machen deutlich, dass die untersuchten Abschnitte der Außenelbe, die durch Baggerungen oder Verklappungen betroffen sind, in 2004 wieder eine ähnliche Gemeinschaft aufweisen wie vor der Maßnahme. Hervorzuheben ist dabei, dass nach 1999 für die beiden Eingriffsbereiche (Klappstelle, Baggerstrecke) zwei konträre Entwicklungen dokumentiert wurden. So erfolgte die erwartete Abnahme der Besiedlungskennwerte im Verklappungsbereich. Im Bereich der Neubaustrecke erfolgte dagegen eine unerwartet deutliche Zunahme der Besiedlungsdichte. Im Klappstellenbereich war ein solches Ergebnis in 2001 bei ausbaubedingt sehr hohen Klappmengen am augenscheinlichsten. Anders als im Klappstellenbereich, der nach Abschluss der Vertiefungsmaßnahmen nicht mehr genutzt wurde und die Makrozoobenthosgemeinschaft eine tatsächliche Möglichkeit zur Regeneration hatte, erfolgten im Vertiefungsbereich der Fahrrinne auch nach 1999 überwiegend umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen, so dass in diesem Fall eine Reeneration nach der Maßnahme ‚Vertiefung‘ nicht erfolgen konnte.

Klappstelle K733: Die Verklappungen im Rahmen der Neubaumaßnahmen hatten keine faunistische Verödung des Verklappungsbereiches zur Folge. In 2001 wurde aber ein Abundanzrückgang der Benthosorganismen registriert, der weite Teile der Klappstelle aber auch Bereiche im Nahbereich der Klappstelle betraf. An den von der Klappstelle weiter entfernt liegenden Referenzstationen waren dagegen keine so ausgeprägten Rückgänge bzw. auch örtlich leichte Zunahmen zu verzeichnen (Abb. 45: 1999-2001). Nachdem nach 2000 nur noch örtlich Beaufschlagungen auf der ehemaligen Klappstelle erfolgten, wurde nach den in 2001 sehr geringen Besiedlungskennwerten in 2002/2003 wieder ein Anstieg der Werte festgestellt. Dieser setzte sich in 2003 auf der ehemaligen Klappstelle allerdings nicht fort, obwohl in 2003 überwiegend eine großräumige Zunahme der Besiedlungskennwerte erkennbar war. Diese wurde aber nur außerhalb der Klappstelle dokumentiert (Abb. 45: 2002-2003). Zudem wich die Besiedlungsdichte der Klappstelle in 2003 aufgrund geringerer Werte noch mehr oder weniger deutlich von der Ausgangssituation (1999) ab (BIOCONSULT 2004); der Referenzbereich und auch der Nahbereich waren in 2003 dagegen, mit wenigen örtlichen Ausnahmen im Nahbereich, durch höhere Werte als in 1999 gekennzeichnet. In 2004 blieben im äußeren Bereich (MKÄ) die Besiedlungsdichten hoch, ebenso wurde eine Zunahme im ehemaligen Klappstellenbereich (MK 12, MK24, Abb. 45: 2004) und eine Abnahme an den meisten MKN-Stationen verzeichnet (Abb. 45: 2004).

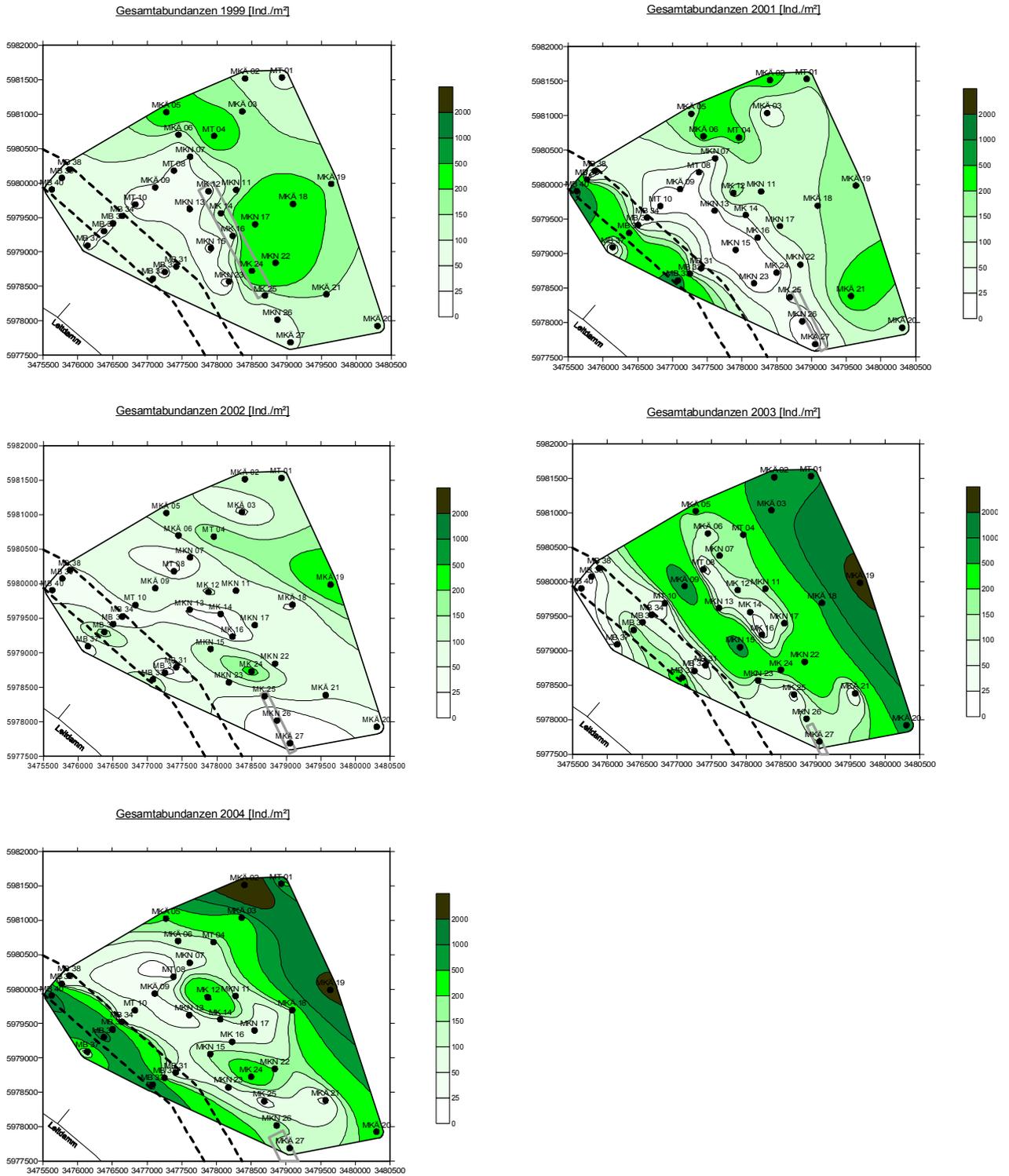


Abb. 45: Abundanzentwicklung des Makrozoobenthos von 1999 bis 2004 im gesamten Untersuchungsgebiet der Außenelbe (Klappstelle, Fahrrinne – ohne Referenzbereiche, Transekt).

Die vorliegenden Befunde im Untersuchungsgebiet K 733 lassen es plausibel erscheinen, dass die in 2004 noch festgestellten räumlichen Unterschiede im Untersuchungsbereich K733 die natürliche Besiedlungsvariabilität widerspiegeln. Diesbezüglich mögliche Einflussfaktoren die zu den Unter-

schieden beigetragen haben könnten, wären die z.T. unterschiedliche Wassertiefe und die örtlich höheren Schlickanteile im Referenzbereich und die durch die natürliche Morphodynamik insgesamt hervorgerufenen Veränderungen der Umweltvariablen.

Vertiefungsstrecke: Hier ist, anders als im Verklappungsbereich, eine deutliche Zunahme (v.a. in 2001) der Besiedlungsdichte festgestellt worden. Diese Zunahme wurde in Bereichen der Neubaustrecke (linke Fahrrinnenseite) verzeichnet, die nach 1999, insbesondere in 2001 aber auch 2004, den intensivsten Baggerungen, bezogen auf den Zeitraum 1 Jahr vor der jeweiligen Benthosprobenahmen, unterlagen. Verantwortlich für die Zunahme der Besiedlungsdichte waren ausschließlich Crustacea der Gattung *Bathyporeia*. Die Individuenzahl anderer Taxagruppen (Polychaeta) gingen in den Baggerbereichen dagegen im Untersuchungszeitraum mehr oder weniger zurück. Allerdings waren Polychaeta bereits 1999 in nur geringer Anzahl im Bereich der Fahrrinne vertreten. Mit Abnahme der sehr hohen Baggermengen war auch die Abundanz der *Bathyporeia* in 2002 und 2003 im Vergleich zu 2001 rückläufig und stieg in 2004 wieder sehr stark an. Nach 1999 blieben die Besiedlungsdichten immer deutlich über dem Ausgangswert (Abb. 45, 1999-2003).

In der Fahrrinne sind aus den o.g. Gründen die prognostizierten Wirkungen der Vertiefung weniger offensichtlich, da hier, anders als im Bereich der Klappstelle, eine erwartete Reduzierung der Zoobenthosabundanzen zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht eintrat oder nicht (mehr) erkennbar war. Es bleibt unklar, ob zumindest unmittelbar nach den Baggertätigkeiten zunächst eine deutliche Abnahme der Makrozoobenthosdichte eintrat, die durch eine sehr schnelle Wiederbesiedlung, v.a. durch mobile Arten (hier: *Bathyporeia* sp.) in kurzer Zeit wiederhergestellt war. Es erfolgte in jedem Fall, sehr wahrscheinlich induziert durch die Baggerarbeiten, die Herstellung eines für *Bathyporeia*-Arten offensichtlich besonders attraktiven Standortes, der sehr schnell von den Arten in hoher Anzahl besetzt wurde. Die möglicherweise ausbaubedingt etwas veränderten Sedimentbedingungen (mehr Feinsand) im Bereich der Baggerstrecke könnten für die Einwanderung (oder für die besonders erfolgreiche Reproduktion) der stenotopen (fein)sandliebenden Arten mitverantwortlich gewesen sein.

Die im Bereich der Neubaustrecke festgestellten Veränderungen könnten aus folgenden Gründen als Hinweise auf Wirkungen der Baggerarbeiten anzusehen sein:

Die deutliche Erhöhung der *Bathyporeia*-Abundanzen und eine damit einhergehende Veränderung der Gemeinschaftsstruktur erfolgte am ausgeprägtesten sowohl auf der Raum (linker Fahrrinnenbereich)- als auch auf der Zeitskala (2001 - 2004) in den von Baggerungen am stärksten betroffenen Bereichen. Die Abschnitte der Neubaustrecke, die von Baggerungen wenig betroffen waren sowie die nicht direkt von Baggerungen beeinflussten nördlichen Referenzbereiche zeichneten sich diesbezüglich durch deutlich geringere interannuelle Veränderungen der Benthosgemeinschaft aus. Der, wenngleich nur schwach ausgeprägte, fast ausschließlich in den intensiv bebaggerten Bereichen, Rückgang der Polychaeta könnte ebenfalls als Hinweis auf Auswirkungen der Vertiefungsarbeiten angesehen werden.

Erschwert wurde die Analyse durch die zeitlich außerhalb der eigentlichen Vertiefungsbaggerungen stattgefundenen Unterhaltungsarbeiten und die Tatsache, dass die Vertiefungsbaggerungen eine durch die in der Vergangenheit stattgefundenen Strombaumaßnahmen und die laufende Unterhaltungsaggerei vorbelastete Gemeinschaft betroffen haben. In diesem Zusammenhang sind zwei Aspekte nicht voneinander zu trennen: die (andauernde?) Wirkung der ausbaubedingten intensiven

Baggerung und die Wirkungen der nach Abschluss der Ausbauarbeiten weiter erfolgenden, aber weniger intensiven Baggerung im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung.

Transekt: Aufgrund der insgesamt sehr ausgeprägten, räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit der Benthosbesiedlung im Bereich des Transektes, die sich auf Basis aller durchgeführten Analysen in ähnlicher Weise zeigten, werden Wirkungen der Ausbaumaßnahmen auf das Zoobenthos auf der Basis des vorliegenden Datensatzes nicht offensichtlich.

8. Literatur

- BARNES, R. S. K. (1994): The brackish-water fauna of northwestern Europe. Cambridge Press, Cambridge.
- BFG (1998): BFG-Monitoring in Ems, Jade, Weser und Eider. Kritische Übersicht über die Ergebnisse 1995-1997. Bundesanstalt f. Gewässerkunde, Koblenz.
- BFG (2000): Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt – Beweissicherung Makrozoobenthos- Statistische Analyse zur Ermittlung der Anzahl notwendiger Parallelproben. BfG Bericht 1227, Bundesanstalt f. Gewässerkunde, Koblenz.
- BFN (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz Heft 55. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 434 Seiten und Anhang
- BIOCONSULT (1998): Die Makrozoobenthosbesiedlung von Buhnen in Unter- und Außenweser. Auftraggeber: Bundesanstalt f. Gewässerkunde, Koblenz.
- BIOCONSULT (1999): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Ergebnisse Frühjahr 1999. Auftraggeber: WSA Hamburg, 41 S + Anhang.
- BIOCONSULT (2002): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Bereich Außenelbe. Ergebnisse Frühjahr 2001. Auftraggeber: WSA Hamburg.
- BIOCONSULT (2003): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Bereich Außenelbe. Ergebnisse Frühjahr 2002. Auftraggeber: WSA Hamburg.
- BIOCONSULT (2005a): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Bereich Fahrrinne Unterelbe. Abschlussbericht. Auftraggeber: WSA Hamburg.
- BIOCONSULT (2005b): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Bereich Unterelbe, Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth. Abschlussbericht. Auftraggeber: WSA Hamburg.
- BRAUKMANN, U. (1987): Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. Arch. Hydrobiol. Beih. 26.
- FISH, J.D. & S. FISH (1978): Observations on annual migration of *Bathyporeia pelagica* (Amphipoda, Haustoriidae). Crustaceana, 35, 215-221.
- FISH, J.D. & S. FISH (1996): A student's guide to the seashore. Cambridge: Cambridge University Press.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G. (1996): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta.- Die Tierwelt Deutschlands 58, G. Fischer Verlag.
- HAYWARD, P. J. & J. S. RYLAND (1995): Handbook of the marine fauna of North-West Europe.- Oxford University Press, Oxford.
- JEBSSEN, U. (1965): Die Struktur der Wattenbiozönose im Vormündungsgebiet der Elbe. Arch. Hydrobiol./Suppl. 29, Elbe-Aestur II (3/4): 252-370.

- JONGMAN R.H.G., C.F.F TER BRAAK & O.F.R. VAN TONGEREN (1998): Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Cambridge University Press, Cambridge UK.
- KHAYRALLAH, N.H. & A.M. JONES (1980a): The ecology of *Bathyporeia pilosa* (Amphipoda: Haustoriidae) in the Tay Estuary. 1. Factors influencing the distribution on Tayport and Tentsmuir beaches. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. B, 78, 109-119.
- LADLE, M. (1975): The Haustoriidae (Amphipoda) of Budle Bay, Northumberland. Crustaceana, 28, 37-47.
- MATERIALBAND VII (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Tiere und Pflanzen - aquatische Lebensgemeinschaften. Gutachten i. A. der WSV Kiel, WSA Hamburg, Amt Strom- und Hafengebäude, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg und HUUG Tangstedt: 567 S.
- MOVAGHAR, C.-A. (1964): Verbreitung und Ökologie der Amphipoden im Elbe-Aestuar. Arch. Hydrobiol./Suppl. 29, Elbe-Aestur II (1/2): 97-179.
- MÜLLER, P., U. KLOMANN, P. NAGEL, H. REIS & A. SCHÄFER (1974): Indikatorwert unterschiedlicher Biotischer Diversität im Verdichtungsraum von Saarbrücken.
- OHDE, J. (1981): Entstehung von Besiedlungsmustern der Makroendofauna im Wattenmeer der Elbe-Mündung. Diss. FB Biol. Univ. Hamburg, 445 S.
- RACHOR, E., J. HARMS, W. HEIBER, I. KRÖNCKE, H. MICHAELIS, K. REISE & K. H. VAN BERNEM, 1995: Rote Liste der bodenlebenden Wirbellosen des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs. - In: VON NORDHEIM, H. & T. MERCK (Hrsg.), Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 44. Bundesamt für Naturschutz, Bonn: 63-74.
- REMANE, A. (1940): Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Lief. 34.
- SHELLENBERG, A. (1942): Krebstiere oder Crustacea IV: Flohkrebse oder Amphipoda. In DAHL: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. G. Fischer Verlag, Jena.
- SMITH, R. J. (1955): On the distribution of *Nereis diversicolor* in relation to salinity in the vicinity of Tvärminne, Finland, and the Isefjord, Denmark. Biol. Bull. 108, 326-345.
- TER BRAAK, C.J.F. (1996): Unimodal models to relate species to environment. DLO Agricultural Mathematics Group, Wageningen, the Netherlands.
- TER BRAAK, C.J.F. & P. SMILAUER (2002): CANOCO References manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).
- ZIEGELMEIER, E. (1957): Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete. Biol. Anst. Helgoland, Sonderabdr. Helgoländer wiss. Meeresunters. 6, 1-64.

9. Anhang Inhaltsverzeichnis

Anhang I:

1a: Rahmenparameter der Probenahme vom April-Mai

1b: Sedimentansprache

Anhang II: Abundanzen an den untersuchten Stationen der Außenelbe

2a: Äußerer Bereich, Makrozoobenthosdaten

2b: Klappstelle, Makrozoobenthosdaten

2c: Nahbereich, Makrozoobenthosdaten

2d: Transekt, Makrozoobenthosdaten

2e: Fahrrinne, Makrozoobenthosdaten

2f: Fahrrinne-Referenz, Makrozoobenthosdaten

Anhang III:

3a: Tabelle zu den Baggermengen [m³] im Bereich der Außenelbe

3b: Grafik zu den Baggermengen

3c: Verklappungsmengen [m³] auf der Klappstelle 733

Anhang IV:

5: Ergebnisse der Muschelvermessung

Anhang V:

Übersichtskarte zur Lage der Probenahmestationen Außenelbe

Anhang 1a: Rahmenparameter der Probenahme vom Mai 2004

Station Nr.	Position N Position E	Datum/ Uhrzeit	Wassertiefe [m] auf SKN	Tidephase	Wind	Wetter
M 01	53°57,849 8°40,676	17.05.04 12:40	3,51	Stauwasser	NW3	bedeckt 8/8
M 02	53°57,839 8°40,193	17.05.04 12:55	2,98	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 03	53°57,581 8°40,157	17.05.04 13:10	3,07	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 04	53°57,389 8°39,789	17.05.04 13:30	5,28	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 05	53°57,572 8°39,160	18.05.04 16:10	8,48	fallend	NW4-5	sonnig 3/8
M 06	53°57,397 8°39,321	18.05.04 15:50	9,63	fallend	NW4-5	sonnig 3/8
M 07	53°57,225 8°39,476	18.05.04 15:30	11,49	fallend	NW4-5	sonnig 3/8
M 08	53°57,116 8°39,264	18.05.04 14:45	14,15	fallend	NW4-5	sonnig 3/8
M 09	53°56,984 8°39,018	18.05.04 14:15	19,11	fallend	NW4-5	sonnig 3/8
M 10	53°56,850 8°38,759	18.05.04 13:55	18,97	fallend	NW4-5	sonnig 2/8
M 11	53°56,968 8°40,082	19.05.04 8:00	8,56	fallend	W5	bedeckt 8/8
M 12	53°56,956 8°39,719	19.05.04 8:25	11,67	Stauwasser	W5	bedeckt 7/8
M 13	53°56,816 8°39,473	19.05.04 11:45	16,3	steigend	W5-6	heiter 4/8
M 14	53°56,784 8°39,883	19.05.04 8:45	11,51	steigend	W5	bedeckt 7/8
M 15	53°56,511 8°39,752	19.05.04 11:20	16,53	steigend	W5	heiter 6/8

Fortsetzung Anhang 1a:

Station Nr.	Position N Position E	Datum/ Uhrzeit	Wassertiefe [m] auf SKN	Tidephase	Wind	Wetter
M 16	53°56,608 8°40,040	19.05.04 9:05	11,08	steigend	W5	bedeckt 7/8
M 17	53°56,698 8°40,333	19.05.04 9:30	9,54	steigend	W5	bedeckt 7/8
M 18	53°56,859 8°40,828	17.05.04 13:55	2,54	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 19	53°57,018 8°41,329	17.05.04 14:10	1,14	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 20	53°55,908 8°41,945	17.05.04 14:35	2,15	fallend	NW3	bedeckt 8/8
M 21	53°56,154 8°41,271	17.05.04 15:00	7,48	fallend	NW3	heiter 4/8
M 22	53°56,398 8°40,604	19.05.04 10:00	8,9	steigend	W5	bedeckt 7/8
M 23	53°56,250 8°39,994	19.05.04 10:45	16,78	steigend	W5	heiter 6/8
M 24	53°56,335 8°40,292	19.05.04 10:20	11,49	steigend	W5	bedeckt 8/8
M 25	53°56,143 8°40,467	19.05.04 13:55	10,26	Stauwasser	W5-6	heiter 4/8
M 26	53°55,954 8°40,631	19.05.04 13:30	9,76	steigend	W5-6	heiter 4/8
M 27	53°55,777 8°40,803	19.05.04 13:10	2,68	steigend	W5-6	heiter 4/8
M 28	53°57,600 8°35,460	18.05.04 10:05	18,02	steigend	W3	heiter 3/8
M 29	53°55,015 8°40,580	17.05.04 8:05	17,56	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 30	53°57,516 8°35,552	18.05.04 10:45	19,23	steigend	W3	heiter 3/8

Fortsetzung Anhang 1a:

Station Nr.	Position N Position E	Datum/ Uhrzeit	Wassertiefe [m] auf SKN	Tidephase	Wind	Wetter
M 31	53°56,366 8°39,300	17.05.04 8:25	17,77	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 32	53°56,323 8°39,153	17.05.04 8:45	18,14	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 33	53°56,270 8°38,996	17.05.04 9:20	16,9	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 34	53°56,760 8°38,586	17.05.04 9:50	17,57	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 35	53°56,702 8°38,468	17.05.04 10:15	17,38	steigend	NW2-3	bedeckt 8/8
M 36	53°56,640 8°38,351	17.05.04 11:00	15,89	steigend	NW3	bedeckt 8/8
M 37	53°56,527 8°38,135	17.05.04 11:35	10,33	steigend	NW3	bedeckt 8/8
M 38	53°57,122 8°37,892	18.05.04 8:55	17,49	steigend	W3	heiter 4/8
M 39	53°57,055 8°37,793	18.05.04 9:15	17,64	steigend	W3	heiter 4/8
M 40	53°56,964 8°37,660	18.05.04 9:30	17,35	steigend	W3	heiter 4/8
M 41	53°57,866 8°35,340	18.05.04 11:35	17,95	steigend	W3	sonnig 3/8
M 42	53°57,791 8°35,280	18.05.04 12:45	19,83	steigend	W3	sonnig 2/8
M 43	53°57,684 8°35,180	18.05.04 13:15	19,22	Stauwasser	W3	sonnig 2/8

Anhang 1b: Sedimentansprache

Steine (>63 mm); gK: Grobkies (20 bis 63 mm); mK: Mittelkies (6,3 bis 20 mm); fK: Feinkies (2 bis 6,3 mm); gS: Grobsand (0,6 - 2,0 mm); mS: Mittelsand (0,2 - 0,6 mm); fS: Feinsand (0,06 – 0,2 mm)

Stations Nr.	Befüllungsgrad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 01-1	60							100								
M 01-2	70							100								
M 01-3	70							100			+					
M 01-4	70							100			+					
M 01-5	60							100								
M 01-6	60							100								
M 02-1	60							100			+					
M 02-2	70							100			+					
M 02-3	70							100								
M 02-4	70							100								
M 02-5	70							100								
M 02-6	70							100								
M 03-1	60							100	+							
M 03-2	70							100	+							
M 03-3	70							100	+							
M 03-4	70							100	+							
M 03-5	70							100	+							
M 03-6	60							100	+							
M 04-1	80							30	70							Schlack sehr weich und breiig, Feinsand als Auflage
M 04-2	90							20	80							Schlack sehr weich und breiig, Feinsand als Auflage
M 04-3	80							20	80							Schlack sehr weich und breiig, Feinsand als Auflage
M 04-4	90							30	70							
M 04-5	100							20	80							
M 04-6	90							50	50							
M 05-1	80							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 05-2	90							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 05-3	90							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 05-4	80							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 05-5	90							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 05-6	80							60	40							anoxisch, Schlack schwarz, ca. 1cm Feinsandauflage
M 06-1	80							80	20							
M 06-2	70							80	20							
M 06-3	70							80	20							

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungsgrad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)													Bemerkungen		
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill	Torf	Holz			
M 06-4	70							80	20								
M 06-5	60							80	20								
M 06-6	70							80	20								
M 07-1	80							60	20	20			+				Schlack als Auflage
M 07-2	80							20	60	20							
M 07-3	80							10	50	40			+				
M 07-4	90							10	50	40			+				
M 07-5	70								95	5			+				Schlack als Auflage
M 07-6	70								100								
M 08-1	90							70	20	+			10				
M 08-2	100							90					10				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 08-3	100							100		+			+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 08-4	100						10	90					+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 08-5	100						10	90					+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 08-6	100						10	90					+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 09-1	100							90	10				+	+			
M 09-2	100						10	70	10				+	10			Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 09-3	80							70	20				10				
M 09-4	100						5	90					5				
M 09-5	100							95					5				
M 09-6	100							95					5				
M 10-1	80							95					5				
M 10-2	100							95					5				
M 10-3	80							100					+				
M 10-4	80							70	25				+	5			
M 10-5	100							100					+				
M 10-6	90							95			+		5				
M 11-1	100								50	50			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar
M 11-2	100								40	60			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar
M 11-3	100								40	60			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar
M 11-4	90								60	40			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar
M 11-5	90								60	40			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar
M 11-6	100								40	60			+				oxisch, keine Schichtung erkennbar

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 12-1	100							100	+		+					
M 12-2	100							100	+							
M 12-3	90							100	+							
M 12-4	100						5	95	+			+				
M 12-5	100						20	80	+			+				
M 12-6	100						10	90	+							
M 13-1	70						20	80	+			+				
M 13-2	90						80	20	+		+	+				
M 13-3	100						80	20	+			+				
M 13-4	40						20	80	+			+				
M 13-5	80						80	20				+				
M 13-6	80						40	60	+			+				
M 14-1	80						70	30	+			+				
M 14-2	70						70	30				+				
M 14-3	80						80	20				+				
M 14-4	80					+	80	20				++				
M 14-5	80					+	90	10				+				
M 14-6	80					+	80	20				+				
M 15-1	100						95					5				
M 15-2	50						95				+	5				
M 15-3	100						95				+	5				
M 15-4	60						90					10				
M 15-5	100						30	70				+				
M 15-6	70							100				+				
M 16-1	100						90	10				+				
M 16-2	80						90	10	+		+	++				
M 16-3	80						90	10			+	++				
M 16-4	80						90	10			+	++				
M 16-5	80						80	20			+	++				
M 16-6	90						90	10			+	++				

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 17-1	100							60	40			+				
M 17-2	100							60	40			+				
M 17-3	100							30	70		+					1cm Auflage, oxisch, danach anoxisch
M 17-4	100							60	40							
M 17-5	100							30	70							leichter Geruch
M 17-6	100						10	40	50							leichter Geruch
M 18-1	70							70	30							
M 18-2	60							95	5							
M 18-3	60							100	+							
M 18-4	70							70	30							
M 18-5	70							70	30							
M 18-6	60							90	10							
M 19-1	60							100								
M 19-2	70							100								
M 19-3	60							100								
M 19-4	70							100								
M 19-5	60							100								
M 19-6	60							100								
M 20-1	50							30	70							
M 20-2	70							40	60							
M 20-3	70							80	20							
M 20-4	80							90	10							
M 20-5	90							40	60							
M 20-6	80							40	60							
M 21-1	50							90	10							
M 21-2	80							70	30							
M 21-3	90							80	20							
M 21-4	80							50	50							
M 21-5	50							80	20							
M 21-6	70							70	30							
M 22-1	60							100	+		+					
M 22-2	80							80	20		+					
M 22-3	80							90	10		+					

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 22-3	80							90	10		+					
M 22-4	50							95	5		+					
M 22-5	60							95	5							
M 22-6	60							95	5			+				
M 23-1	70						+	100				+				
M 23-2	80						+	90	10			+				
M 23-3	80						+	85	10			5				
M 23-4	80							90				10				1/2 Probe mitgeführt
M 23-5	100						10	80	5			5				
M 23-6	100							95				5				
M 24-1	70							100								
M 24-2	70							100								
M 24-3	70							100								
M 24-4	70							100								
M 24-5	60							100								
M 24-6	70							100								
M 25-1	100						70	30				+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 25-2	80						80	20				+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 25-3	100						10	90				+				
M 25-4	60						80	20				+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 25-5	80						60	20	20	+		+				
M 25-6	50						90	10								
M 26-1	80							100				+				
M 26-2	80							100								
M 26-3	70							100	+							
M 26-4	80							40	60			+				
M 26-5	80							60	40			+				
M 26-6	70							70	30			+				
M 27-1	100							80	15			5				
M 27-2	90							80	15			5				
M 27-3	80							100				+				
M 27-4	80							100	+			+				
M 27-5	90							10	90	+		+				

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 27-6	90						10	90				+				
M 28-1	100					10	70	10			5	5				1/2 Probe mitgeführt
M 28-2	100					10	80	10				+				
M 28-3	90						80	15			+	5				
M 28-4	50						90	10				+				mehrere Fehlversuche
M 28-5	80						60	40				+				
M 28-6	70						70	30			+	+				
M 29-1	50					70	20					10				Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 29-2	90					80	20									Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 29-3	80					80	20									Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 29-4	60					80	20									
M 29-5	60					80	20									
M 29-6	60					80	20									
M 30-1	80						30	70				+				
M 30-2	50						20	80				+				
M 30-3	80						10	90				+				
M 30-4	50						10	90				+				
M 30-5	60						10	85			5	+				
M 30-6	70						10	80			10					
M 31-1	100						80	10				10				
M 31-2	100						90	10				+				
M 31-3	80						90	10								
M 31-4	70						55	40				5				
M 31-5	100						80	10			+	10				
M 31-6	80						75	20				5				
M 32-1	70						75	20				5				
M 32-2	100					20	70					10				1/2 Probe mitgeführt
M 32-3	100						70	25				5				
M 32-4	60						65	30				5				
M 32-5	80						80	10			+	10				1/2 Probe mitgeführt
M 32-6	100					10	70	10			+	10				1/2 Probe mitgeführt
M 33-1	100							100								
M 33-2	80							95			5					

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar											Bemerkungen			
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz	
M 32-3	100						70	25				5				
M 32-4	60						65	30				5				
M 32-5	80						80	10			+	10				1/2 Probe mitgeführt
M 32-6	100					10	70	10			+	10				1/2 Probe mitgeführt
M 33-1	100							100								
M 33-2	80							95			5					
M 33-3	70							100			+					
M 33-4	60							100			+	+				
M 33-5	70							100			+	+				
M 33-6	70							100			+	+				
M 34-1	90						80	20				+				
M 34-2	90						50	50				+				
M 34-3	60						20	80				+				
M 34-4	100						75	20				5				
M 34-5	90						70	30								
M 34-6	100						85	10				5				
M 35-1	80						80	20								
M 35-2	90						90	10			+	+				
M 35-3	100						10	80			10					
M 35-4	100							100				+				
M 35-5	70							100				+				
M 35-6	100							100								
M 36-1	90							100								
M 36-2	60							100								
M 36-3	70							100								
M 36-4	70						20	80								
M 36-5	70							100								
M 36-6	100							100								
M 37-1	100							100								
M 37-2	100							100								
M 37-3	70							100								
M 37-4	90							100								
M 37-5	100							100								

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungsgrad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)											Bemerkungen				
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz		
M 37-6	100							100									
M 38-1	90						20	80			+						
M 38-2	90						20	80									
M 38-3	90						20	80			+						
M 38-4	70						30	70									
M 38-5	70						20	80									
M 38-6	100						20	80									
M 39-1	100						70	30			+	+					
M 39-2	80						70	30			+	+					
M 39-3	80						70	20			5	5					
M 39-4	100						80	20			+	+					
M 39-5	100						80	20									
M 39-6	70						80	20									
M 40-1	100						70	30			+	+					
M 40-2	80						70	30			++	+					
M 40-3	100						70	30			+	+					
M 40-4	80						70	30			+	+					
M 40-5	80						70	30				+					
M 40-6	100						70	30									
M 41-1	90						20	80				+					
M 41-2	90						35	60				5					
M 41-3	100						35	60			+	5					
M 41-4	90						30	65				5					
M 41-5	100						30	55			10	5					
M 41-6	50						35	60				5					
M 42-1	70	+					70	20				10					
M 42-2	80						70	20				10					
M 42-3	80						70	20				10					
M 42-4	100	+					70	20				10					
M 42-5	50	+					70	20				10					
M 42-6	100	+				10	80					10					
M 43-1	100	+		+	+	10	60	10			+	20					1/2 Probe mitgeführt
M 43-2	80	+		+	+	20	60					20					Probe wurde aufgespült und dekantiert

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar											Bemerkungen		
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlack	Klei	Detritus	Schill		Torf	Holz
M 43-3	100			+	+	20	60				+	20			Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 43-4	100			+	+	30	60					10			Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 43-5	90			+	+	30	60					10			Probe wurde aufgespült und dekantiert
M 43-6	90			+	+	30	60					10			Probe wurde aufgespült und dekantiert

Anhang 2a: Abundanzen Äußerer Bereich (MKÄ), Makrozoobenthosdaten
1000 µm-Fraktion van-Veen-Greifer. Mittelwerte/Station

Ind/m ² -2004 (MW/Station)	Taxa	MKÄ2	MKÄ3	MKÄ5	MKÄ6	MKÄ9	MKÄ18	MKÄ19	MKÄ20	MKÄ21
Biv	Macoma balthica	3,3	8,3	35,0	21,7	0,0	10,0	5,0	3,3	5,0
Biv	Mytilus edulis juv.	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	Hydrobia ulvae	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Gas	Pomatopyrgus antipodarum	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nem	Nemertini indet.	1,7	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	8,3	1,7	1,7
Poly	Aricidea cerrutii	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Capitella capitata	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Capitella minima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Eteone longa	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Glycera labidum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Harmothoe spp. juv.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Heteromastus filiformis	0,0	0,0	25,0	1,7	1,7	8,3	0,0	1,7	0,0
Poly	Lanice conchilega	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
poly	Magelona johnstonii	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Magelona mirabilis	1,7	53,3	0,0	1,7	0,0	35,0	8,3	0,0	0,0
Poly	Magelona spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Malmgreniella arenicolae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Marenzelleria sp. (cf. wireni) juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
poly	Neanthes succinea	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Poly	Nephtys caeca	1,7	1,7	5,0	8,3	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7
Poly	Nephtys longosetosa	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys cirrosa	0,0	3,3	0,0	1,7	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys hombergii	1,7	5,0	61,7	36,7	1,7	8,3	0,0	0,0	1,7
Poly	Nephtys spp. juv.	3,3	1,7	53,3	43,3	0,0	5,0	0,0	1,7	5,0
Poly	Ophelia limacina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Paraonis fulgens	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0
Poly	Polynoinae spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scolecopsis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scolecopsis squamata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scoloplos armiger	0,0	3,3	0,0	3,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Poly	Spio filicornis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Spio martinensis	11,7	1,7	1,7	13,3	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0
Poly	Spio spp.	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Balanus crenatus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Bathyporeia elegans	603,5	13,3	0,0	5,0	3,3	15,0	315,3	58,3	5,0
Crus	Bathyporeia guilliamsoniana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Bathyporeia pelagica	119,7	25,0	1,7	5,0	15,0	25,0	8,5	6,7	0,0
Crus	Bathyporeia pilosa	3527,7	51,7	3,3	0,0	6,7	28,3	2079,6	206,7	15,0
Crus	Bathyporeia sarsi	29,0	21,7	3,3	0,0	0,0	8,3	21,6	3,3	0,0
Crus	Bathyporeia spp. juv.	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	15,0	0,0
Crus	Corophium arenarium	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0
Crus	Corophium volutator	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Gammarus salinus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Haustorius arenarius	3,3	0,0	0,0	0,0	8,3	3,3	5,0	3,3	0,0
Crus	Jassa falcata	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Jassa marmorata	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe Ind	4321,7	201,7	203,3	146,7	50,0	158,3	2466,7	301,7	35,0
	Taxazahl ges./Station oh. Hyperbenthos	15	14	12	12	9	13	12	9	6
	Taxazahl ges./Station inkl. Hyperbenthos	17	17	15	16	12	16	15	10	9

Anhang 2b: Abundanzen Klappstelle (MK), Makrozoobenthosdaten
 1000 µm-Fraktion van-Veen-Greifer. Stationen M26 (?), M27 durch Verlegung
 von K733 wohl von Verklappungen betroffen. Mittelwerte/Station

Ind/m ² -2004 (MW/Station)	Taxa	MK12	MK14	MK16	MK24	MK25		M26	M27
Biv	<i>Macoma balthica</i>	0,0	3,3	1,7	16,7	0,0		3,3	0,0
Biv	<i>Mytilus edulis</i> juv.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Gas	<i>Hydrobia ulvae</i>	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0		0,0	0,0
Gas	<i>Pomatopyrgus antipodarum</i>	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0		0,0	0,0
Nem	Nemertini indet.	0,0	0,0	5,0	3,3	1,7		3,3	11,7
Poly	<i>Aricidea cerrutii</i>	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Capitella capitata</i>	3,3	0,0	0,0	1,7	0,0		3,3	1,7
Poly	<i>Capitella minima</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Eteone longa</i>	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Glycera labidum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Harmothoe</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Heteromastus filiformis</i>	0,0	3,3	1,7	1,7	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Lanice conchilega</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
poly	<i>Magelona johnstonii</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Magelona mirabilis</i>	1,7	1,7	0,0	23,3	0,0		1,7	1,7
Poly	<i>Magelona</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Malmgreniella arenicolae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Marenzelleria</i> sp. (cf. <i>wireni</i>) juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7		1,7	5,0
poly	<i>Neanthes succinea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys</i> spp.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys caeca</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys longosetosa</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Nephtys cirrosa</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Nephtys hombergii</i>	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys</i> spp. juv.	0,0	1,7	0,0	8,3	0,0		3,3	3,3
Poly	<i>Ophelia limacina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Paraonis fulgens</i>	0,0	0,0	5,0	5,0	0,0		10,0	13,3
Poly	<i>Polynoia</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Scolelepis</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Scolelepis squamata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		1,7	0,0
Poly	<i>Scoloplos armiger</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Spio filicornis</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Spio martinensis</i>	5,0	3,3	0,0	8,3	0,0		0,0	0,0
Poly	<i>Spio</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Balanus crenatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Bathyporeia elegans</i>	74,5	1,7	3,3	5,0	0,0		8,3	6,7
Crus	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	3,3
Crus	<i>Bathyporeia pelagica</i>	300,4	26,7	33,3	176,7	0,0		45,0	13,3
Crus	<i>Bathyporeia pilosa</i>	148,0	10,0	16,7	15,0	0,0		21,7	10,0
Crus	<i>Bathyporeia sarsi</i>	6,8	0,0	3,3	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Corophium arenarium</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Corophium volutator</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Gammarus salinus</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Haustorius arenarius</i>	18,3	23,3	21,7	18,3	3,3		90,0	26,7
Crus	<i>Jassa falcata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Crus	<i>Jassa marmorata</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0		0,0	0,0
	Summe Ind	576,7	75,0	93,3	313,3	6,7		201,7	96,7
	Taxazahl ges./Station oh. Hyperbenthos	13	9	9	20	3			
	Taxazahl ges./Station inkl. Hyperbenthos	15	10	12	25	6			

Anhang 2c: Abundanzen Nahbereich (MKN), Makrozoobenthosdaten
1000 µm-Fraktion van-Veen-Greifer. Mittelwerte/Station

Ind/m ² -2004 (MW/Station)	Ind./m ²	MKN7	MKN11	MKN13	MKN17	MKN15	MKN22	MKN23
Biv	Macoma balthica	11,7	33,3	0,0	3,3	0,0	16,7	0,0
Biv	Mytilus edulis juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	Hydrobia ulvae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	Pomatopyrgus antipodarum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nem	Nemertini indet.	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Poly	Aricidea cerrutii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Capitella capitata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Capitella minima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Eteone longa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Glycera labidum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Harmothoe spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Heteromastus filiformis	3,3	5,0	3,3	45,0	0,0	5,0	0,0
Poly	Lanice conchilega	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
poly	Magelona johnstonii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Magelona mirabilis	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Magelona spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Malmgreniella arenicolae	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Poly	Marenzelleria sp. (cf. wireni) juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
poly	Neanthes succinea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys spp.	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys caeca	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Poly	Nephtys longosetosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
Poly	Nephtys cirrosa	1,7	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Poly	Nephtys hombergii	3,3	0,0	0,0	1,7	0,0	20,0	0,0
Poly	Nephtys spp. juv.	10,0	55,0	3,3	10,0	0,0	16,7	1,7
Poly	Ophelia limacina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Paraonis fulgens	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Polinoinae spp. juv.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scolecopsis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scolecopsis squamata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Scoloplos armiger	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
Poly	Spio filicornis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	Spio martinensis	5,0	3,3	1,7	0,0	0,0	6,7	0,0
Poly	Spio spp.	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Balanus crenatus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Bathyporeia elegans	1,7	3,3	1,7	0,0	18,3	26,7	3,3
Crus	Bathyporeia guilliamsoniana	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7
Crus	Bathyporeia pelagica	10,0	0,0	6,7	0,0	81,7	48,3	18,3
Crus	Bathyporeia pilosa	0,0	5,0	5,0	1,7	16,7	41,7	46,7
Crus	Bathyporeia sarsi	5,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,3	1,7
Crus	Bathyporeia spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	3,3	1,7
Crus	Corophium arenarium	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
Crus	Corophium volutator	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0
Crus	Gammarus salinus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Haustorius arenarius	1,7	0,0	6,7	1,7	35,0	0,0	10,0
Crus	Jassa falcata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	Jassa marmorata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe Ind	56,7	130,0	28,3	65,0	160,0	198,3	86,7
	Taxazahl ges./Station oh. Hyperbenthos	11	10	7	6	8	13	8
	Taxazahl ges./Station inkl. Hyperbenthos	13	12	7	8	11	18	10

Anhang 2d: Abundanzen Transekt, Makrozoobenthosdaten
1000 µm-Fraktion van-Veen-Greifer. Mittelwerte/Station

Ind/m ² -2004 (MW/Station)	Taxa	M1-04	M3-04	M4-04	M7-04	M8-04	M9-04	M10-04	M34-04	M35-04	M36-04	M37-04
Biv	<i>Macoma balthica</i>	3,3	8,3	28,3	11,7	3,3	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Biv	<i>Mytilus edulis</i> juv.	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	<i>Hydrobia ulvae</i>	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0
Gas	<i>Pomatopyrgus antipodarum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nem	<i>Nemertini</i> indet.	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	1,7	5,0
Poly	<i>Aricidea cerrutii</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Capitella capitata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Capitella minima</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Eteone longa</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
Poly	<i>Glycera labidum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Harmothoe</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Heteromastus filiformis</i>	0,0	0,0	70,0	3,3	3,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Lanice conchilega</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
poly	<i>Magelona johnstonii</i>	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Magelona mirabilis</i>	18,3	53,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	8,3
Poly	<i>Magelona</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Malmgreniella arenicolae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Marenzelleria</i> sp. (cf. <i>wireni</i>) juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
poly	<i>Neanthes succinea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys caeca</i>	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys longosetosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Nephtys cirrosa</i>	3,3	3,3	0,0	1,7	0,0	3,3	10,0	8,3	0,0	0,0	1,7
Poly	<i>Nephtys hombergii</i>	5,0	5,0	18,3	3,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
Poly	<i>Nephtys</i> spp. juv.	0,0	1,7	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0
Poly	<i>Ophelia limacina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Paraonis fulgens</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Polynoinae</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Scolelepis</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Scolelepis squamata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Scoloplos armiger</i>	1,7	3,3	1,7	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Spio filicornis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Spio martinensis</i>	6,7	1,7	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poly	<i>Spio</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	<i>Balanus crenatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Crus	<i>Bathyporeia elegans</i>	115,0	13,3	0,0	1,7	1,7	3,3	11,7	8,3	73,3	244,5	5,0
Crus	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	13,3	1,7	0,0
Crus	<i>Bathyporeia pelagica</i>	56,7	25,0	0,0	10,0	0,0	15,0	30,0	38,3	541,7	526,7	36,7
Crus	<i>Bathyporeia pilosa</i>	221,7	51,7	1,7	0,0	5,0	6,7	0,0	3,3	138,3	347,5	8,3
Crus	<i>Bathyporeia sarsi</i>	1,7	21,7	0,0	5,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	3,3	1,7
Crus	<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	1,7
Crus	<i>Corophium arenarium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	<i>Corophium volutator</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	<i>Gammarus salinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	<i>Haustorius arenarius</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	3,3	8,3	16,7	0,0	15,0	3,3	8,3
Crus	<i>Jassa falcata</i>	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crus	<i>Jassa marmorata</i>	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe Ind.	440,0	201,7	136,7	56,7	16,7	50,0	86,7	63,3	790,0	1141,7	78,3

Anhang 2e: Abundanzen Fahrinne – Baggerstrecke und Referenz,
Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion van-Veen-Greifer

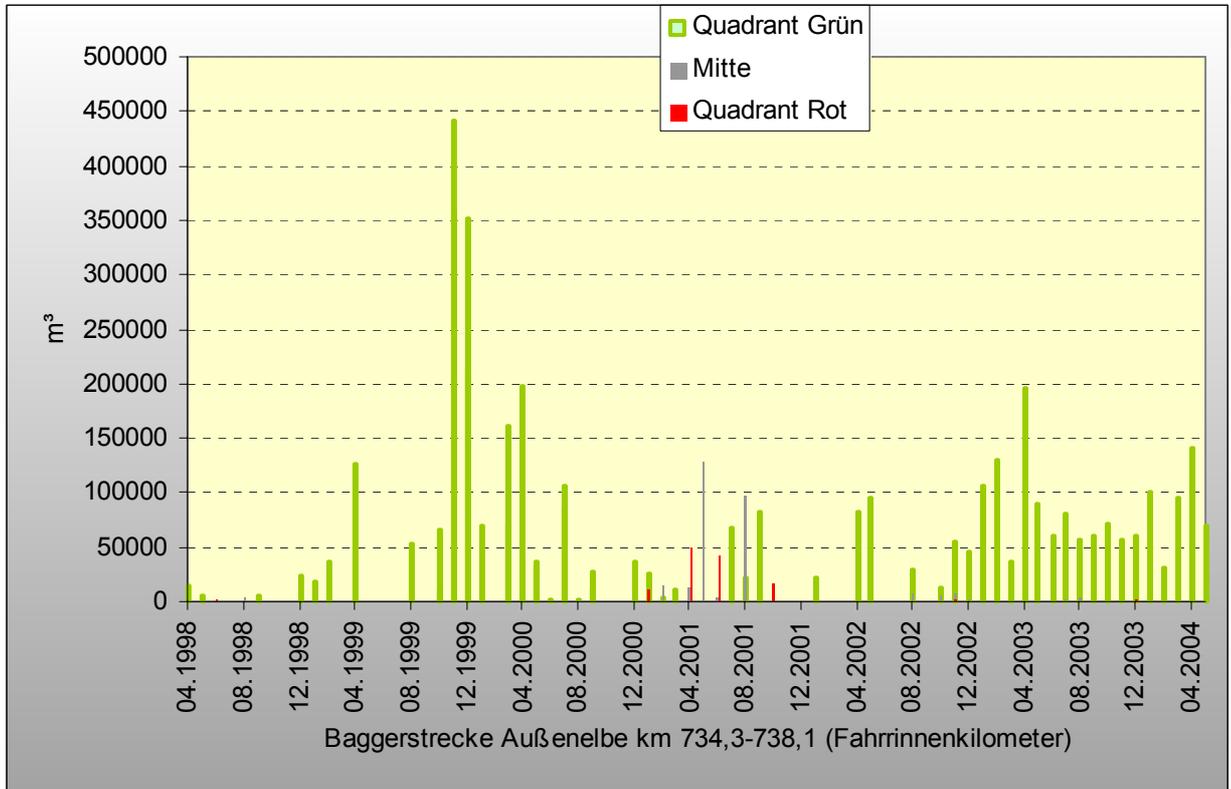
Ind/mf-2004	Taxa	MF29	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6	MB8	MB9	MB10	MF28	MF30	MF31	MF32	MF33
Biv	Macrathetica	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biv	Mytilus edulis juv.	8,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7
Gas	Hydrobia ulvae	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	Formicopyrgus antipodarum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nem	Nemertini indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
Pdy	Aricidea centii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Capitella capitata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Capitella minima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Eleonora longia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Glycerolabidum	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Hamothoe spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Heteromastus filiformis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Larice corchilega	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pdy	Megalocraichnistorii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Megalocra mirabilis	1,7	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	23,3	6,7	0,0	5,0	1,7	6,7	10,0	0,0
Pdy	Megalocra spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Meringeniella arenicola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Marenzelleria sp. (cf. wieri) juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pdy	Neanthes succinea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Nephtys spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Nephtys caeca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Nephtys longisetosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Pdy	Nephtys cirrosa	0,0	0,0	0,0	1,7	8,3	0,0	0,0	16,7	5,0	0,0	5,0	0,0	5,0	6,7	8,3
Pdy	Nephtys hombergi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Nephtys spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	1,7	3,3	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0
Pdy	Ophelialimnina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	5,0
Pdy	Paracaris fulgens	0,0	1,7	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Pdy	Polydora spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Scalopsis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Scalopsis squamata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Pdy	Scalpos armiger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0
Pdy	Spio filicornis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Spio ratiensis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pdy	Spio spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Balanus crenatus	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia elegans	0,0	5,0	38,3	289,5	8,3	73,3	244,5	1,7	0,0	143,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia guillamsoniana	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	13,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia pelagica	0,0	46,7	16,7	234,3	38,3	541,7	526,7	26,7	18,3	538,2	28,3	30,0	31,7	1,7	0,0
Qus	Bathyporeia pilosa	0,0	10,0	55,0	552,9	3,3	138,3	347,5	1,7	1,7	518,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia sarsi	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia spp. (deformiert)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Bathyporeia spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Qus	Corophium arenarium	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Corophium volutator	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Gammarus salinus	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Huostoriis arenarius	0,0	21,7	16,7	11,7	0,0	15,0	3,3	6,7	3,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Jassa falcata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qus	Jassa mammata	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe Ind	31,7	88,7	130,0	1090,1	63,3	790,0	1141,7	83,3	51,7	1218,7	46,7	36,7	48,3	21,7	16,7

Anhang 3a: Tabelle zu den Baggermengen in 2004 [m³] im Bereich der Außenelbe.

G = Quadrant Grün, M = Mitte, R = Rot, Quelle WSA Cuxhaven, ohne Bagger Nordsee.

lfd_Nr	Datum	Quadrant	von 731	von 731,5	von 732	von 732,5	von 733	von 733,5	von 734	von 734,5	von 735	von 735,5	von 736	von 736,5	von 737
1	Januar 04	G	0	0	0	0	0	0	3525	14689	14689	27620	29384	13517	0
2	Januar 04	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Januar 04	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Januar 04	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Januar 04	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Januar 04	G-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Februar 04	G	0	0	0	0	0	0	0	0	5695	18985	6455	0	0
8	Februar 04	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Februar 04	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Februar 04	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Februar 04	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Februar 04	G-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	März 04	G	0	0	0	0	0	0	0	0	20028	35764	35764	2861	0
14	März 04	GM	0	0	4402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	März 04	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	März 04	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	März 04	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	März 04	G-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	April 04	G	0	0	0	2130	0	424	25769	44055	42679	34226	15482	3865	0
20	April 04	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	April 04	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	April 04	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	April 04	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	April 04	G-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Mai 04	G	0	0	0	0	0	0	0	0	5699	28495	17667	0	0
26	Mai 04	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	1939	9695	6011	0	0
27	Mai 04	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Mai 04	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Mai 04	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Mai 04	G-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anhang 3b: Grafiken zu den Baggermengen (m³/Monat) in der Ausbaustrecke (1998- April 2004)



Anhang 3c: Verklappungsmengen [m³] 1999 – 2003 auf die Klappstelle 733, Quelle WSA Cuxhaven

Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2003	464192	381425	365670	512952	96928	328607	298680	327547	159348	231210	116292	265298
2002	0	0	0	0	0	111045	0	0	46640	11425	4919	0
2001	45334	36973	104014	0	35661	0	132704	76591	6373	42094	89513	0
2000	56213	72572	121073	233989	119440	17407	91901	219734	37855	5961	76838	36430
1999	89055	362542	23499	445432	0	0	15779	135659	2247	290106	621781	0

Anhang 4: Ergebnisse der Muschelmessung

Längenklassen: I 0,1 - 0,5 cm; II 0,51- 1,5 cm; III 1,51 - 2,5 cm; IV 2,51- 3,5 cm; V 3,51 - 4,5 cm; VI 4,51 - 5,5 cm

	Macoma balthica		Mytilus edulis juv.	
	Individuenzahl	mm	Individuenzahl	mm
M1-1				
M1-2				
M1-3	2	?		
M1-4				
M1-5				
M1-6				
M2-1	1	11		
M2-2				
M2-3				
M2-4				
M2-5				
M2-6	1	4		
M3-1	1	9		
M3-2				
M3-3	1	11		
M3-4	1	10		
M3-5	1	4		
M3-6	1	5		
M4-1	4	3, 4, 12, 9		
M4-2	3	4, 7, 6		
M4-3	2	5, 4		
M4-4	1	6		
M4-5	4	5, 5, 6, 8		
M4-6	3	13, 12, 6		
M5-1	2	13, 4		
M5-2	4	6, 5, 4, 4		
M5-3	4	4, 6, 6, 7	1	1
M5-4	5	3, 3, 4, 5, 6		
M5-5	4	3, 5, 4, 6		
M5-6	2	5, 5		
M6-1	1	5		
M6-2	2	11, 6, 5, 4 ?		
M6-3	5	6, 4, 9, 7, 8		
M6-4	4	3, 5, 5, 6		
M6-5				
M6-6	1	4		
M7-1	4	6, 6, 6, 5		
M7-2				
M7-3				
M7-4				
M7-5	2	6, 4		
M7-6	1	6		
M8-1				
M8-2	1	5		
M8-3				
M8-4	1	5		
M8-5				
M8-6				
M9-1				
M9-2				
M9-3				
M9-4				
M9-5				
M9-6				

Fortsetzung Anhang 4:

	Macoma balthica		Mytilus edulis juv.	
	Individuenzahl	mm	Individuenzahl	mm
M10-1				
M10-2				
M10-3				
M10-4				
M10-5				
M10-6				
M11-1	5	7, 6, 8, 5, 11		
M11-2	1		6	
M11-3				
M11-4	6	8, 9, 6, 6, 5, 5		
M11-5	8	6, 9, 3, 6, 4, 8, 6, 5		
M11-6				
M12-1				
M12-2				
M12-3				
M12-4				
M12-5				
M12-6				
M13-1				
M13-2				
M13-3				
M13-4				
M13-5				
M13-6				
M14-1	1		14	
M14-2	1		4	
M14-3				
M14-4				
M14-5				
M14-6				
M15-1				
M15-2				
M15-3				
M15-4				
M15-5				
M15-6				
M16-1				
M16-2				
M16-3				
M16-4	1		18	
M16-5				
M16-6				
M17-1				
M17-2				
M17-3				
M17-4				
M17-5	2	4, 7		
M17-6				
M18-1	1		10	
M18-2				
M18-3	1		4	
M18-4				
M18-5	4	12, 5, 5, 4, 5 ?		
M18-6				

Fortsetzung Anhang 4:

	Macoma balthica		Mytilus edulis juv.	
	Individuenzahl	mm	Individuenzahl	mm
M19-1				
M19-2	1	13		
M19-3	1	5		
M19-4				
M19-5	1	9		
M19-6				
M20-1	2	6, 8		
M20-2				
M20-3				
M20-4				
M20-5				
M20-6				
M21-1				
M21-2	1	10		
M21-3	2	5, 5		
M21-4				
M21-5				
M21-6				
M22-1	2	4, 5		
M22-2	3	5, 4, 4		
M22-3	1	8		
M22-4	3	3, 6, 3		
M22-5	1	7		
M22-6	1	5		
M23-1				
M23-2				
M23-3				
M23-4				
M23-5				
M23-6				
M24-1	2	8, 6		
M24-2	2	4, 8		
M24-3				
M24-4	3	10, 6, 7	1	?nicht da
M24-5	1	4		
M24-6	2	5, 4		
M25-1				
M25-2				
M25-3				
M25-4				
M25-5				
M25-6				
M26-1				
M26-2				
M26-3	1	8		
M26-4				
M26-5				
M26-6	1	6		
M27-1				
M27-2				
M27-3				
M27-4				
M27-5				
M27-6				

Anhang V: Übersichtskarte **Wird nachgeliefert**