

Beweissicherung Fahrrinnenanpassung

Fahrrinne Unterelbe (km 647 – km 653)

**Abschlussbericht: Jahresergebnisse 2004 und
interannueller Vergleich 1999-2004**



Auftraggeber:
Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Oktober 2005

Auftraggeber: WSA Hamburg

Titel: Beweissicherung Fahrrinnenanpassung 2004

Fahrrinne Unterelbe

Jahresergebnisse 2004 und Interannueller Vergleich 1999-2004

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.-Ing. F. Bachmann
Dipl.-Biol. K. Dau

In Kooperation mit: Dipl.-Biol. H.-J. Krieg
(bearb.: wirbellose Bodenfauna der 250 µm-Fraktion)
Beratender Biologe - HUuG Tangstedt
EMail huug.krieg@t-online.de

Datum: Oktober 2005

Inhalt

1. Zusammenfassung	8
2. Anlass und Ziel der Untersuchungen	15
3. Baumaßnahmen im Rahmen der Vertiefungsmaßnahme	16
3.1 Baubeginn – Fahrrinne Unterelbe	16
3.2 Baggermengen	18
4. Material und Methoden	22
4.1 Untersuchungsbereiche in der Fahrrinne	22
4.2 Erfassungsmethodik	23
4.3 Auswertungsmethodik	24
5. Ergebnisse und Diskussion	26
5.1 Sedimente und Wassertiefe.....	26
5.1.1 Sedimente und Wassertiefen 2004	26
5.1.2 Sedimente und Wassertiefen 1999- 2004.....	26
5.2 Makrozoobenthos 1000 µm-Fraktion (Greifer).....	30
5.2.1 Räumlicher Vergleich 2004	30
5.2.2 Interannueller Vergleich	33
5.3 Wirbellose Bodenfauna 250 µm-Fraktion (Stechrohre)	43
5.3.1 Taxazahlen und Faunenspektrum.....	43
5.3.2 Dominanz	45
5.3.3 Abundanz	48
5.3.4 Altersstruktur	50
5.4 Interannueller Vergleich.....	52
5.4.1 Taxazahlen	54
5.4.2 Dominanz	57
5.4.3 Abundanz	59
6. Aktuelle Entwicklung der wirbellosen Bodenfauna nach der Baumaßnahme im Vergleich zur Prognose gemäß UVU-Materialband VII.....	64
7. Diskussion und Schlussfolgerungen.....	66
7.1 Rahmenbedingungen.....	66
7.2 1000 µm-Fraktion (Greifer)	71
7.3 250 µm-Fraktion (Stechrohre)	76
7.4 Gesamtfazit	80
8. Literatur	81
Anhang	84

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Übersicht über die Gesamt-Baggermengen und Mittelwasserabfluss (Q) im Zeitraum 1980 – 2003 in der Unterelbe. Quelle: WSA Hamburg.	21
Abb. 2:	Lage der Untersuchungsstationen im Bereich der Fahrrinne zwischen km 647 bis km 653. Vertiefungsbereich-Ausbautrecke: Rot umrandet; Referenz: blau umrandet.....	23
Abb. 3:	Sedimentzusammensetzung im Bereich der Ausbautrecke 1999-2004 im Untersuchungsgebiet Fahrrinne Unterelbe. K/St = Kies-Steine, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus.	27
Abb. 4:	Sedimentzusammensetzung im Referenzbereich 1999-2004 im Untersuchungsgebiet Fahrrinne Unterelbe. K/ST = Kies-Steine, Fk = Feinkies/Mittelkies, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus.	28
Abb. 5:	Interannueller Vergleich (1999-2004) der Wassertiefe [m -SKN] am Beispiel ausgewählter Quertransekte in der Fahrrinne-Unterelbe, differenziert nach Teilbereichen: Bilder A/B: RL = Referenzstationen, Bilder C/D: BL = Stationen Ausbautrecke. Für RL47 liegt in 2001 keine Messung vor.	29
Abb. 6:	Entwicklung der mittleren Taxazahl/Greifer in der Fahrrinne-Unterelbe im interannuellen Vergleich, differenziert nach Teilgebieten: Bild links: BL= Stationen Bereich Ausbautrecke ($N_{\text{Stationen/Greifer}}=13/78$ Greifer); Bild rechts: RL = Referenzstationen ($N_{\text{Stationen/Greifer}}=7/42$ Greifer). 1999 = Ausgangszustand.....	35
Abb. 7:	Interannueller Vergleich der MZB-Dominanzstruktur in der Fahrrinne-Unterelbe, differenziert nach Teilgebieten: Bild oben: RL = Referenzstationen ($N_{\text{Stationen}}=7$), Bild unten: BL= Stationen Bereich Ausbautrecke ($N_{\text{Stationen}}=13$).	37
Abb. 8:	Entwicklung der Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte (Ind./m ² , Stabw.) in den Teilgebieten Referenz (R) und Ausbautrecke (BL) in der Fahrrinne-Unterelbe von 1999 – 2004.	38
Abb. 9:	Interannueller Vergleich der mittleren MZB-Abundanz/Station in der Fahrrinne-Unterelbe im Teilgebiet Ausbautrecke km 649- 653. Anordnung der Stationen: L = linker Fahrrinnenbereich, M = Fahrrinnenmitte, R = rechter Fahrrinnenbereich.	40
Abb. 10:	Interannueller Vergleich der mittleren MZB-Abundanz/Station in der Fahrrinne-Unterelbe im Teilgebiet Referenz km 646,5- 648,5. Anordnung der Stationen: L = linker Fahrrinnenbereich, M = Fahrrinnenmitte, R = rechter Fahrrinnenbereich.....	41
Abb. 11:	Mittlere Taxzahlen Oligochaeta [n/Station] im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) und Variabilität (StAbw +/- s und Extrema), wobei: BSges = Ausbaubereich, gesamt (n = 13) & RFges = Referenzbereich, gesamt (n = 7); BS_FaS = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig (n = 8) & RF_FaS = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig (n = 3); BS_RaS = Baggerstrecke, Randstationen (n = 5) & RF_RaS = Referenzstrecke, Randstationen (n = 4)	45
Abb. 12:	Dominanzstruktur der Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004); differenziert nach Teilgebieten und -bereichen: BS _{ges} =	

	Ausbaubereich, gesamt & RF _{ges} = Referenzbereich, gesamt; BS_FaS = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig & RF_FaS = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig; BS_RaS = Baggerstrecke, Randstationen & RF_RaS = Referenzstrecke, Randstationen.	46
Abb. 13:	Mittlere Individuenzahlen Oligochaeta [Ind./m ² & Station] im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) und Variabilität (StAbw +/- s und Extrema), wobei: BS _{ges} = Baggerbereich, gesamt (n = 13) & RF _{ges} = Referenzbereich, gesamt (n = 7); BS_FaS = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig (n = 8) & RF_FaS = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig (n = 3); BS_RaS = Baggerstrecke, Randstationen (n = 5) & RF_RaS = Referenzstrecke, Randstationen (n = 4)	48
Abb. 14:	Lokale Populationsdichten [Ind./m ²] aspektbildender FE Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) wobei: linke Grafik: Mittlere Populationsdichten Tubificidae, rechte Grafik: Mittlere Populationsdichten Propappidae, Enchytraeidae und Naididae	49
Abb. 15:	„Altersstruktur“ Tubificidae (Oligochaeta) im Untersuchungsraum Unterelbe (rel. & abs. Abundanz, April 2004)	51
Abb. 16:	Monatliche Baggermengen Strom-km 648,5-653 von Januar 1998 bis Mai 1999 (Unterhaltungsaufwand) Grün = Fahrrinne Steuerbordseite; Rot = Fahrrinne Backbordseite; Mitte = Fahrrinne mittig	52
Abb. 17:	Interannueller Vergleich der mittleren Taxazahl Oligochaeta/Station im Untersuchungsraum Unterelbe km 647-653 (01 = 2001, 02 = 2002, 03 = 2003 und 04 = 2004). BS = Baggerstrecke & RF = Referenzbereich; FaS = Stationen mittig in Fahrrinne (Stromstrich) & RaS = Stationen am linken und rechten Fahrrinnen-Rand (Seitenraum).....	56
Abb. 18:	Interannueller Vergleich der Dominanzstruktur im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653). BS = Baggerstrecke & RF = Referenzbereich (Legende: _99, _01 usw. = 2-stellige Jahreszahl).....	58
Abb. 19:	Interannueller Vergleich der mittleren Abundanz/Station [Ind./m ²] im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653); differenziert nach BS = Baggerstrecke (links) & RF = Referenzbereich (rechts); FaS = Stationen mittig in Fahrrinne (Stromstrich) & RaS = Stationen am linken und rechten Fahrrinnen-Rand (Seitenraum Fahr-wasser)	59
Abb. 20:	Oberwasserabfluss Elbe (Pegel-Neudarchau-Tagesmittelwerte) im Zeitraum Januar 1998 – Mai 2004. Quelle: BfG Koblenz, www.bafg.de . Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme	66
Abb. 21:	Interannuelle und saisonale Variabilität verschiedener abiotischer Parameter in der Unterelbe (Pegel Blankenese, El-km 635) im Zeitraum von Jan 1999 bis Dezember 2004. Quelle: Wassergütemessnetz, Institut für Hygiene u. Umwelt, Hamburg. Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme.	68
Abb. 22:	Interannuelle und saisonale Variabilität verschiedener abiotischer Parameter in der Unterelbe (Pegel Grauerort, El- km 660) im Zeitraum von Januar – Dezember 2003 (links) sowie Januar - Dezember 2004 (rechts). Quelle: Wassergütestelle Elbe, Hamburg. Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme	69
Abb. 23:	Umfang der Unterhaltungs- und Ausbaubaggerungen und Makrozoobenthosdichten (1000 µm-Fraktion) in der Unterelbe im Abschnitt km 648,5 – km 653 (Ausbaubereich), Angaben in m ³ /Monat 1997 – Mai	

	2004. Elbeabwärts gesehen: linker Fahrrinnenbereich (grün), Fahrrinnenmitte (Mitte) und rechter Fahrrinnenbereich (rot). Quelle Baggermengen: WSA Hamburg.....	71
Abb. 24:	Baggermengen (als Gesamtmenge ca. 5 Monate vor Benthosbeprobung) und Entwicklung der Besiedlungsdichte verschiedener für die Unterelbe charakteristischer Makrozoobenthos-Arten in der Ausbaustrecke zwischen km 646,5 und km 649.....	73
Abb. 25:	Baggermengen (als Gesamtmenge 5 Monate vor Benthosbeprobung) und Entwicklung der Besiedlungsdichte verschiedener für die Unterelbe charakteristischer Makrozoobenthos-Arten in der Ausbaustrecke zwischen km 646,5 und km 649.....	74
Tab. 1:	Baggermengen in der Unterelbe im Abschnitt km 649 – 653 (Ausbaustrecke) und km 647 – 649 (Referenz), dargestellt als mittlere Menge/Monat im gesamten Abschnitt sowie mittlere Menge/Monat bezogen auf den Halbkilometer. L = linke Fahrrinnenseite, M = Fahrrinnenmitte, R = rechte Fahrrinnenseite in Blickrichtung stromab.....	19
Tab. 2:	Artenspektrum der 1000 µm-Fraktion-Greifer April 2004 - Fahrrinne Unterelbe km 647-653; * Art bei Abundanzvergleichen nicht berücksichtigt. RL = Referenzbereich ($N_{\text{Stationen}}=7$); BL= Ausbaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=13$).	31
Tab. 3:	Artenspektrum der 1000 µm-Fraktion-Greifer April 1999, Mai 2001, April 2002, April 2003, April 2004 - Fahrrinne Unterelbe km 647-653; j+ad: juvenile und adulte Individuen vertreten, * Art bei Abundanzvergleichen nicht berücksichtigt. RL = Referenzbereich ($N_{\text{Stationen}}=7$); BL= Ausbaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=13$). Bei Taxa ohne Zusatz j+ad handelte es sich ausschließlich um adulte Exemplare.....	34
Tab. 4:	Veränderung der mittleren Taxazahlen/Greifer, dargestellt als Ab- bzw. Zunahme des jeweiligen Jahresvergleiches (99/01, 99/02,...,01/02, etc.). * = Unterschiede schwach signifikant $p<0,1$, ** Unterschiede signifikant $p<0,05$ (t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen).....	35
Tab. 5:	Teilgebietsinterne Veränderung der mittleren Abunanz/Greifer, dargestellt als Ab- bzw. Zunahme des jeweiligen Jahresvergleiches (99/01, 99/02,...,01/02, etc.). * = Unterschiede schwach signifikant $p<0,1$, ** Unterschiede signifikant $p<0,05$ (t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen). 1000 µm-Fraktion. RL = Referenz ($N_{\text{Stationen}} = 7$); BL = Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}} = 13$).	39
Tab. 6:	Ergebnisse des t-Tests (t-Werte) des Vergleichs der Makrozoobenthos- Besiedlungsdichten (1000 µm-Fraktion) von Ausbaustrecke (BL, $N=13$) und Referenz (RL, $N=7$). t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen, Anzahl der BL-Stationen für den Test auf ebenfalls $N=7$ reduziert, zufällige Auswahl). Negative t-Werte = höherer Kennwert im Referenzabschnitt, positive t-Werte = höherer Kennwert in der Baggerstrecke.	41
Tab. 7:	Oligochätenspektrum der 250 µm-Fraktion im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653; April 2004)	43
Tab. 8:	Faunenspektrum der Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe km 647- 653 (1999, 2001 bis 2004)	54

Tab. 9:	Individuenangaben Oligochaeta aus Beweissicherung Fahrrinne Unterelbe und Vergleichsgebieten [$\emptyset$ Ind./m ²].....	62
Tab. 10:	Vergleich ausgewählter Fahrrinnen-Stationen in der Baggerstrecke 2004 vs. 2003 sowie Sedimentansprache	77
Tab. 11:	Vergleich ausgewählter Stationen auf der BA Twielenfleth sowie Sedimentansprache (April 2004). Qualitativ-quantitative Zusammensetzung der Oligochätenfauna (Oberflächenbezug OF = Stechrohr = 15,9 cm ²)	78

1. Zusammenfassung

Im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt fanden umfangreiche Untersuchungen zur benthischen Makrofauna im Bereich der Außenelbe (km 732-740) und der Unterelbe (km 647-653) statt. Das Probenahmedesign der Untersuchungen wurde vom Auftraggeber, in Abstimmung mit den von der Maßnahme betroffenen Bundesländern konzipiert. Ursprüngliches Ziel war es festzustellen, wie sich Artenzusammensetzung und Individuenzahlen nach den wasserbaulichen Maßnahmen (hier: Fahrrinnenvertiefung im Zeitraum Mitte 1999 - Mitte 2000) auf den betroffenen Flächen entwickeln, in welcher Form die Wiederbesiedlung stattfindet und ob diese den Prognosen der UVU-Elbe entspricht. Der vorliegende Bericht umfasst sowohl den räumlichen Vergleich der untersuchten Teilgebiete (Ausbaustrecke, Referenzen) in der Fahrrinne der Unterelbe von km 647 bis 653 auf der Basis der in 2004 erhobenen Daten als auch den interannuellen Vergleich 1999 - 2004.

Um die vor Beginn der Bauarbeiten in den Untersuchungsgebieten vorkommenden Makrozoobenthosgemeinschaften im Hinblick auf Artenspektrum und Individuenzahlen zu dokumentieren, wurde im April 1999 der Fahrrinnenbereich zwischen km 647 und km 653 an insgesamt 20 Stationen beprobt. Von diesen Stationen befanden sich 13 im Bereich einer Ausbaustrecke (km 649-553) und 7 als räumliche Referenzstationen in der Fahrrinne bei km 647-648,5. Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten im Sommer 2000 erfolgten im Mai 2001 und April 2002 -2004 weitere Untersuchungen zur Makrozoobenthosbesiedlung an den o.g. Stationen. An jeder der Stationen wurden jeweils 6 Parallelproben mit einem 0,1 m² van-Veen-Greifer entnommen, aus denen zur Bestimmung kleinerer Faunenelemente (Oligochaeta) ein Stechrohr (Ø 4,5 cm) entnommen wurde. Die Siebung der Stechrohre erfolgte über 250 µm Maschenweite, die des restlichen Greiferinhalts über 1000 µm Maschenweite. Die Ergebnisse der Greifer- und der Stechrohrproben wurden durchgängig als getrennte Datensätze behandelt. Dabei fokussierte die Stechrohrbeprobung auf die Taxagruppe der Oligochaeta, während mit der van-Veen-Greiferbeprobung alle weiteren Taxagruppen (o. Oligochaeta) bearbeitet wurden. Zu den analysierten Parametern gehörten die Kennwerte Artenspektrum, Artenzahl, Dominanzstruktur, Altersaufbau sowie die Individuendichte der Benthosgemeinschaften. Die Ergebnisse werden getrennt für die beiden Datensätze „1000 µm-Fraktion (Greifer)“ und „250 µm-Fraktion (Stechrohr)“ dargestellt.

Die Ergebnisse der Baggerdaten von 1997-2004 zeigen, dass die untersuchte Ausbaustrecke zwischen km 649 und km 653 sowohl vor den Bauarbeiten als auch danach intensiven Unterhaltungsbaggerungen unterlag. So überstiegen die im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung angefallenen Mengen v.a. 1998 (ca. 173.000 m³/Monat) diejenigen der Vertiefungsarbeiten von 1999/2000 (105.000 m³/Monat) deutlich. Auch in 2001 wurden mit etwa 100.000 m³/Monat noch ähnlich hohe Unterhaltungsmengen gebaggert wie im Zuge der Fahrrinnenanpassung. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist die Beantwortung der Fragestellung nach den Wirkungen der Vertiefung (s.o.) praktisch nicht möglich, da sich die Ausbaumaßnahme (1999/2000) im Vergleich zu den Unterhaltungsbaggermengen (z.B. 1993, 1998, 2001) nicht durch überdurchschnittliche, sondern im Gegenteil tendenziell sogar geringere Mengen auszeichnete. Zudem repräsentiert der Status quo 1999 aufgrund der in 1998 hohen Baggermengen mit hoher Wahrscheinlichkeit jene Besiedlungssituation, wie sie sich nach intensiven Unterhaltungsbaggerungen einstellt, also keine Referenz im eigentlichen Sinne. Grundsätzliche Aussagen zu Wirkungen von Baggertätigkeiten (unabhängig von deren Anlaß) auf die bodenlebende Wirbellosengemeinschaft sind jedoch möglich.

Im Referenzbereich (km 647-649) wurden seit 1997 in jedem Jahr Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt, die allerdings mit 1.000 - 3.870 m³/Monat deutlich weniger intensiv als diejenigen die in der Vertiefungsstrecke erfolgten.

In der Fahrinne zwischen km 647 und 653 waren in 2001 die Wassertiefen gegenüber 1999 nicht nur im Bereich der Ausbaustrecke (ausbaubedingt), sondern auch im Referenzbereich vergleichsweise deutlich höher. In 2004 waren die Wassertiefen gegenüber den Vorjahren nur wenig verändert. Sie lagen an allen Stationen um 15m [-SKN].

Die untersuchten Teilbereiche (Ausbaustrecke, Referenz) wiesen, wie schon im Rahmen der Status-quo-Erhebung (1999) festgestellt, auch in 2001 – 2004 eine unterschiedliche Sedimentzusammensetzung auf: im Bereich der Ausbaustrecke dominierten in 2004 wie auch 2003 feinere Sedimente (Feinsand und Schlick) oder auch Mittelsande, während die Referenz überwiegend durch Grob-, z.T. auch durch Mittelsande geprägt wurde. Feinsande und Schlick waren auf der Referenz in nur geringen Anteilen, örtlich auch gar nicht vorhanden. Die Sedimentbedingungen veränderten sich in den beiden Teilgebieten im interannuellen Vergleich mehr oder weniger deutlich. So erfolgte in 2001 im Vergleich zu 1999 ein Rückgang der Schlickanteile und eine Zunahme der Feinsand- bzw. Mittelsandanteile (insbesondere in 2004) an den Stationen, die in der Ausbaustrecke positioniert waren. An dieser Situation änderte sich in den Folgejahren nichts Wesentliches, wenngleich der Schlickanteil gegenüber 2001 wieder leicht zunahm.

Im Bereich der Referenz ist in 2002 gegenüber dem Vorjahr (2001) ein leichter Zuwachs des Feinsedimentanteils verzeichnet worden, wobei aber, wie auch schon in 1999 und 2001, Mittelsand der dominierende Sedimenttyp blieb. Eine deutliche Veränderung trat ab 2003, v.a. aber in 2004 ein: in diesem Jahr waren nicht Mittelsande sondern in den meisten Fällen Grobsande (Anteil >50%) prägend.

Die Gründe für die in 2003/04 im interannuellen Vergleich in beiden Teilgebieten höheren Anteile größerer Sedimente (Ausbaustrecke: Zunahme Mittelsandanteile; Referenz: Zunahme Grobsandanteile) sind nicht offensichtlich. Ob die Veränderungen im Zusammenhang mit der Unterhaltungsbaggerei stehen ist nicht zu belegen, da auch im Referenzabschnitt im Prinzip analoge Veränderungen eintraten.

Makrozoobenthos 1000 µm-Fraktion

Räumliche Betrachtung 2004: Beide Teilgebiete waren durch eine vergleichsweise artenarme Benthosgemeinschaft gekennzeichnet. In 2004 wurden 13 Taxa nachgewiesen. Die Unterschiede im Hinblick auf den Parameter mittlere Taxazahl/Greifer waren zwischen Referenz und Ausbaustrecke bei weitgehend identischen Artenspektren nur gering. Allerdings unterschieden sich beide Teilgebiete aufgrund ihrer Dominanzstruktur. Die Ausbaustrecke wurde in 2004 durch Amphipoden der Gattung *Bathyporeia* dominiert, die Referenz überwiegend durch *Gammarus zaddachi* und den Polychaeten *Marenzelleria* cf. *viridis*. Des weiteren wies die Ausbaustrecke (177 Ind./m²) eine etwas höhere Gesamtbesiedlungsdichte auf, als die Referenz (153 Ind./m²).

Interannuelle Betrachtung: Im interannuellen Vergleich wurde in 2001 gegenüber 1999 insgesamt ein deutlicher Rückgang der mittleren Taxazahl/Station verzeichnet. Dies betraf nicht nur die Ausbaustrecke, sondern auch den Referenzbereich. In beiden Teilbereichen wurde in 2002 eine weitere Abnahme der Taxazahlen dokumentiert. So reduzierte sich die 1999 (1,6 Taxa/Greifer)

schon sehr geringe Taxazahl bis 2002 um 50% auf <1 Taxon/Greifer. Nach dem deutlichen Rückgang der mittleren Taxazahl/Greifer lag der Wert in 2003 wieder auf dem Niveau von 1999 (im Mittel ca. 1,5 Taxa/Greifer). In 2004 wurde in beiden Gebieten jeweils die bislang höchste Taxaanzahl mit 2,8 Taxa/Greifer (Baggerstrecke) bzw. 2,9 Taxa/Greifer (Referenz) ermittelt.

Sowohl in der Baggerstrecke als auch im Referenzbereich ergaben sich interannuell gewisse Veränderungen in der Dominanzstruktur der Benthos-Gemeinschaften, wobei aber v.a. im Bereich der Ausbaustrecke die zu den Crustacea gehörenden *Bathyporeia*-Arten in jedem Untersuchungsjahr die dominant blieben. Auch der Referenzbereich wurde bis 2002 von *Bathyporeia*-Arten dominiert. In 2002 und 2003 erfolgte mit der zunehmenden Dominanz von *Gammarus zaddachi* hier aber ein Wechsel in der Dominanzhierarchie. Möglicherweise ist dies u.a. auf die Veränderungen der Sedimentstrukturen (Zunahme von Grobsandanteilen) zurückzuführen. Diese Entwicklung setzte sich in 2004 insofern nicht fort, als das *G. zaddachi* unter quantitativen Gesichtspunkten nur noch eine untergeordnete Rolle spielte. Das dominierende Taxon war in 2004 der Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis*.

Die Status quo Untersuchung in 1999 ergab aufgrund einer deutlich höheren Zoobenthosdichte im Bereich der Ausbaustrecke quantitative Unterschiede zwischen den Untersuchungsbereichen Ausbaustrecke und Referenz. Dieses veränderte sich in 2001, also etwa 1 Jahr nach Abschluss der Ausbaurbeiten, nicht wesentlich. Eine leichte Veränderung dieser Situation ergab sich in 2002: die Unterschiede zwischen Ausbaustrecke und Referenz waren geringer, wenngleich die Ausbaustrecke nach wie vor eine höhere Besiedlungsdichte aufwies. Die unterschiedliche Besiedlungsdichte ist vermutlich auch auf die jeweilige Sedimentstruktur in den Bereichen zurückzuführen. So ist es zu erwarten, dass ‚Feinsandarten‘ wie *Bathyporeia pilosa*, der in diesem Elbeabschnitt zu den dominierenden Faunenelementen der 1000 μm -Fraktion gehört, die feinsandigen Stationen der Ausbaustrecke bevorzugt und damit in höherer Anzahl besiedelt als die der mittelsand- grobsandgeprägten Referenz. Der interannuelle bereichsinterne Vergleich zeigt, dass 2002 gegenüber 1999 und 2001 ein deutlicher Rückgang der Besiedlungsdichte erfolgte. Der Rückgang der Besiedlungskennwerte betraf dabei beide Untersuchungsbereiche, allerdings war die Ausbaustrecke stärker betroffen als die Referenz. Die Makrozoobenthosabundanzen blieben 2003 im Vergleich zu 1999 und 2001 nach dem deutlichen Rückgang in 2002 in beiden Teilbereichen weiterhin auf niedrigem Niveau. Der Rückgang, v.a. hervorgerufen durch die Bestandsentwicklung der vorkommenden *Bathyporeia*-Arten, betraf die Ausbaustrecke stärker als die Referenz. Dennoch blieb die Gesamtbesiedlungsdichte im Bereich der Ausbaustrecke, wie auch in den Vorjahren, höher als im Referenzbereich. In 2004 erfolgte in beiden Teilgebieten gleichsinnig eine deutliche Erhöhung der Besiedlungsdichte, mit den bezogen auf den Untersuchungszeitraum bislang höchsten Werten.

Fazit: Der bisherige Vergleich der Besiedlungskennwerte zwischen Referenz und Ausbaustrecke einerseits und die Betrachtung der gebietsinternen Entwicklung der Benthosgemeinschaft im Bereich der Ausbaustrecke andererseits, lässt aus den o.g. Gründen (Unterhaltungsbaggerungen) keine offensichtlichen Wirkungen der eigentlichen Ausbaubaggerungen erkennbar werden. Insgesamt zeigen die erfassten Makrozoobenthos-Besiedlungsdichten im Bereich der Ausbaustrecke sowohl auf der Raumskala als auch auf der Zeitskala sehr indifferente Ergebnisse, scheinbar ohne erkennbaren Zusammenhang zur Intensität der erfolgten (Unterhaltungs-)Baggerungen. Anders als die Betrachtung der Gesamtbesiedlung können aber artspezifische Reaktionen auf die Baggerungen nicht ausgeschlossen werden. Dieses ergibt eine differenzierte Betrachtung der Entwicklung der in diesem Elbeabschnitt charakteristischen Taxa (*Bathyporeia*, *Gammarus* - Crustacea und *Marenzelleria* – Polychaeta).

Die Ergebnisse lassen einen Zusammenhang mit den Baggeraktivitäten insofern plausibel erscheinen, als zum einen die räumliche und zeitliche Besiedlungsvariabilität im Referenzbereich vergleichsweise schwächer war und zum anderen durch die seit 1998 durchgängig sehr geringe Unterhaltungsintensität im Referenzbereich kein kontinuierlicher Rückgang der *Marenzelleria*-Abundanz verzeichnet wurde. Allerdings muß ebenfalls hervorgehoben werden, dass die Ergebnisse auch durch eine ausgeprägte interannuelle (natürliche) Besiedlungsvariabilität hervorgerufen sein könnten. Auch für diese Annahme ergeben sich gewisse Hinweise, wie beispielsweise die starke Abnahme von *G. zaddachi* von 1999 auf 2001 nicht nur im Bereich der Ausbaustrecke sondern auch im Referenzbereich sowie die in 2004 festgestellte Zunahme der *Marenzelleria*-Anzahlen in der Baggerstrecke trotz Unterhaltungsbaggerei (s.o.).

Mit Einschränkung können auf der Basis der bisherigen Befunde Hinweise auf verschiedene Reaktionsmuster der Benthosarten (1000 µm-Fraktion) im Hinblick auf Störungen durch länger andauernde intensive Baggerungen grob unterschieden werden:

- Artspezifische ‚Förderung‘ (Abundanzzunahme) nach baggerungsbedingten starken Störungen unter der Voraussetzung einer weitgehend gleichbleibenden Sedimentzusammensetzung (Fein-Mittelsande) - (Crustacea: *Bathyporeia*)
- Beeinträchtigung (Abundanzrückgang) durch baggerungsbedingten starken Störungen, aber zügige Wiederbesiedlung bei andauernden, aber nur noch geringen Störungen - möglich unter der Voraussetzung einer ähnlichen Sedimentzusammensetzung - (u.a. Crustacea: *Gammarus*),
- Beeinträchtigung (Abundanzrückgang, Artenzahlreduktion) durch baggerungsbedingten starken Störungen, aber längere Wiederbesiedlungsdauer bei andauernden, aber nur noch geringen Störungen - (u.a. Polychaeta, hier *Marenzelleria*),
- Beeinträchtigung (Abundanzrückgang, Artenzahlreduktion) durch baggerungsbedingte Störungen, langfristiges Ausbleiben - (u.U. Muscheln?).

Oligochaeta 250 µm-Fraktion

Räumliche Betrachtung 2004: Im Untersuchungsmaterial April 2004 sind aus der Ordnung Oligochaeta insgesamt 16 Taxa nachgewiesen worden. Diese Zahl liegt leicht unter dem Vorjahreswert.

Die Baggerstrecke war mit durchschnittlich 4 Taxa artenarm ausgestattet. Fast ohne Unterschied rekrutierte sich der Bestand zu 60 - 65% aus nicht geschlechtsreifen Individuen der Familie Tubificidae. Innerhalb der Familie Tubificidae dominierte im Baggerbereich nur eine Art: *Limnodrilus hoffmeisteri*, charakteristischerweise noch ergänzt durch *Limnodrilus udekemianus*. In den Mischsedimenten konnten örtlich verhältnismäßig hohe Dominanzwerte für *Limnodrilus profundicola* verzeichnet werden. Der Anteil adulter, fortpflanzungsfähiger Tiere lag insgesamt bei $\geq 30\%$; den unbedeutenden „Rest“ bildete *Vejdovskyella intermedia* (Naididae) mit $< 1\%$ Bestandsquote.

Der Referenzbereich war mit durchschnittlich 6 Taxa etwas artenreicher ausgestattet als die Baggerstrecke. Tubificiden waren auch hier präsent: mit *Aktedrilus monospermathecus* dominierte in diesem Abschnitt ein Brackwasser-Tubificidae marinen Ursprungs. Die obere Verbreitung der Brackwasserart in der Unterelbe beschränkte sich vormals auf den Raum Glückstadt/Pagensand.

Noch häufiger (eudominant) als *A. monospermathecus* war aber *Propappus volki* (Propappidae); je nach Teilgebiet betrug dessen Abundanzanteil 40 bis 60%. Die lokale Gesellschaftsstruktur wurde durch verschiedenartige Enchytraeiden ergänzt. Die Assoziation aus *P. volki*, *Enchytraeus* spp. und *A. monospermathecus* ist offenbar typisch für die Besiedlung der Fahrerinne und deren Seitenräume. Alle Spezies präferieren Sande und sind äußerst strömungstolerant; also Rahmenbedingungen, wie sie in der Fahrerinne/im Fahrwasser überwiegend vorliegen. Die Gemeinschaft der Oligochaeten im Referenzbereich kann als typische Sandbodengesellschaft charakterisiert werden. Dies steht in Einklang mit dem anstehenden Sedimenttyp.

Die mittleren Gesamtabundanzen waren in der Ausbau- und Referenzstrecke mit rd. 4×10^3 Ind./m² so gut wie identisch. Die häufigste Art der Baggerstrecke war *Limnodrilus hoffmeisteri*, der in der Fahrinnenmitte mit durchschnittlich 400 Ind./m² und im Randbereich der Fahrerinne mit ≈ 2.500 Ind./m² auftrat. Schlick und schluffhaltige Feinsedimente waren um eine Zehnerpotenz individuenreicher besiedelt als Sande - Größenordnung 10^3 versus 10^2 .

In der Baggerstrecke dominierten nicht geschlechtsreife Tubificiden. Reife, reproduzierende Tiere waren in diesem Abschnitt vorhanden, im Wesentlichen *Limnodrilus* spp. aber auch *Akteredrilus monospermathecus*. Im Referenzbereich ist die Altersstruktur dagegen durch geschlechtsreife (syn. adulte) Individuen der Arten *Propappus volki* (Propappidae) und *A. monospermathecus* (Tubificidae) geprägt worden (50 bis 90%). Der große Kokon-Anteil ist darüber hinaus ein Indiz für eine hohe Reproduktionskapazität.

Interannuelle Betrachtung: Im Baggerbereich wurde seit 2001 ein Rückgang der mittleren Taxazahl von rd. 7 auf <4 Taxa, wobei am Fahrinnenrand das Niveau der Taxazahlen leicht höher war. Aufgrund der jeweils ausgeprägten Variabilität sind die interannuellen Unterschiede statistisch überwiegend als zufällig zu betrachten; signifikant niedriger ist allerdings die 2004 dokumentierte Taxazahl gegenüber den in 2002 & 2001 ermittelten Werten. Mit durchschnittlich nur 3,4 Taxa/Station (Fahrinnenmitte) bzw. 4,3 Taxa/Station (Fahrinnenränder) wurde in 2004 im Hinblick auf die Artenvielfalt ein Minimum verzeichnet.

Im Referenzbereich verlief die zeitliche Entwicklung hingegen anders. Die mittlere Taxazahl lag in 2001 mit 5 bzw. 7 Taxa unter dem Niveau des Baggerbereichs, ab 2002 fand bereits ein Angleich der Zahlen statt und in 2003 lag die Taxazahl deutlich über denjenigen der Vorjahre. In 2004 wurde allerdings wieder ein Rückgang ermittelt, mit durchschnittlich 4,3 Taxa/Station (Fahrinnenmitte) bzw. 7,3 Taxa/Station (Fahrinnenränder) lagen die Werte aber noch höher als in Bereich der Baggerstrecke.

Etwa zwei Jahre nach der Baumaßnahme ist die mittlere Abundanz in der Baggerstrecke um gut zwei Zehnerpotenzen höher gewesen als vor dem Eingriff: Von 1999 mit rd. 10^2 Ind. über 2001 mit 10^3 Ind. bis 2002 mit über 10^4 Ind./m². Diese Entwicklung setzte sich in 2003/04 jedoch nicht fort, die Individuenanzahlen sanken in 2003 und 2004 auf das Niveau von 2001. Dies betraf die Stationen in der Fahrinnenmitte sowie deren Randbereiche gleichermaßen, wobei die durchschnittliche Gesamtwohndichte der Oligochaeten an den Rändern des Fahrwassers stets höher ausfiel. Der Rückgang könnte möglicherweise ein Indiz für den nicht auszuschließenden (prognostizierten) Zusammenbruch der Opportunistengesellschaft sein, möglich ist aber auch, dass es sich um einen Ausdruck der natürlichen Variabilität handelt. Qualitativ behaupten sich einzig und allein nur wenige Tubificidenarten im Baggerbereich: bspw. die o. g. Schwesterarten *Limnodrilus hoffmeisteri* und *Limnodrilus profundicola*.

Die mittlere Gesamtdichte der Oligochaetenfauna stagnierte in den ersten zwei Jahren in der Größenordnung von 10^3 Ind./m². In 2003 erfolgte sowohl im Referenzabschnitt als auch im Ausbaubereich mehr oder weniger gleichsinnig ein ‚spontaner‘ Anstieg der Abundanz auf knapp 10^4 Ind./m². Eine ähnlich gleichsinnige Entwicklung, nur mit umgekehrten Vorzeichen wurde in 2004 verzeichnet: die Besiedlungsdichten erreichten nur noch das Niveau von 2001. Mit durchschnittlich 3×10^3 Ind./m² ist die Raumkapazität für sandige Sedimenttypen im Referenzbereich voll erreicht. Die Vergleichszahlen der ungestörten Sandflächen des Mühlenberger Lochs und des Fährmannsands entsprechen den Größen. Im Hinblick auf den Aspekt ‚Raumkapazität‘ ist für die Baggerstrecke, die mit einem höheren Anteil von schlackigen Sedimenten im Prinzip dichter besiedelt sein müsste als die Referenz, dagegen eher eine Unterschreitung der Raumkapazität anzunehmen, die mittleren Wohndichten liegen in 2003 und 2004 mindestens eine Zehnerpotenz unter denjenigen von anderen Schlickbereichen.

Fazit: Trotz der ausgeprägten räumlichen und interannuellen Besiedlungsvariabilität in diesem Bereich sprechen die Befunde der 250 µm-Fraktion für Wirkungen der Baggertätigkeiten, wobei aber der nach (bzw. auch vor) der Vertiefung hohe Unterhaltungsaufwand wahrscheinlich erheblicher ist, möglicherweise auch nachhaltiger, als es die eigentliche Ausbaumaßnahme war. Insbesondere der Vergleich mit dem Referenzabschnitt, die z.T. entgegengesetzte, zeitparallele Entwicklung in diesem Bereich, stützt die Indizienkette.

Vergleich mit der Prognose

Durch den Eingriff ist für die Baggerstrecke eine Degradation, eine „sehr geringe Wertigkeit“ prognostiziert worden. Nach Abschluss der Baumaßnahme und einer etwa 3-jährigen Wiederbesiedlungsperiode sollte sich der ‚Ausgangszustand‘ (in der UVU abgeleitet aus Untersuchungsergebnissen der Jahre 1993-1995) einer „geringen Wertigkeit“ wieder eingestellt haben, der den heute typischen Fahrinnenbedingungen entspricht. Der Referenzbereich sollte dagegen auf dem „geringen“ Wertungsniveau verharren.

Aus nachvollziehbaren Gründen lässt sich der Bewertungsaspekt nicht im Sinne der ursprünglichen Fragestellung beantworten, da es einerseits den ‚weniger beeinflussten Ausgangszustand‘ aufgrund der schon vor der Ausbaumaßnahme sehr intensiven Unterhaltungsbaggerungen so nicht gibt. Andererseits erfolgten auch nach der Vertiefung umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen, so dass eine Regeneration der Fauna nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten zumindest bis 2004 nicht möglich war.

In Anbetracht der z.T. gegenläufigen Entwicklung der Populationsparameter im Vergleich zwischen Baggerstrecke und Referenz, v. a. im Hinblick auf die 250 µm-Fraktion, dürfte die Ausbaustrecke aufgrund der im Untersuchungszeitraum erfolgten Baggertätigkeiten (unabhängig von deren Anlass) daher auch in 2004 qualitativ der in der Prognose prognostizierten ‚sehr geringen Wertigkeit‘ entsprechen, während das Referenzgebiet, bei deutlich geringerer Baggerfrequenz und Sandentnahme darüber rangiert.

Es sei abschließend nochmals darauf hingewiesen, dass die dieser Arbeit zugrundeliegende ursprüngliche Aufgabe, nämlich die Identifizierung und Beurteilung möglicher Wirkungen speziell der Baumaßnahme auf die wirbellose Bodenfauna, aufgrund der vor und nach der eigentlichen Maßnahme sehr viel höheren Unterhaltungsbaggermengen, nicht zu lösen ist und auch durch ggf. weitere Untersuchungen nicht zu lösen sein wird. Dennoch liefern die Untersuchungsergebnisse not-

wendige Erkenntnisse, die zum Verständnis möglicher Wirkungen von Baggertätigkeiten (unabhängig ihres Anlasses) auf die bodenlebende Wirbellosenfauna beitragen.

2. Anlass und Ziel der Untersuchungen

Im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt finden umfangreiche Begleituntersuchungen zur benthischen Makrofauna im Bereich der Unterelbe (km 647-653) statt. Nach der in 1999 durchgeführten Status quo Untersuchung erfolgte im Zeitraum 2001 – 2004, nach Abschluss der Ausbauarbeiten, eine Wirbellosen- Monitoring in festgelegten Untersuchungsbereichen. Diese umfassen, wie im Untersuchungsprogramm vorgesehen, sowohl eine Ausbaustrecke in der Fahrrinne der Unterelbe im Bereich km 648,5-653 als auch einen Referenzbereich (km 647-648,5).

Der vorliegende Bericht enthält zum einen eine Dokumentation der in 2004 vorgefundenen Makrozoobenthosbesiedlung der Untersuchungsgebiete und die Darstellung räumlicher Besiedlungsunterschiede zwischen direkten Eingriffs- (Ausbaustrecke) und dem zugehörigen Referenzbereich. Zum anderen erfolgt ein Vergleich mit den Ergebnissen der Vorjahre sowie ein Abgleich mit der Prognose der Umweltverträglichkeitsuntersuchung von 1997. Die ursprüngliche Aufgabe, ausschließlich die Wirkungen der eigentlichen Ausbaumaßnahme zu bestimmen, kann aufgrund der vor und auch nach der Maßnahme hohen Unterhaltungsbaggermengen nicht gelöst werden. Wesentliches Ziel der Untersuchungen ist daher die Identifizierung von Hinweisen auf die Wirkungen von intensiven Baggertätigkeiten, unabhängig ihres Anlasses, auf die bodenlebende Wirbelosengemeinschaft in diesem Elbeabschnitt.

Die Durchführung der Untersuchung erfolgte im Auftrag des WSA Hamburg durch die Büros Bio-Consult Schuchardt & Scholle GbR und HUuG Tangstedt, Dipl.-Biol. H.-J. Krieg.

3. Baumaßnahmen im Rahmen der Vertiefungsmaßnahme

Um mögliche Unklarheiten bzgl. der Trennung von Vertiefungs- (bzw. vorgezogenen Teilvertiefungen) und Unterhaltungsbaggerungen (die im Hinblick auf die hier zu vorzunehmenden Bewertung der Wirkungen der Neubaumaßnahme ohne Relevanz sind) zu vermeiden, soll ein kurzer Rückblick auf den Ablauf der Bauarbeiten bzw. der Baggerarbeiten erfolgen. Dies bezieht sich v.a. auf das Jahr 1998, in dem neben den Unterhaltungsbaggerungen bereits sogenannte vorgezogene Teilvertiefungen durchgeführt wurden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden diesbezüglich die Angaben des WSA Hamburg in einer Kurzfassung dargestellt; der vollständige Text ist WSA HAMBURG (2005, schriftl.) zu entnehmen.

3.1 Baubeginn – Fahrrinne Unterelbe

Der Baggerbeginn im Zusammenhang mit der Vertiefung der Unterelbe auf der Hamburger Delegationsstrecke erfolgte am 22. Februar 1999. Bis Dezember 1999 konnten die Vertiefungsarbeiten zwischen der Landesgrenze bei Tinsdal (km 638,9) und dem BAB-Elbtunnel (ca. km 626,6) abgeschlossen werden. Während der gebaggerte Sand für verschiedene Baumaßnahmen im Hamburger Hafen, unter anderem für die Geländeaufhöhung im Bereich des Containerterminals Altenwerder Verwendung fand, wurde der eiszeitliche Geschiebemergel in einer speziellen Klappgrube untergebracht. Der Fahrrinnenausbau war auf der Hamburger Delegationsstrecke zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Die Vertiefung der restlichen Fahrrinnenstrecken stromauf des BAB-Elbtunnels (in den Köhlbrand und in die Norderelbe hinein) erfolgte später, da diese Baggerungen u. a. sehr eng mit den Arbeiten zur Errichtung der 4. Elbtunnelröhre sowie eines Schutzbauwerks für die Röhren 1 bis 3 des BAB-Elbtunnels verknüpft waren. Insgesamt wurden auf der Unterelbe im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke bislang rund 4,7 Mio. m³ Sediment, davon etwa 570.000 m³ Geschiebemergel, gebaggert. Diese Gesamtmenge beinhaltet auch einen Anteil aus der Unterhaltungsbaggerei.

Vorgezogene Teilmaßnahmen

Nachdem zu Beginn der Planungen noch verschiedene Varianten der Teilmaßnahmen erörtert wurden, führten Überlegungen sowie Gespräche mit der Hafenwirtschaft sehr schnell dazu, dass die Durchführung der sogenannten Teilmaßnahmenvariante "C3" am sinnvollsten ist, da sie den wirtschaftlichen Erfordernissen am besten entspricht. Auf die anderen Varianten soll an dieser Stelle daher nicht eingegangen werden. Ziel dieser Variante "C3" war, die Zulassung von 30 cm mehr Tiefgang für tideunabhängig fahrende Schiffe, die dann mit Tiefgängen von 12,30 m (statt heute mit 12,00 m) den Hamburger Hafen jederzeit erreichen und verlassen können. Dieses Ziel konnte mit geringfügigen Vertiefungen der Fahrrinne von lediglich 15 bis 35 cm zwischen km 638,9 und 734,6 N erreicht werden. Unterhalb von km 734,6 N waren wg. der bereits ausreichenden Tiefen, keine Vertiefungsarbeiten notwendig. Änderungen der Fahrrinnenbreiten gegenüber dem Ist-Zustand waren ebenfalls nicht notwendig.

Diese ‚vorgezogene‘ Vertiefung wurde im Zuge einer erweiterten Unterhaltungsbaggerei vorgenommen. Analog zur Baggergutunterbringung für die Gesamtmaßnahme sollte ein Teil des gebaggerten Materials in Baggergutablagerungsflächen, ein weiterer Teil in den bereits bestehenden

Klappstellen untergebracht werden, anfallendes feineres Baggergut auf einem Teil des geplanten Spülfeldes auf Pagensand aufgespült werden. Diese Aufspülung stellt, genau wie die Einrichtung der Baggergutablagerungsflächen, eine gesonderte Teilmaßnahme dar. Die Aufspülung auf Pagensand betrifft eine Fläche von etwa 19 ha; von den Baggergutablagerungsflächen werden die Flächen Twielenfleth (ca. 33 ha) und Krautsand (ca. 59 ha) betroffen sein.

Laut Bundeswasserstraßengesetz ist eine vorläufige Anordnung von Teilmaßnahmen nur zulässig, wenn diese nicht zu einer wesentlichen Änderung des Wasserstandes oder der Strömungsgeschwindigkeit führen. Tatsächlich hat die hydromechanische Begutachtung durch die Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste (BAW/AK), ergeben, dass die maßnahmebedingten Änderungen von Strömungen und Wasserständen wahrscheinlich äußerst gering sein werden. Die maximale Absenkung des Niedrigwassers wird deutlich kleiner als 2 cm, der maximale Anstieg des Tidehochwassers deutlich kleiner als 1 cm sein, wobei diese Änderungen auch nur den oberen Teil der Tideelbe betreffen. Angesichts der hohen Variabilität der Wasserstände und der Messgenauigkeit der Tidepegel, die bei ± 2 bis 3 cm liegt, werden solche Änderungen in der Natur kaum mess- bzw. nachweisbar sein. Entsprechendes gilt auch für die Tideströmungen, die durch die Teilmaßnahme "C3" in äußerst geringem Maße verändert werden. In der Fahrrinne werden sich Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten von weniger als 1 cm/s ergeben, während in den Seitenbereichen keine Änderungen (d.h. deutlich kleiner als 1 cm/s) zu erwarten sind. Auch die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten sind daher als unwesentlich anzusehen. Indirekte, also durch Änderungen der hydrologischen Parameter hervorgerufene Auswirkungen auf die Umwelt sind durch die vorgezogenen Teilmaßnahmen also nicht anzunehmen.

Demgegenüber wird es durch die baulichen Aktivitäten zu einer direkten Beeinflussung einiger Schutzgüter in ähnlicher Wirkungsweise wie durch die Gesamtmaßnahme kommen:

- Bei den Sedimenten (Schutzgut "Wasser/Gewässer") wird es durch die Errichtung und den Betrieb von Baggergutablagerungsflächen bzw. Klappstellen und der damit verbundenen Änderung von Sedimenttyp bzw. -belastung zu lokalen Beeinträchtigung kommen.
- Die Errichtung der Baggergutablagerungsflächen betrifft auch die aquatischen Lebensgemeinschaften und damit das Schutzgut 'Tiere und Pflanzen', da es zu einer Überdeckung der örtlichen Zoobenthosgemeinschaften kommt. Diese werden darüber hinaus auch durch die Baggerungen selbst beeinträchtigt, da die von der Teilmaßnahme C 3 betroffenen Baggerflächen größer sind als diejenigen Flächen, auf denen häufige Unterhaltungsbaggerungen vorgenommen werden und auf denen folglich entsprechende "Vorbelastungen" vorhanden sind.
- Aufgrund der aber nur geringfügigen Baggerintensität der Teilmaßnahmen werden aber weder qualitativ neue noch quantitativ mehr Beeinträchtigungen hervorgerufen. Gravierende Änderungen des Lebensraums Unterelbe werden durch die Teilmaßnahmen in keiner Weise verursacht.

Bei der Beurteilung der durch die vorgezogenen Teilmaßnahmen bei einigen Schutzgütern - im Sinne des Naturschutzgesetzes - hervorgerufenen erheblichen bzw. nachhaltigen Beeinträchtigungen muss berücksichtigt werden, dass diese Bestandteil der beschriebenen Auswirkungen der Gesamtmaßnahme sind.

3.2 Baggermengen

Unterhaltungsbaggerungen werden in jedem Jahr in unterschiedlicher Intensität durchgeführt. Die jährlichen Baggermengen sind im interannuellen Vergleich z.T. sehr unterschiedlich. Der Baggerbedarf wird dabei von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst (z.B. durch natürliche Sedimentumlagerungen, Oberwasserabfluss).

Angaben zum Umfang der (Unterhaltungs-) Baggerungen in den Untersuchungsbereichen wurden von 1997 bis Mai 2004 für den Unterelbeabschnitt von km 647-653 (Vertiefungsbereich, Referenz) berücksichtigt. Die Daten liegen als monatliche Mengen [m^3] für 500 m-Abschnitte vor, die, in Richtung stromab gesehen, differenziert für die linke Fahrinnenseite, die Fahrinnenmitte sowie die rechte Fahrinnenseite angegeben sind (WSA HAMBURG, schriftl. Mitt.). Tab. 1 zeigt die durchschnittliche Baggermenge/Monat [m^3] bezogen auf die gesamte Ausbaustrecke (Ges./Monat), die durchschnittliche Menge/Monat bezogen auf 500 m-Abschnitte (500 m/Monat), sowie eine Angabe der Mengen, die den etwa 4 - 5 monatigen Zeitraum (Januar - Mai 500 m/Monat) vor den jeweiligen Makrozoobenthosuntersuchungen betrifft. Des Weiteren ist die prozentuale Verteilung der Baggermengen auf die jeweilige Fahrinnenseite und die durchschnittliche Anzahl der Baggerungen/Monat bezogen auf das jeweilige Jahr angegeben

Die Daten zeigen, dass die Gesamtbaggermengen im Abschnitt km 649 -653 (Ausbaubereich) überwiegend mit Ausnahmen 2002 und 2003 deutlich $>50.000 \text{ m}^3/\text{Monat}$ lagen. Dies entspricht bezogen auf 500 m-Fahrinnenabschnitte Mengen, die durchschnittlich zwischen 2.388 m^3 (2002) und 19.274 m^3 (1998) im Monat betrugen. Besonders hohe Baggermengen wurden in der Fahrinne/Ausbauabschnitt in 1998 (also vor der Ausbaumaßnahme, insgesamt $173.486 \text{ m}^3/\text{Monat}$) sowie in in 1999 (Ausbau, ca. 105.000 m^3) sowie 2001 (nach Abschluss des Ausbaus, insgesamt $100.352 \text{ m}^3/\text{Monat}$) verzeichnet.

In dem 4-5 monatigen Zeitraum (Januar - Mai) vor den Benthosprobenahmen, die im April/Mai 1999, 2001 - 2004 durchgeführt wurden, sind, bezogen auf 500 m-Abschnitte, durchschnittlich $2.980 \text{ m}^3/\text{Monat}$ in 1999 und etwa $8.300 \text{ m}^3/\text{Monat}$ in 2001 gebaggert worden. In 2003 lag mit einer Menge von ca. 1.600 m^3 das bisherige Frühjahrsminimum vor. In 2004 wurde im Vergleich zu den Vorjahren bis Mai mit $>4.000 \text{ m}^3$ wieder vergleichsweise mehr gebaggert (Tab. 1). Die linke Fahrinnenseite (L) war in allen Untersuchungsjahren von den Baggerungen am stärksten, die Fahrinnenmitte (M) von den Baggerungen am geringsten betroffen. Die Unterhaltungsfrequenz (hier dargestellt als mittlere Anzahl der Unterhaltungstätigkeiten/Monat bezogen auf das jeweilige Jahr) war im Ausbauabschnitt seit 1997 vergleichsweise hoch. In 1998 und in 2001 wurden nahezu in jedem Monat Unterhaltungsarbeiten durchgeführt. Für 2002 - 2004 lagen keine entsprechend differenzierbaren Daten vor.

Tab. 1: Baggermengen in der Unterelbe im Abschnitt km 649 – 653 (Ausbaustrecke) und km 647 – 649 (Referenz), dargestellt als mittlere Menge/Monat im gesamten Abschnitt sowie mittlere Menge/Monat bezogen auf den Halbkilometer. L = linke Fahrrinnenseite, M = Fahrrinnenmitte, R = rechte Fahrrinnenseite in Blickrichtung stromab.

Baggerstrecke km 649-653	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 (bis Anf. Mai)
Ges/Monat	67.112	173.465	105.561	49.416	100.352	21.492	30.365	36.833
500m/Monat	7.456	19.274	11.729	5.490	11.150	2.388	3.373	
Jan-Mai 500m/Monat		8.773	4.273		8.361	2.113	1.616	4.092
Fahrrinnenseite (L/M/R) % ges	35/33/32	25/29/46	48/27/25	42/7/51	49/18/33	82/5/13	50/4/46	
Fahrrinnenseite (L/M/R) % Jan - Mai			42/30/38		50/26/24	82/5/13	100/0/0	58/20/22
mittl. Anzahl Baggerungen/Monat (L/M/R)	0,75/0,42/0,83	0,92/0,83/0,92	k.A.	0,67/0,58/0,58	1/0,75/0,75	k.A.	k.A.	k.A.

Referenz km 646,5-649	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 (bis Anf. Mai)
Ges/Monat	2.938	2.150	1.055	3.736	3.870	1.006	1.601	2.812
500m/Monat	734	537	264	934	967	201	320	
Jan-Mai 500m/Monat			872		1.440	1.710	463	562
Fahrrinnenseite (L/M/R) % ges	5/6/89	0/6/94	0/0/100	28/17/54	7/44/49	18/18/64	15/0/85	
Fahrrinnenseite (L/M/R) % Jan - Mai			0/0/100		13/58/29	12/12/76	22/0/88	6/4/90
mittl. Anzahl Baggerungen/Monat (L/M/R)	0,08/0,16/0,5	0/0,08/0,16	0/0/0,16	0,25/0,08/0,33	0/0,3/0,42	k.A.	k.A.	k.A.

Auch im Referenzbereich (km 647-649) wurden Baggerungen (Unterhaltung) durchgeführt. Die Baggeraktivität sowie die Mengen waren aber deutlich geringer als im Ausbaubereich. Sie erreichten (mit Ausnahme von 1999) nur etwa 2-5% der im Ausbaubereich angefallenen Mengen. Die bezogen auf 500 m-Abschnitte entnommenen Mengen lagen im Mittel <1.000 m³/Monat. 1999 wurde mit nur 264 m³/Monat die geringste und 2001 mit 967 m³/Monat die höchste Menge verzeichnet. In 2001 war auch im Zeitraum von Januar - Mai die Unterhaltung am intensivsten. Bezogen auf diesen Zeitraum lag die Baggermenge mit durchschnittlich 1.440 m³/500 m/Monat wesentlich über dem Wert von 1999 und erreichte 15% der Menge, die im gleichen Zeitraum im Ausbauabschnitt entnommen wurde. In 2002 und 2003 wurden mit 200 bzw. 320 m³/Monat je Halbkilometer wieder geringe Mengen gebaggert. In 2004 (bis Mai) lag die Menge (560 m³/Halbkilometer) etwas höher als in 2002 und 2003. Anders als in der Neubaustrecke war im Referenzabschnitt v.a. der rechte Fahrrinnenrand von den Unterhaltungsmaßnahmen betroffen, der linke Fahrrinnenrand am wenigsten (Tab. 1 unten).

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der untersuchte Fahrrinnenbereich zwischen km 648,5 und km 653 sowohl vor den Ausbauarbeiten als auch danach intensiven Unterhaltungsbaggerungen unterlag. So lagen die im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung angefallenen Mengen v.a. 1998 (ca. 173.000 m³/Monat) und 2001 (ca. 100.000 m³/Monat) in der einer ähnlichen Größenordnung wie die Vertiefung selbst. Mit <35.000 m³/Monat war die Baggeraktivität in 2002 und 2003 im betrachteten Zeitraum von 1997–2002 am geringsten (s. Tab. 1). Auch im Referenzbereich (km 647-649) wurden in jedem Jahr Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt (1.000 m³ - 3.870 m³/Monat), die allerdings deutlich weniger intensiv als im Fahrrinnenbereich waren.

In den UVU-MATERIALBÄNDEN I Ib & VII (1997) ist eine negative Entwicklung aufgrund des (unverändert hohen) Unterhaltungsaufwands prognostiziert worden. Dazu entsprechende Zitate in der Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte III und IV aus der UVU:

„Unterhalb Strom-km (N) 646 bis leicht über das Ende des Untersuchungsabschnittes (Strom-km (N) 651) wird die ausbaubedingte Unterhaltungsbaggerung zunehmen. Wie im vorherigen Abschnitt wird die Fahrrinne verbreitert und durch die Flächenzunahme der Aufwand erhöht. Für die ersten Jahre nach dem Ausbau ist mit einem beidseitigen Gradientenrieb in die Fahrrinne zu rechnen.“¹

„Grundsätzlich ist mit der Sohlenaufweitung auch eine Erhöhung der mittleren Unterhaltungsbaggermengen verknüpft. Verstärkt wird dieser Trend zu einem höheren Unterhaltungsaufwand noch durch den seitlichen Eintrieb von Flankenmaterial, der zeitlich begrenzt ist (für die Dauer des morphologischen Nachlaufs). ... Darüber hinaus bewertet der Gutachter (Materialband I Ib) die Fahrriennaufweitungen in gewissen Kernbereichen als besonders kritisch, da hierdurch zunächst ein erhöhter Materialeintrieb (morphologischer Nachlauf, „Seitendenudation“) erfolgen wird.“²

Ob diese Prognose grundsätzlich so eintrifft bzw. so eingetroffen ist, lässt sich anhand der Entwicklung der Unterhaltungsmengen nach 2000 nicht eindeutig zeigen, insbesondere die in 2002 und 2003 im Untersuchungsgebiet entnommenen Mengen belegen eine solche Annahme nicht offensichtlich. Abb. 1 zeigt einen Überblick über die im Teilgebiet ‚Neubaustrecke‘ insgesamt gebaggerten Mengen für die letzten 23 Jahre. Ziel ist die Darstellung der Baggermengen im langjährigen Vergleich, zur Einordnung der in 1998 hohen Unterhaltungsmengen (inkl. des Anteil aus den vorgezogenen Teilmaßnahmen, s.o.). Die Daten veranschaulichen eine ausgeprägte interannuelle Variabilität der Baggermengen. So wird deutlich, dass 1998 trotz der sehr hohen Mengen, die sogar über denjenigen lagen, die 1999 im Rahmen der eigentlichen Vertiefungsmaßnahme entnommen wurden, diesbezüglich aber insgesamt aber kein besonders hervorzuhebendes Ausnahmejahr darstellt. Anfang der 90iger Jahre fielen z.T. ähnlich hohe Mengen im Rahmen der Fahrriennaunterhaltung an. Die Ergebnisse deuten auf einen gewissen Zusammenhang mit der Abflusssituation. Mit einzelnen Ausnahmen sind im Jahren mit geringem Oberwasserabfluss die Baggermengen höher als in Jahren hohen Oberwasserabflusses und es scheint, dass nach einer sehr hohen Unterhaltungsintensität die nachfolgenden Jahren durch eher geringe Baggermengen geprägt werden. So sanken nach des in 1982/83 hohen Baggergutfalls (bis zu 4 Mio. m³/a) die Baggermengen in den nachfolgenden Jahren deutlich und lagen von 1984 -1987 nur noch um etwa 0,5 Mio. m³/a. Ähnliches ist auch Anfang der 90er und Anfang 2000 zu erkennen.

¹ UVU-MATERIALBAND VII (1997): Seite 454 - 455

² UVU-MATERIALBAND VII (1997): Seite 456 - 457

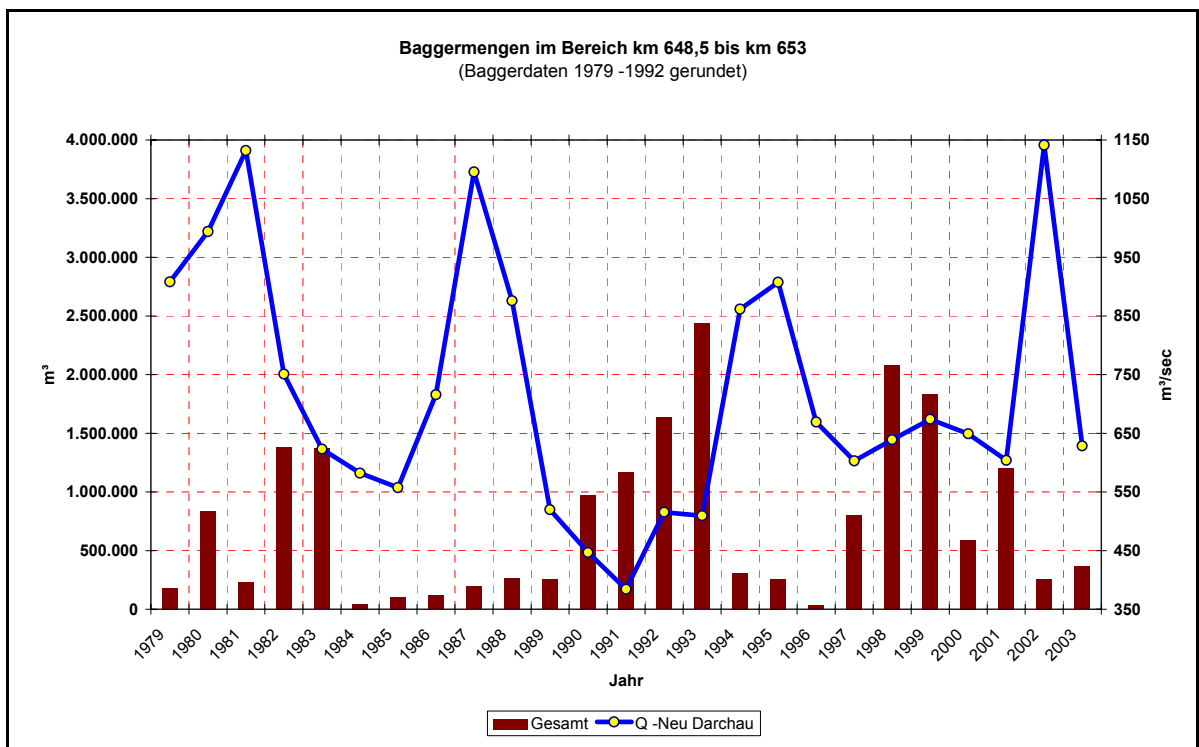


Abb. 1: Übersicht über die Gesamt-Baggermengen und Mittelwasserabfluss (Q) im Zeitraum 1980 – 2003 in der Unterelbe. Quelle: WSA Hamburg.

4. Material und Methoden

Die Probenahme in der Unterelbe wurde vom 26.4. - 28.4.04 durchgeführt. Die Wassertemperatur betrug um etwa 14 °C. Die Terminfestlegung erfolgte auch in Abhängigkeit zur Wassertemperatur, da vorgesehen war, die Probenahme unter ähnlichen Frühjahrsbedingungen durchzuführen, wie bei der Status quo-ante Aufnahme Ende April 1999. Zum damaligen Zeitpunkt lagen die Wassertemperaturen zwischen 12,5 und 13,1°C. Bezüglich dieser Umweltvariablen ist von einer Vergleichbarkeit der Frühjahrsentwicklung des Makrozoobenthos auszugehen. Allgemeine Angaben zum Datum der Probenahme, der Position der Stationen (geographische Position), zur Entnahmetiefe des Greifers und dem Sedimentcharakter können dem Anhang entnommen werden.

4.1 Untersuchungsbereiche in der Fahrrinne

In diesem Untersuchungsabschnitt wurden insgesamt 20 Stationen in der Fahrrinne beprobt. Die Untersuchungsstationen im Bereich der Ausbaustrecke sind z.T. als Einzelstationen in der Fahrinnenmitte (BL18, 22, 28, 30), z.T. als Quertransekte in der Fahrrinne positioniert (BL 20-21, BL25-27, BL31-33). Die Referenzstationen in der Fahrrinne sind in ähnlicher Weise angeordnet. So repräsentieren RL40-42 und RL 45-47 Quertransekte, während RL48 als Einzelstation in der Fahrinnenmitte positioniert wurde (s. Abb. 2).

Die Lage der Probenahmestationen ist der Abb. 2 zu entnehmen. Sie entsprechen denjenigen der Vorjahre.

Ausbaustrecke km 649-653

In diesem Bereich wurden insgesamt 13 Stationen in der Fahrrinne beprobt, die zum einen eine Längsschnitt- (von km 649 - km 653) und zum anderen eine Querschnittbetrachtung ermöglichen.

Referenz km 647-648

Zwischen km 647 und 648 wurden 7 Stationen beprobt, die als Referenzstandorte für die 13 Fahrinnen-Stationen zwischen km 649-653 fungieren sollen. 6 der insgesamt 7 Referenzstationen sind als Querschnitte angeordnet (s. Abb. 2).

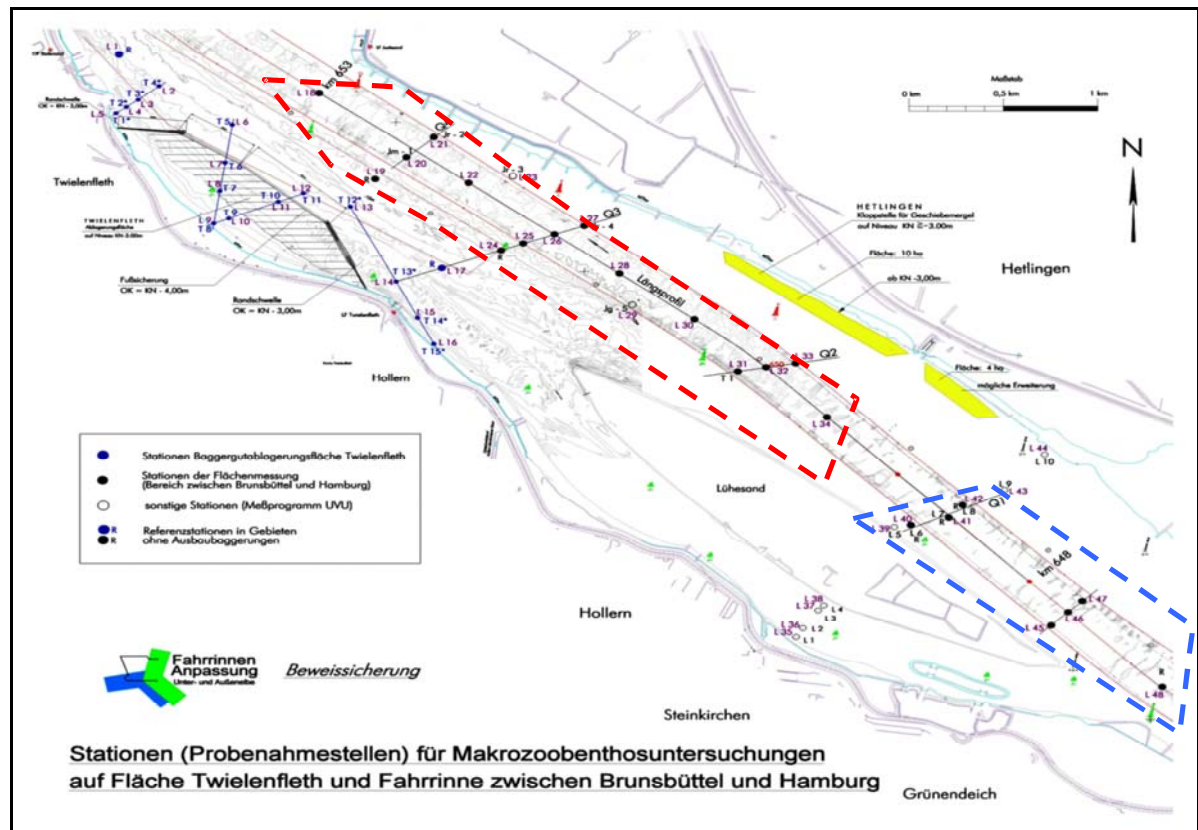


Abb. 2: Lage der Untersuchungsstationen im Bereich der Fahrrinne zwischen km 647 bis km 653. Vertiefungsbereich-Ausbaustrasse: Rot umrandet; Referenz: blau umrandet.

4.2 Erfassungsmethodik

Um eine optimale Erfassung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft v.a. die der Oligochaeta zu gewährleisten, sind unterschiedliche Methoden angewandt worden. So erfolgte eine getrennte Erfassung von größeren (van-Veen-Greifer, 1000 µm-Fraktion) und kleineren Organismen (Stechrohrunterproben, 250 µm-Fraktion). Die Bearbeitung der 250 µm-Fraktion fokussierte dabei auf die Oligochaeten-Fauna, während bei der Auswertung der 1000 µm-Fraktion die übrigen Makrozoobenthosgruppen berücksichtigt wurden. Die aus den unterschiedlichen Beprobungsmethoden resultierenden Daten sind jeweils als eigenständiger Datensatz ausgewertet worden, da v.a. unter quantitativen Gesichtspunkten ein Zusammenführen der 1000 µm- und der 250 µm-Fraktion nicht sinnvoll ist.

Van-Veen-Greifer (1000 µm-Fraktion)

An jeder der o.g. Stationen wurden 6 van-Veen-Greifer (Fläche = 0,1 m²) entnommen. Der Befüllungsgrad der verwerteten Greifer betrug mindestens 50%. Greifer mit geringerer Füllung wurden verworfen. Der Greiferinhalt wurde in eine Wanne überführt und anschließend vor Ort unter vorsichtiger Spülung mit Elbewasser über 1000 µm Maschenweite gesiebt. Der Rückstand wurde in 70%igem Alkohol zur taxonomischen Bestimmung fixiert.

Stechrohrprobe (250 µm-Fraktion)

Jedem van-Veen-Greifer wurde mittels Stechrohr (Ø 4,5cm) eine Unterprobe entnommen und vor Ort in Formol (4%) fixiert. Das Material der Stechrohr-Unterproben wurde im Labor mittels eines Elutriationsverfahrens gespült, wobei der Überstand über 250 µm Maschenweite aufkonzentriert wurde. Auf die konventionelle Siebung des Probenmaterials wurde verzichtet, da durch die mechanische Beanspruchung erfahrungsgemäß viele Oligochaeten beschädigt werden.

Aufarbeitung des Probenmaterials

Die Organismen (sowohl der 1000 µm- als auch der 250 µm-Fraktion) wurden im Labor aus den jeweiligen Siebrückständen aussortiert und anschließend taxonomisch bearbeitet. Von jeder identifizierten Art sind einige Exemplare in eine Belegsammlung überführt worden.

Soweit möglich, wurden die einzelnen Individuen der erfassten Taxa in „juvenil“ und „adult“ unterschieden. Folgende Kriterien lagen der Klassifizierung zugrunde: Muscheln galten bei Schalenlängen <5mm als juvenil, Polychaeten (hier *Marenzelleria*) wurden als juvenil bezeichnet, wenn das 7. Segment <2mm breit war. Gammariden wurden bei Größen von <4mm als juvenil eingestuft. Die Klassifizierung der Oligochaeta ist dem entsprechenden Kapitel zu entnehmen. Für die Gattung *Bathyporeia* wurde auf eine Unterteilung in „juvenil“ und „adult“ verzichtet, da die Bestimmung der Arten dieser Gruppe erst ab einer bestimmten Größe möglich ist. Zur Frage der Differenzierung des Altersstadiums bei den Organismen der 250 µm-Fraktion siehe Kap. 4.4.1.

Rahmenparameter

Als abiotische Parameter wurden erhoben: Datum, Uhrzeit, Koordinaten (Gauß-Krüger), Tidephase, Wassertiefe, Temperatur (an einigen Stationen), 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 beigelegt.

4.3 Auswertungsmethodik

Die auf der Grundlage der Ergebnisse der Faunenfraktionen ‚1000 µm‘ und ‚250 µm‘ generierten Datensätze wurden getrennt von einander mit z.T. unterschiedlichen methodischen Ansätzen ausgewertet. So war z.B. die Betrachtung der Alterstruktur bei der 1000 µm-Fraktion nur eingeschränkt sinnvoll, während dieser Aspekt bei den kleineren Organismen als Bewertungsparameter herangezogen wurde.

Die Auswertung umfasst eine Darstellung der verschiedenen untersuchten Elbe-Bereiche im Hinblick auf abiotische Rahmenbedingungen, Artenspektrum, Artenzahl, Zusammensetzung der Fauna auf Phyla-Niveau, Individuendichte und Dominanzstruktur. Der räumliche (Eingriffs-, Referenzbereich) sowie der zeitliche (vorliegende Daten mit Status quo ante 1999) Vergleich der Makrozoobenthosbesiedlungen basiert auf den Kennwerten Artenzahl, Dominanzstruktur und Abundanzen. Die Abundanzvergleiche erfolgen sowohl summarisch auf Basis der Gesamtabundanz als auch auf Phyla-Ebene.

Die Prüfung möglicher quantitativer Besiedlungsunterschiede (Artenzahlen, Abundanzen) sowohl auf räumlicher als auch auf zeitlicher Ebene erfolgte nur ergänzend – wenn sinnvoll – mittels Varianzanalysen oder durch paarweise Vergleiche (Signifikanztests).

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Sedimente und Wassertiefe

5.1.1 Sedimente und Wassertiefen 2004

Die Stationen, die den Bereich der Ausbaustrecke repräsentieren, wiesen in 2004 z.T. ähnliche Sedimentstrukturen, z.T. aber auch diesbezügliche Unterschiede auf. So wurde etwa die Hälfte der Stationen von Feinsanden und Schlick, die andere Hälfte von Mittelsand und Schlick geprägt. Schlick war mit wenigen Ausnahmen an allen Stationen mehr oder weniger ähnlich prägend.

Der Referenzbereich unterschied sich in der Sedimentzusammensetzung deutlich von der Ausbaustrecke. Auch hier war die interne Variabilität zwischen den Stationen eher gering. Alle Stationen wurden im Gegensatz zu denen der Ausbaustrecke durch gröbere Sedimente, insbesondere durch Grob- und Mittelsande, geprägt. Feinsande wurden in 2004 fast nicht festgestellt. Schlick war mit einem Anteil von durchschnittlich ca. 5% vertreten.

Die Wassertiefen lagen sowohl im Bereich der Ausbaustrecke als auch im Referenzbereich zwischen 14m [-SKN] und 16m [-SKN]. Die Referenz war mit durchschnittlich 15,2m [-SKN] etwas tiefer als die Ausbaustrecke (14,7m -SKN).

5.1.2 Sedimente und Wassertiefen 1999- 2004

Sediment

Abb. 3 und Abb. 4 zeigen die Sedimentzusammensetzung der Untersuchungsstationen im interannuellen Vergleich. Im Bereich der Ausbaustrecke blieben in 2001 die in der Ausgangssituation 1999 prägenden Sedimenttypen zum größten Teil gleich, allerdings verschob sich das Schlick-Feinsandverhältnis von 1999 auf 2001. Während 1999 schlickige Sedimentanteile gegenüber den Feinsanden überwogen, war dies, örtlich unterschiedlich ausgeprägt, in 2001 umgekehrt. In 2002 nahm der Schlickanteil wieder zu, so dass die Sedimente der BL-Stationen tendenziell wieder eher durch Schlick dominiert wurden. In 2003 und auch 2004 reduzierte sich der Schlickanteil etwas zugunsten des Sandanteils. Eine Änderung gegenüber den Vorjahren trat auch insofern ein, als dass ab 2003 einige Stationen höhere Mittelsandanteile aufwiesen (Abb. 3). Bis 2002 lag der Mittelsand überwiegend <5%; in 2003 sowie in 2004 erreichten Mittelsande durchschnittlich einen Anteil von etwa 27%, örtlich waren Mittelsande wie v.a. im Fahrrinnenbereich BL31 – BL33 auch dominierend >40%). Die Gründe für die ininterannuellen Veränderungen, insbesondere im Hinblick auf die Zunahme des Mittelsandanteils, sind nicht offensichtlich.

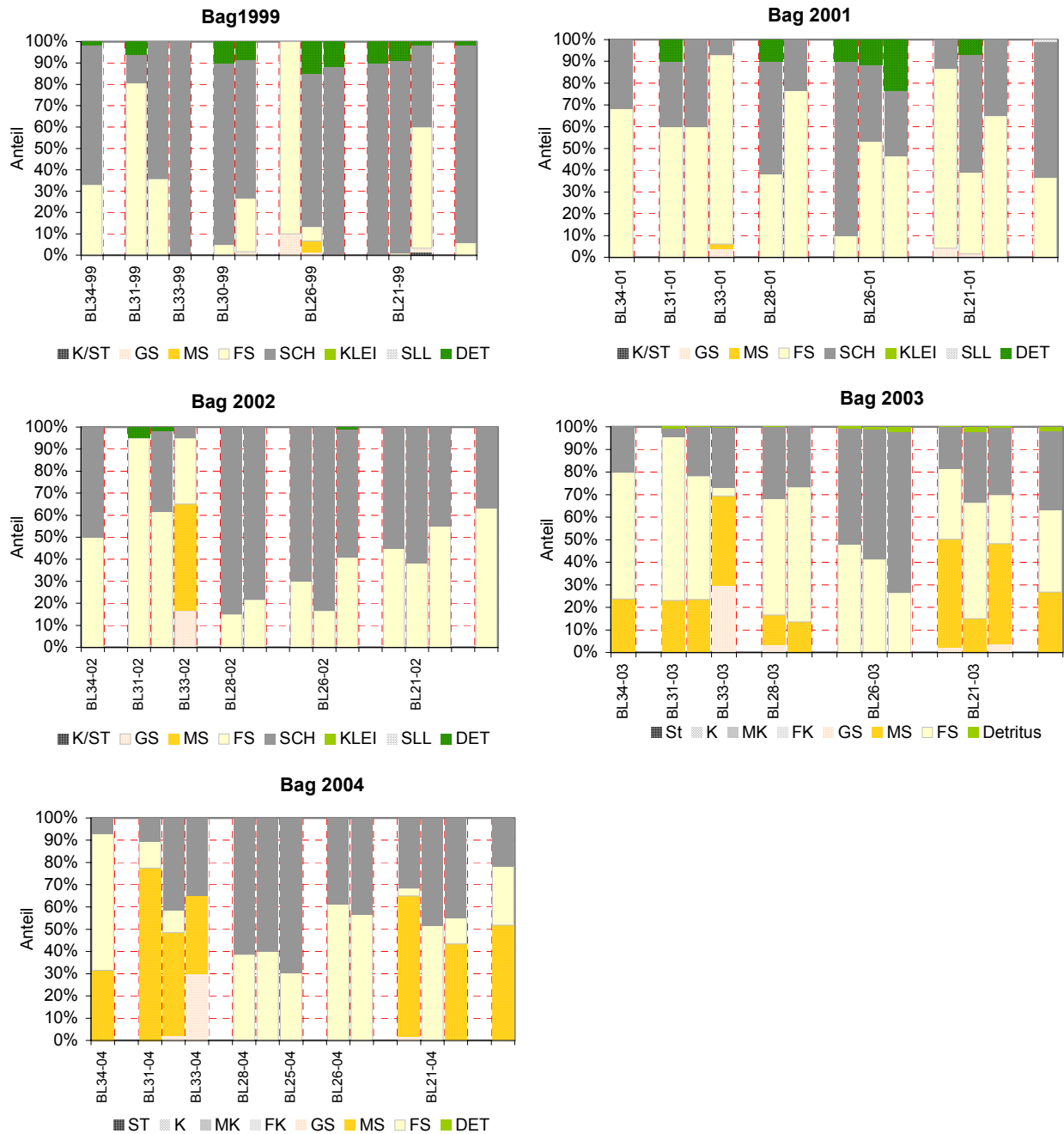


Abb. 3: Sedimentzusammensetzung im Bereich der Ausbaustrecke 1999-2004 im Untersuchungsgebiet Fahrinne Unterelbe. K/St = Kies-Steine, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus.

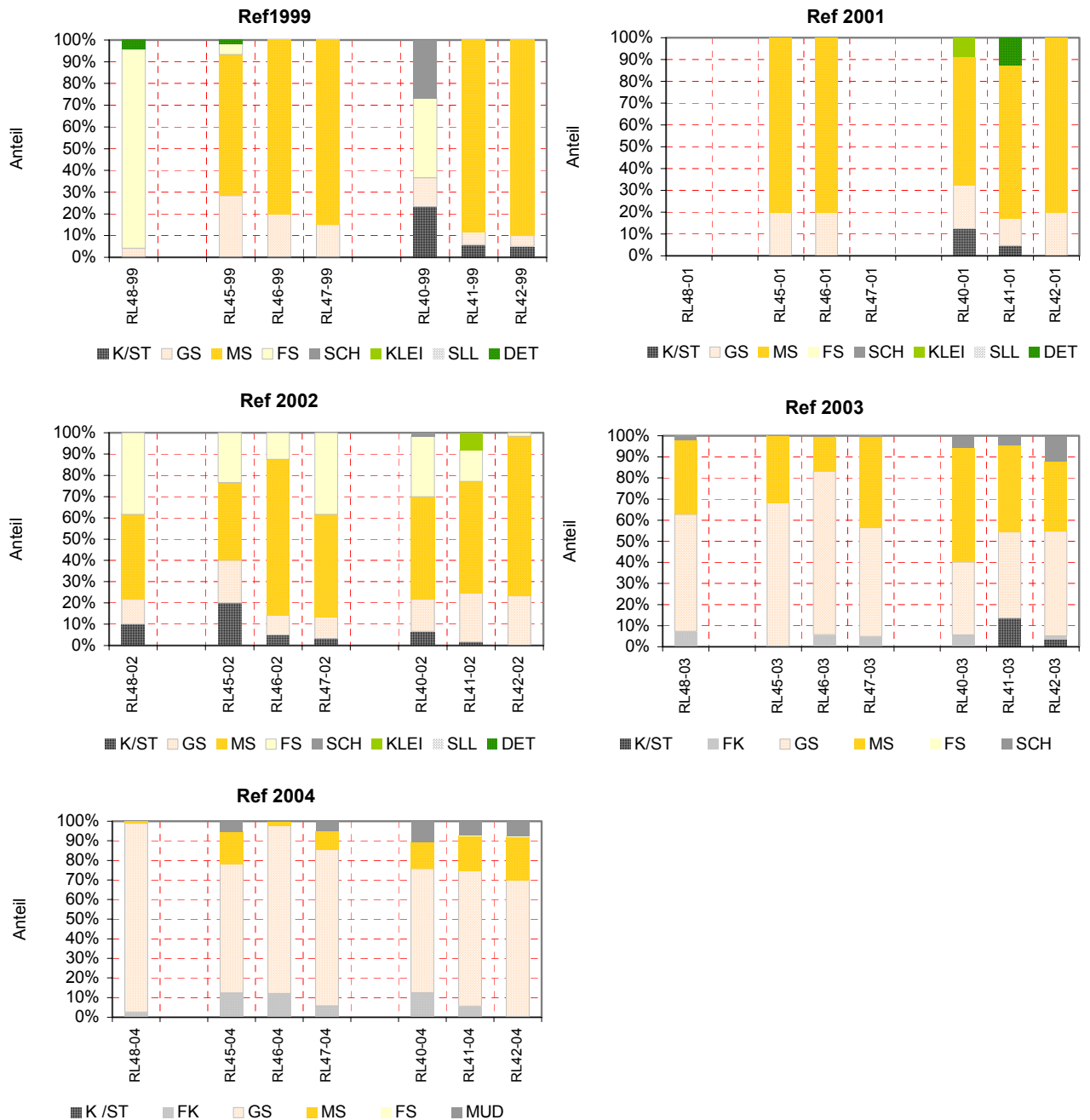


Abb. 4: Sedimentzusammensetzung im Referenzbereich 1999-2004 im Untersuchungsgebiet Fahrrinne Unterelbe. K/ST = Kies-Steine, Fk = Feinkies/Mittelkies, GS = Grobsand, MS = Mittelsand, FS = Feinsand, SCH = Schlick, SLL = Schill, Det = Detritus.

Abb. 4 verdeutlicht, dass im Referenzbereich bis 2002 keine wesentlichen Veränderungen gegenüber 1999 eingetreten sind. Allerdings waren die in 1999 an einzelnen Stationen dokumentierten Feinsandanteile ab 2001 nicht mehr vorhanden bzw. zurückgegangen. In 2002 erfolgten weitere geringe Änderungen. So nahm der Feinsandanteil gegenüber 2001 an der überwiegenden Zahl der Stationen wieder zu. Dennoch blieben alle Stationen, mit einer Ausnahme (RL48 1999-Feinsand), nach wie vor von Mittelsanden geprägt. Ab 2003 erhöhte sich der Grobsandanteil an fast allen Stationen überwiegend deutlich, so dass Grobsand der dominierende Sedimenttyp im Bereich der Referenz war. Dies gilt mit einem durchschnittlichen Grobsandanteil von 76% v.a. für das Untersu-

chungsjahr 2004. Feinsande wurden gar nicht mehr festgestellt. Fraglich bleibt in diesem Zusammenhang, ob die interannuellen Unterschiede z.B. durch eine Veränderung hydrografischer Rahmenbedingungen (u.a. Oberwasserabfluss) eingetreten ist, oder ob sich der Referenzbereich auch durch eine kleinräumig hohe Heterogenität der Sedimente auszeichnet.

Wassertiefe

Abb. 5 zeigt die Veränderungen der Wassertiefen im Zeitraum 1999 - 2004 am Beispiel von jeweils zwei Quertransekten im Bereich der Referenz (Abb. 5 A+B, oben) und im Bereich der Ausbaustrecke (Abb. 5 C+D, unten).

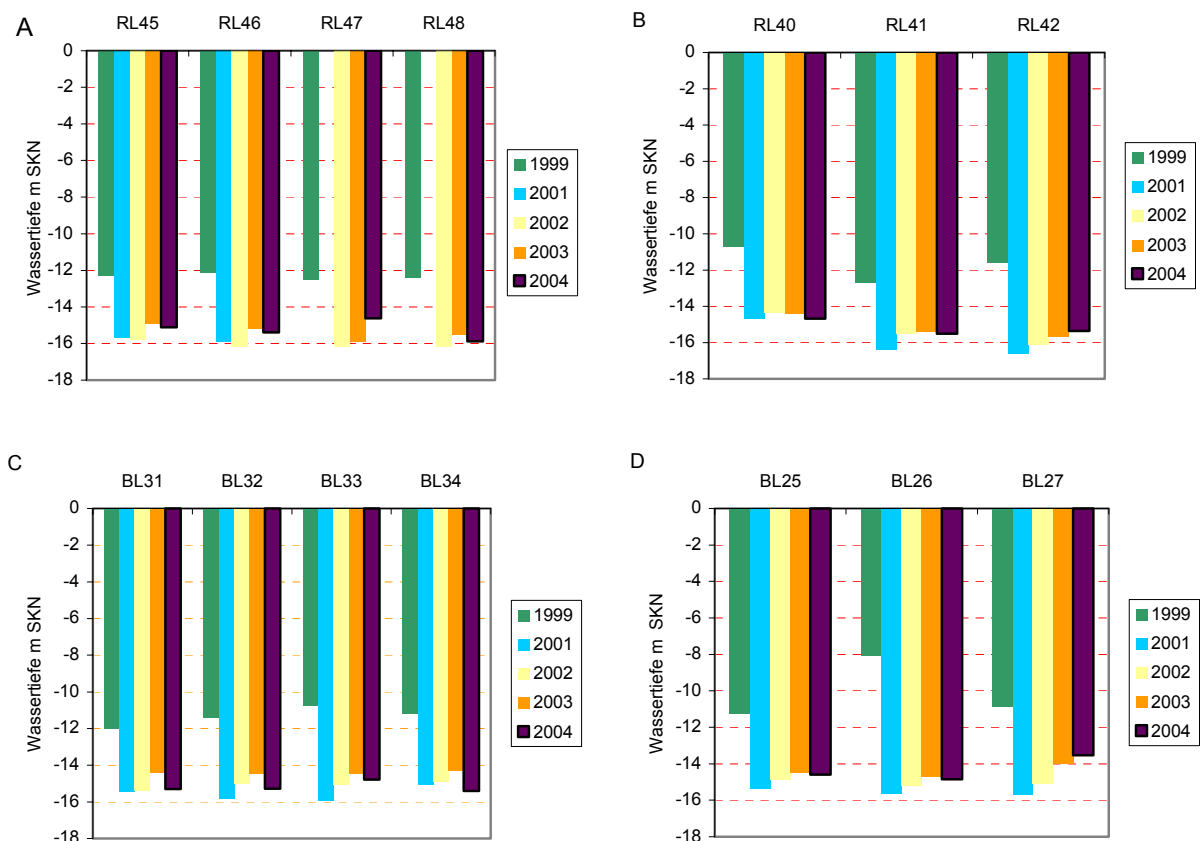


Abb. 5: Interannueller Vergleich (1999-2004) der Wassertiefe [m -SKN] am Beispiel ausgewählter Quertransekte in der Fahrrinne-Unterelbe, differenziert nach Teilbereichen: Bilder A/B: RL = Referenzstationen, Bilder C/D: BL = Stationen Ausbaustrecke. Für RL47 liegt in 2001 keine Messung vor.

Die Ergebnisse aus 2001 veranschaulichen, dass erwartungsgemäß nicht nur die Ausbaustrecke tiefer wurde, sondern auch der Referenzbereich. Die Vertiefung der Ausbaustrecke war mit überwiegend >2m dabei nur wenig stärker als die der Referenz (um 2m). Räumliche Unterschiede innerhalb der Quertransekte werden nicht deutlich. Dies gilt sowohl für die Ausbaustrecke als auch für die Referenz. Unklar bleibt die in 2001 festgestellte deutliche Vertiefung im Referenzbereich gegenüber 1999. Die dortige Erhöhung der Wassertiefe ist dabei kaum auf die hier ebenfalls erfolgten

Unterhaltungsbaggerungen zurückzuführen, da die Mengen sehr deutlich unter denjenigen lagen, die im Vertiefungsbereich entnommen wurden (s. Kap. 2). Nach der in 1999 verzeichneten Veränderung änderte sich bei geringen jährlichen Unterschieden in den Folgejahren 2001 - 2004 in beiden untersuchten Teilgebieten (Ausbaustrecke, Referenz) nichts wesentliches. Die Wassertiefen variierten je nach Jahr und Station um 14,5 – 15,5 m (Abb. 5 A-D).

5.2 Makrozoobenthos 1000 µm-Fraktion (Greifer)

5.2.1 Räumlicher Vergleich 2004

Artenzahl und Dominanzstruktur

In den Greiferproben, die im Fahrrinnenabschnitt bei km 649-653 entnommen wurden, konnten 2004 insgesamt 13 Taxa der 1000 µm-Fraktion identifiziert werden.

Zu diesen gehörten der Brackwasserpolytyp *Cordylophora caspia*, die Muschel *Dreissena polymorpha*, der Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis*, die Crustacea *Bathyporeia elegans*, *B. pilosa* und *Gammarus zaddachi*, die Schwebegarnele *Neomysis integer*, die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis*, unbestimmte juvenile Tiere der Taxagruppen *Gammarus* und *Bathyporeia* sowie die zu den Bryozoa gehörende *Electra crustulenta* sowie das marine Taxon (Ophiuroidea-Schlangensterne). Von den genannten Taxa wurden im Referenzbereich und im Bereich der Ausbaustrecke jeweils 10 Taxa erfasst (Tab. 2).

Das insgesamt begrenzte Artenspektrum führt zu einer entsprechend niedrigen durchschnittlichen Taxazahl an den jeweiligen Stationen. Die Ausbaustrecke wies dabei mit 1,8 – 3,8 Taxa/Greifer im Vergleich mit den Werten der Referenzstationen (1,5 – 4,2 Taxa/Greifer) nur geringe Unterschiede auf.

Die benthische Gemeinschaft wurde im Bereich der Ausbaustrecke v.a. von den *Bathyporeia*-Arten *B. pilosa* und *B. elegans* dominiert. Die *Bathyporeia*-Arten (inkl. Juveniler) hatten zusammen einen Anteil von etwa 75% an der Gesamtbesiedlung. Der Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis* war mit 13,7 % die dritthäufigste Art. Andere Taxa spielten mit einem relativen Individuenanteil von jeweils <1% aus quantitativer Sicht keine Rolle.

Die Benthosgemeinschaft im Bereich der Referenz war anders strukturiert: hier der Polychaet *Marenzelleria* (63%) die bei weitem häufigste Benthosart. Die o.g. *Bathyporeia*-Arten erreichten Anteile von 27% (*B. pilosa*) bzw. 7,8% (*B. elegans*) und waren damit an den Referenzstationen weniger prägend als im Baggerbereich. Die Unterschiede sind vermutlich auch auf die unterschiedlichen Sedimentstrukturen zurückzuführen (s. Kap. 5.1.1). Insbesondere die *Bathyporeia*-Arten bevorzugten eher feinere Sande.

Tab. 2: Artenspektrum der 1000 µm-Fraktion-Greifer April 2004 - Fahrrinne Unterelbe km 647-653; * Art bei Abundanzvergleichen nicht berücksichtigt. RL = Referenzbereich (N_{Stationen}=7); BL = Ausbaustrecke (N_{Stationen}=13).

Taxa	RL-04	BL-04
Cnidaria		
Cordylophora caspia*	x	x
Hydrozoa indet.*	x	x
Bivalvia		
Corbicula fluminalis	x	
Dreissena polymorpha	x	
Annelida-Polychaeta		
Hediste diversicolor		x
Marenzelleria cf. viridis	x	x
Amphipoda		
Bathyporeia elegans	x	x
Bathyporeia pilosa	x	x
Gammarus zaddachi	x	x
Mysidacea		
Neomysis integer*	x	x
Decapoda		
Eriocheir sinensis*	x	
Bryozoa		
Electra crustulenta*		x
Ophiuroidea		
Ophiuroidea indet.		x
Anzahl Taxa	10	10

Abundanzen

Die Makrozoobenthosdichte war in 2004 in beiden Teilgebieten sehr ähnlich. Die Stationen der Ausbaustrecke wurden von durchschnittlich 177 Ind./m² besiedelt. Die gebietsinterne räumliche Variabilität war sehr groß. An einzelnen Stationen Höchstwerte von 550 Ind./m² (BL 28) verzeichnet. Andere Stationen waren dagegen mit < 50 Ind./m² (BL 20, BL 21) erheblich weniger zahlreich besiedelt (Oligochaeta nicht berücksichtigt).

An den Referenzstationen wurde in 2003 mit durchschnittlich 153 Ind./m² eine etwas geringere Individuendichte als im Bereich der Ausbaustrecke dokumentiert. Die gebietsinterne Variabilität war hier nicht ganz so ausgeprägt. Mit 365 Ind./m² war die Station RL40 am umfangreichsten besiedelt. Die in der Fahrrinnenmitte befindliche Station RL46 wies im Hinblick auf die 1000 µm-Fraktion mit 38 Ind./m² das Besiedlungsminimum dieses Teilgebietes auf.

Zusammenfassung 1000 µm-Fraktion (2004)

In 2004 war bis zum Zeitpunkt der Probenahme der Umfang der Unterhaltungsbaggerungen sehr unterschiedlich. So wurden im Bereich der Ausbaustrecke bis zum Zeitpunkt der Probenahme durchschnittlich 4.092 m³/Monat je Halbkilometer und im Referenzbereich 562 m³/Monat je Halbkilometer

lometer gebaggert. Im Vergleich zu den Vorjahren war die Menge v.a. im Bereich der Ausbaustrecke in 2004 in der Ausbaustrecke wieder etws höher und entsprach in etwa der Menge die 1999 in diesem Zeitraum entnommen wurde (vgl.Tab. 1).

Der qualitative Vergleich der Benthosbesiedlung zwischen beiden Teilgebieten zeigt nur geringe Unterschiede, da mit wenigen Ausnahmen nur sporadisch erfasster Taxa das Artenspektrum eine hohe Übereinstimmung zeigte. Unterschiede wurden aber v.a. im Hinblick auf die Dominanzstruktur der Benthosgemeinschaften verzeichnet. So war die Benthosgemeinschaft der Ausbaustrecke bei in etwa vergleichbarer Besiedlungsdichte von anderen Arten dominiert als die Referenz. Dieses wird zu einem großen Teil von der Taxagruppe der *Bathyporeia* hervorgerufen und ist wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Sedimentstrukturen zurückzuführen. Insbesondere *B. pilosa* besiedelt bevorzugt Feinsand (SCHELLENBERG 1942, HAWARD & RYLAND 1995), der auf der Ausbaustrecke der vorherrschende Sedimenttyp war. Im Referenzbereich waren dagegen Mittel- und Grobsande dominierend. Diese Sedimente sind offensichtlich von den *Bathyporeia*-Arten weniger dicht besiedelt. Die Abundanz des Polychaeten *Marenzelleria* cf. *viridis* war dagegen an den Referenzstationen deutlich höher als an den BL-Stationen. Die unterschiedlichen Sedimentverhältnisse beschränken die Aussagekraft des räumlichen Vergleichs zwischen Ausbaustrecke und Referenz.

5.2.2 Interannueller Vergleich

Im Hinblick auf den interannuellen Vergleich sei vorangestellt, dass der Status quo 1999 jene Situation repräsentiert, wie sie sich nach intensiven Unterhaltungsbaggerungen einstellt. So sind von Januar bis Dezember 1998 erhebliche Mengen Baggergut aus dem Streckenabschnitt km 648,5 - 653 entnommen worden (vgl. Kap. 3). Die Unterhaltungsbaggerei erfolgte auch, jedoch weniger intensiv, von Januar bis April 1999, also bis kurz vor die erste Makrozoobenthos-Probenahme. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen (überdurchschnittliche Unterhaltungsbaggerei in 1998) handelte es sich bei der Status-quo-ante Erhebung nicht um einen Referenzstand im eigentlichen Sinne.

Artenzahl und Dominanzstruktur

Im Rahmen der Untersuchung konnten insgesamt 16 Makrozoobenthos-Taxa nachgewiesen werden. Nur etwa ein Drittel von diesen waren in jedem Untersuchungsjahr präsent und charakterisierten dadurch die Gemeinschaften der Teilgebiete im besonderen Maße. Zu diesen gehörten der Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis* sowie die Amphipoden-Arten *Bathyporeia* und *Gammarus zaddachi*. Sowie die Schwebegarnele *Neomysis integer*. Für 4 Taxa liegt jeweils nur 1 Nachweis vor (Tab. 3).

Im interannuellen Vergleich verringerten sich die Taxazahlen in 2001 und 2002 gegenüber dem Ausgangszustand 1999 sowohl im Bereich der Referenz als auch in der Ausbaustrecke leicht. Die bislang höchsten Taxazahlen wurden gleichsinnig in beiden Gebieten in 2004 verzeichnet (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Artenspektrum der 1000 µm-Fraktion-Greifer April 1999, Mai 2001, April 2002, April 2003, April 2004 - Fahrerinne Unterelbe km 647-653; j+ad: juvenile und adulte Individuen vertreten, * Art bei Abundanzvergleichen nicht berücksichtigt. RL = Referenzbereich (N_{Stationen}=7); BL= Ausbaustrecke (N_{Stationen}=13). Bei Taxa ohne Zusatz j+ad handelte es sich ausschließlich um adulte Exemplare.

Taxa [1000 µm-Fraktion]	RL-99	RL-01	RL-02	RL-03	RL-04	BL-99	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04
Cnidaria										
Cordylophora caspia*	x			x	x	x			x	x
Hydrozoa indet.*					x					x
Bivalvia										
Corbicula cf. fluminalis			x		x					
Dreissena polymorpha				x	x	x			x	
Annelida-Polychaeta										
Hediste diversicolor						x				x
Marenzelleria cf. viridis j+ad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Neanthes succinea								x		
Crustacea-Amphipoda										
Bathyporeia elegans	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bathyporeia pilosa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gammarus zaddachi j+ad	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Gammarus sp. juv			x	x					x	
Crustacea-Mysidacea										
Neomysis integer*				x	x	x	x	x	x	x
Crustacea-Decapoda										
Eriocheir sinensis*				x	x		x		x	
Diptera										
Chironomidae indet.	x			x		x	x		x	
Bryozoa										
Electra crustulenta*										x
Ophiuroidea										
Ophiuroidea indet.										x
Anzahl Taxa (oh.	6	4	5	9	10	9	6	6	9	10

Abb. 6 verdeutlicht mittels Box & Whisker-Plots die mittlere Artenzahl/Station im interannuellen Vergleich. Für den Vergleich sind die Daten nach Teilbereichen differenziert. Auf eine Unterscheidung nach Fahrinnenseite wurde hier aufgrund der insgesamt sehr niedrigen Taxazahlen/Greifer verzichtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die mittlere Taxazahl/Greifer in 2001 auf der Ausbaustrecke (BL) gegenüber 1999 etwas geringer war. So sank von 1999 – 2002 die mittlere Taxazahl der BL-Stationen von 1,5 Taxa in 1999 auf 1,1 Taxa in 2001 auf durchschnittlich 0,7 Taxa/Greifer in 2002. Nach 2002 erhöhte sich die Taxazahl wieder und erreichte in 2003 wieder den Ausgangswert von 1999; in 2004 konnte eine vergleichsweise deutliche Erhöhung festgestellt werden. Mit ca. 2,8 Taxa/Greifer wurde bezogen auf den Untersuchungszeitraum die höchste Artenzahl in diesem Teilgebiet erreicht (Abb. 6, links).

Im Referenzgebiet wurde eine nahezu deckungsgleiche Entwicklung dieses Kennwertes im Zeitraum 1999 – 2004 dokumentiert. Auch an den Referenzstationen konnte eine deutliche Abnahme der mittleren Taxazahlen im Vergleich der Untersuchungsjahre 1999 (1,3 Taxa/Greifer) bis 2002 (0,5 Taxa/Greifer) sowie eine Steigerung in 2003 auf das Ausgangsniveau von 1999 und ein bisheriges Maximum (2,9 Taxa/Greifer) in 2004 ermittelt werden (Abb. 6, rechts).

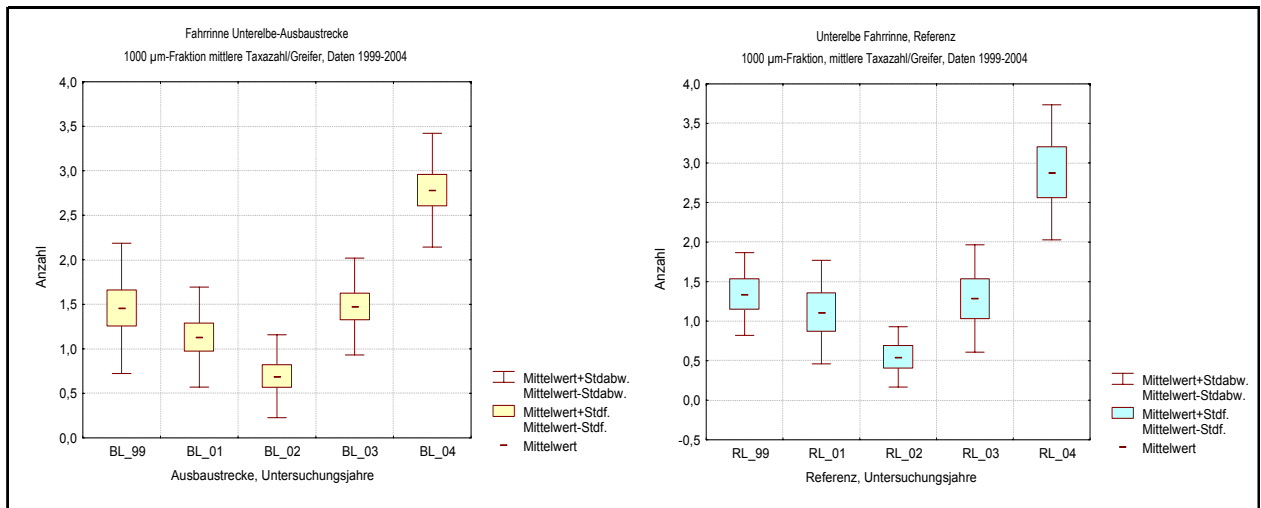


Abb. 6: Entwicklung der mittleren Taxazahl/Greifer in der Fahrinne-Unterelbe im interannuellen Vergleich, differenziert nach Teilgebieten: Bild links: BL= Stationen Bereich Ausbaustrecke ($N_{\text{Stationen/Greifer}}=13/78$ Greifer); Bild rechts: RL = Referenzstationen ($N_{\text{Stationen/Greifer}}=7/42$ Greifer). 1999 = Ausgangszustand.

Tab. 4: Veränderung der mittleren Taxazahlen/Greifer, dargestellt als Ab- bzw. Zunahme des jeweiligen Jahresvergleiches (99/01, 99/02,...,01/02, etc.). * = Unterschiede schwach signifikant $p < 0,1$, ** Unterschiede signifikant $p < 0,05$ (t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen).

FG = 6	RL-01	RL-02	RL-03	RL-04	FG = 12	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04
RL-99	-0,20	-0,8**	-0,05	1,5**	BL-99	-0,30	-0,7**	0,02	1,32**
RL-01		-0,56	0,20	1,76**	BL-01		-0,4*	0,34**	1,6**
RL-02			0,7*	2,3**	BL-02			0,78**	2,01**
RL-03				1,6**	BL-03				1,3**

Tab. 4 zeigt, dass sich der Kennwert Taxazahl interannuell von Jahr zu Jahr überwiegend (rechnerisch) signifikant verändert hat. Dies gilt mit Einschränkung aber für beide Teilgebiete, so dass die Veränderung nicht zwangsläufig in Zusammenhang mit den Baggerungen in Verbindung stehen. Diese deutlichen bzw. signifikanten Unterschiede sind im wesentlichen auf 2 Gründe zurückzuführen. Zum einen die in 2001/2002 im gesamten Untersuchungsgebiet festgestellten Minima, mit durchschnittlichen Taxazahlen um 1 oder sogar < 1 Taxa/Greifer und zum anderen die im Vergleich deutliche Zunahme der Artenzahlen in 2004.

Abb. 7 zeigt die Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft der Ausbaustrecke und der Referenz. Der interannuelle Vergleich der Dominanzstrukturen der Untersuchungsgebiete verdeutlicht folgende Ergebnisse:

Im Wesentlichen blieb die Struktur der Benthosgemeinschaft durch die Dominanz der Crustacea-Arten im Bereich der Ausbaustrecke im interannuellen Vergleich von 1999-2004 nahezu gleich. Eine Änderung auf der Artebene trat im Hinblick auf den Amphipoden *Gammarus zaddachi*, dieser war im Untersuchungszeitraum sehr unterschiedlich präsent. Der Dominanzgrad der Art schwankte zwischen 0 % (2001) und 18 % (2003), wobei *G. zaddachi* immer in geringer Individuendichte auftrat. Die hohen Dominanzgrade waren v.a. auf geringere Abundanzen anderer Arten zurückzuführen. Eine gewisse Variabilität zeigte sich auch bei den *Bathyporeia*-Arten: *B. pilosa*, die 1999 und 2001

am häufigsten auftrat, wurde in 2002 von *B. elegans* als häufigste Art abgelöst. Letzteres Ergebnis hing allerdings nicht mit einer Zunahme der Individuendichte von *B. elegans* zusammen, sondern vielmehr mit dem, im Vergleich zum Vorjahr, deutlichen Abundanzrückgang von *B. pilosa*. 2003 erreichten beide Arten einen in etwa gleich hohen Abundanzanteil um 30%. In 2004 war *B. pilosa* fast 70% wieder die eudominante Art war. Der im Teilgebiet einzige regelmäßig vorkommende Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis* spielte eine untergeordnete Rolle. In der Regel war die rezident (<3%) oder subdominant (<10%). Insgesamt wurde die Benthosstruktur und damit die Dominanzgrade der Arten ganz überwiegend durch die Besiedlungsdynamik der *Bathyporeia*-Arten beeinflusst.

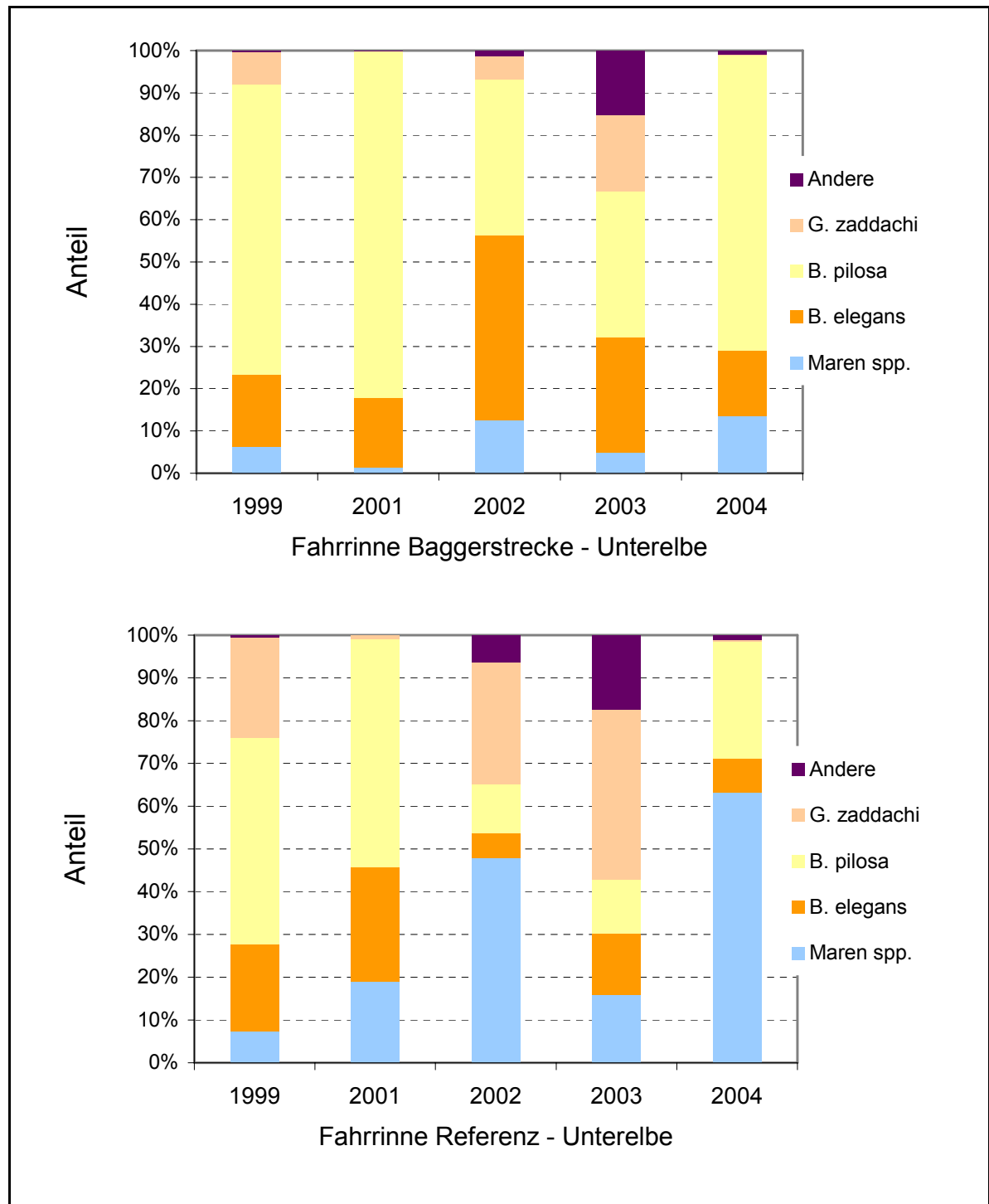


Abb. 7: Interannueller Vergleich der MZB-Dominanzstruktur in der Fahrrinne-Unterelbe, differenziert nach Teilgebieten: Bild oben: RL = Referenzstationen ($N_{\text{Stationen}}=7$), Bild unten: BL= Stationen Bereich Ausbaustrecke ($N_{\text{Stationen}}=13$).

Die Makrozoobenthos-Gemeinschaft der Referenzstationen unterlag im interannuellen Vergleich ebenfalls gewissen Verschiebungen in ihrer Dominanzstruktur. Von 1999 auf 2001 erfolgten mit dem Rückgang von *Gammarus zaddachi* ähnliche Veränderungen der Gemeinschaftsstruktur wie im Bereich der Ausbaustrecke (Abb. 7, oben). In 2002 und v.a. 2003 wurde für den Gammariden wieder eine deutliche Zunahme des Dominanzanteils auf >25% bzw. 39% verzeichnet. In 2002 war dies allerdings nur z.T. auf eine Erhöhung der Besiedlungsdichte gegenüber 2001 zurückzuführen,

sondern im Wesentlichen auf den deutlichen Individuenrückgang der *Bathyporeia*-Arten. Hieraus resultiert auch der in 2002 dokumentierte hohe Dominanzwert von 48% für *Marenzelleria cf. viridis* (Abb. 7, unten), trotz der im Vergleich zu 2001 sogar tendenziell rückläufigen absoluten Besiedlungsdichte des Polychaeten. Der hohe Dominanzanteil von *G. zaddachi* in 2003 ist dagegen auf eine tatsächliche Steigerung der Individuendichte des Amphipoden zurückzuführen, ebenso wie der Rückgang des *Marenzelleria*-Anteils von 48% auf 16% in 2003 auf dessen rückläufige Abundanzen zurückzuführen war. In 2004 erfolgte wiederum eine deutliche Veränderung, in dem *Marenzelleria* mit 63% die bedeutsamste Art im Referenzbereich war, der noch 2003 dominierende Amphipode *G. zaddachi*, war mit einem Anteil <1% dagegen in 2004 unbedeutend. Die Präsenz letzterer Art war interannuell insgesamt sehr variabel, wie dies auch die Ergebnisse im Bereich der Ausbaustrecke zeigen (s.o.).

Abundanzen

In Abb. 8 ist die Makrozoobenthosdichte in den untersuchten Teilgebieten Referenz und Ausbaustrecke im interannuellen Vergleich dargestellt.

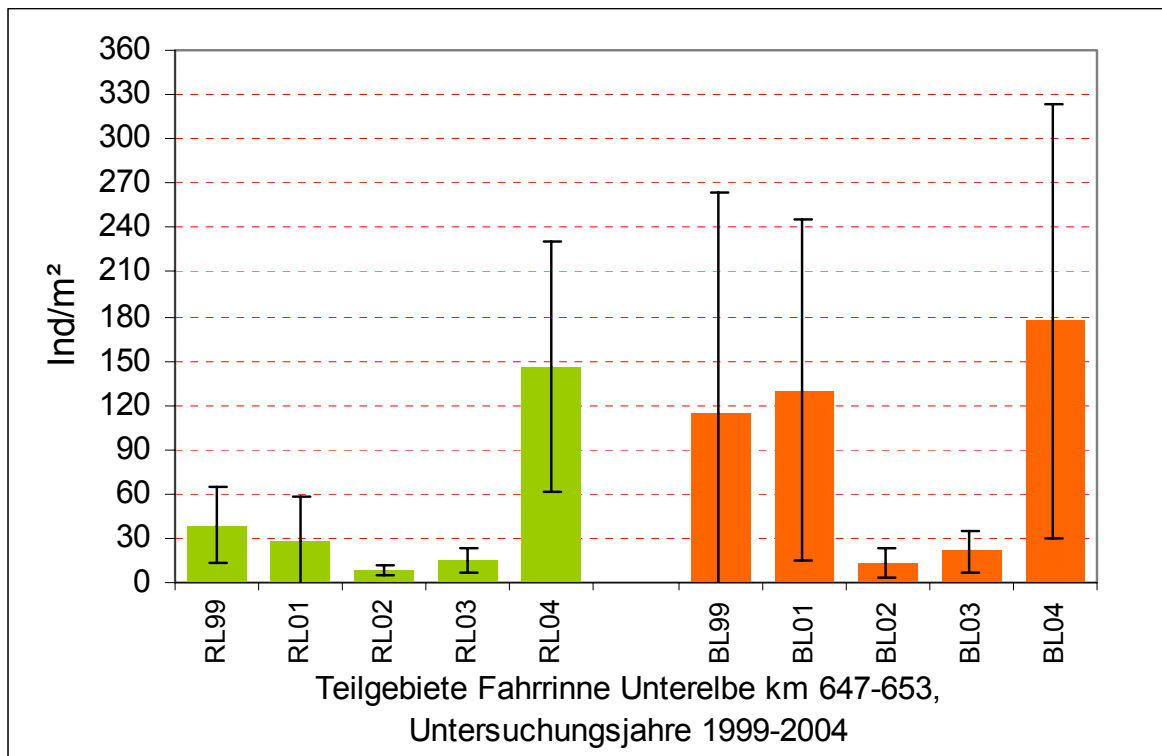


Abb. 8: Entwicklung der Makrozoobenthos-Besiedlungsdichte (Ind./m², Stabw.) in den Teilgebieten Referenz (R) und Ausbaustrecke (BL) in der Fahrrinne-Unterelbe von 1999 – 2004.

Die Ergebnisse zeigen, dass die interannuelle Entwicklung der Besiedlungsdichten im Referenz- und im Ausbaustreckenbereich bei unterschiedlichen Abundanzen aber im Prinzip sehr gleichsinnig verlaufen. Besiedlungsminima waren in beiden Gebieten in den Jahren 2002 und 2003 zu verzeichnen, das Besiedlungsmaximum wurde jeweils in 2004 dokumentiert. Es wird aber auch deutlich, dass bereits 1999 zwischen Referenz und Ausbaustrecke klare Unterschiede in der Besiedlungsdichte erkennbar vorlagen. Die mittlere Dichte betrug 1999 an den BL-Stationen etwa 115 Ind./m² und im

Bereich der Referenz 39 Ind./m². Dieses Verhältnis blieb auch in 2001 ähnlich, wobei sich die Unterschiede etwas vergrößerten, da die MZB-Abundanz der Ausbaustrecke leicht zunahm (130 Ind./m²) und die der Referenz (28 Ind./m²) dagegen leicht abnahm. In 2002 und auch 2003 wurde sowohl auf der Ausbaustrecke als auch im Referenzbereich ein sehr deutlicher Abundanzrückgang verzeichnet. So verringerte sich die Besiedlungsdichte im Bereich der Ausbaustrecke um das 10fache auf 13,2 Ind./m² und im Referenzbereich um etwa das 3fache auf lediglich 8,2 Ind./m² (Abb. 8). Da der Rückgang im Bereich der Ausbaustrecke ausgeprägter war als im Bereich der Referenz, verringerten sich in 2002 auch die in den Vorjahren dokumentierten Unterschiede zwischen beiden Teilgebieten. Die Entwicklung zeigte im interannuellen Vergleich, dass die Besiedlungsdichte im Bereich der Ausbaustrecke in 2002 und 2003 signifikant geringer als 1999 und auch als 2001 war (vgl. Tab. 5). Eine ähnliche Entwicklung wurde auch für den Referenzbereich verzeichnet. Verantwortlich für die ausgeprägten Abundanzunterschiede waren fast ausschließlich die *Bathyporeia*-Arten und im Bereich der Ausbaustrecke auch der Polychaet *Marenzelleria*, dessen dortiger kontinuierlicher Abundanzrückgang nach 1999 aufgrund seiner insgesamt geringen Individuendichte (<10 Ind./m²) nicht so sehr ins ‚Gewicht‘ fiel. Entgegen des Entwicklungstrends bis 2003 wurde in 2004 in beiden Teilgebieten wieder ein starker Anstieg der Besiedlungsdichte verzeichnet. Alle in den Vorjahren charakteristischen Arten (*Bathyporeia*, *Marenzelleria*) zeigten starke Abundanzzuwächse. So stieg die Besiedlungsdichte in der Ausbaustrecke im Mittel auf 177 Ind./m² und im Referenzbereich auf 153 Ind./m² an. Die Besiedlung der Referenz 2004 unterschied sich dabei im Hinblick auf diesen Parameter von allen Vorjahren signifikant, im Bereich der Ausbaustrecke war 2004 nicht so ein Ausnahmejahr, da gegenüber 1999 und auch 2001 keine signifikanten Unterschiede verzeichnet wurden (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Teilgebietsinterne Veränderung der mittleren Abundanz/Greifer, dargestellt als Ab- bzw. Zunahme des jeweiligen Jahresvergleiches (99/01, 99/02,...,01/02, etc.). * = Unterschiede schwach signifikant $p < 0,1$, ** Unterschiede signifikant $p < 0,05$ (t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen). 1000 µm-Fraktion. RL = Referenz ($N_{\text{Stationen}} = 7$); BL = Neubaustrecke ($N_{\text{Stationen}} = 13$).

FG = 6	RL-01	RL-02	RL-03	RL-04	FG = 12	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04
RL-99	-11,7	-30,5**	-23,8**	114,5**	BL-99	15,5	-103,5**	-93,5**	62,3
RL-01		-19,2	-12,6	125,7**	BL-01		-119,0**	-109,0**	46,8
RL-02			6,7	145,0**	BL-02			10,0**	165,8**
RL-03				138,3**	BL-03				155,8**

Abb. 9 und Abb. 10 verdeutlichen mittels Box & Whisker-Plots die Individuendichte/Station im interannuellen Vergleich. Für den Vergleich sind die jeweils am linken und am rechten Fahrrinnenrand sowie die in der Fahrrinnenmitte positionierten Stationen zu Stationsgruppen zusammengefasst worden, um mögliche Besiedlungsunterschiede in Abhängigkeit der Position im Fahrrinnenquerschnitt zu identifizieren. Im Bereich der Ausbaustrecke wird sichtbar, dass die Fahrrinnenmitte in 1999, 2001 und auch 2004 mehr oder weniger umfangreicher besiedelt war als die Ränder. Dieses war in 2002 und 2003 nicht der Fall. Die Besiedlungsdichte ging in der Fahrrinnenmitte in 2002 gegenüber den Vorjahren um etwa das 10fache zurück, während der Abundanzrückgang insbesondere an den Rändern deutlich moderater ausfiel. In 2004 wurde v.a. wieder in der Fahrrinnenmitte eine starke Zunahme der Besiedlungsdichte gegenüber 2002/2003 registriert (Abb. 9). Im Gegensatz zu der ebenfalls erkennbaren Zunahme an den beiden Fahrrinnenrändern war diejenige in der Fahrrinnenmitte signifikant ($p < 0,05$, t-Test).

Die Zoobenthos-Besiedlungsdichte der Fahrrinnenränder bzw. der Fahrrinnenmitte war 1999 im Referenzbereich in etwa gleich (Abb. 10). An dieser Situation änderte sich trotz der interannuell rückläufigen Besiedlungsdichte vergleichsweise wenig. So reduzierte sich die Individuendichte in 2002 und 2003 an allen RL-Stationsgruppen gleichermaßen, so dass die Unterschiede zwischen den Fahrrinnenstandorten nach wie vor eher gering blieben. Eine gewisse Veränderung dieser Situation trat in 2004 ein, in diesem Jahr erfolgte zwar in allen Teilbereichen eine Zunahme der Besiedlungsdichte, am linken Fahrrinnenrand war diese, bei einer vergleichsweise hohen örtlichen Variabilität, aber deutlicher als an in der Mitte und im Bereich des rechten Fahrrinnenrandes (Abb. 10).

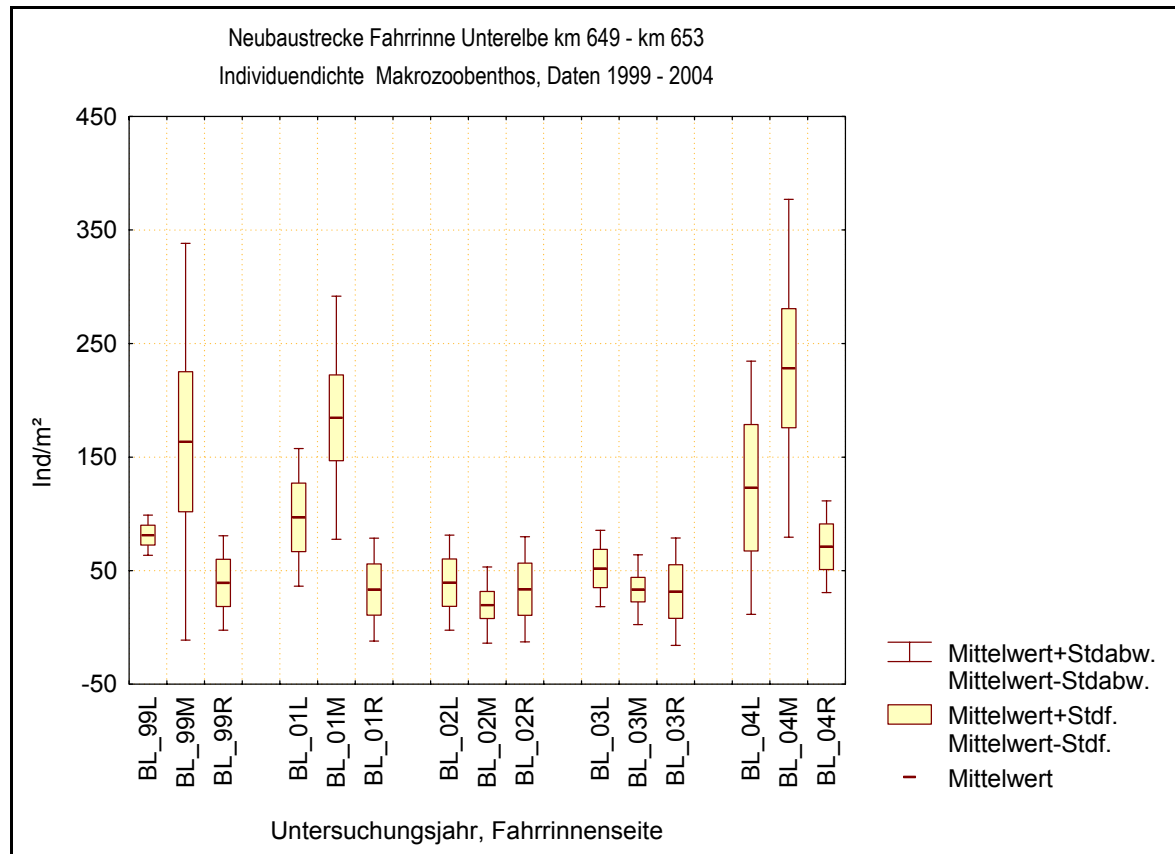


Abb. 9: Interannueller Vergleich der mittleren MZB-Abundanz/Station in der Fahrrinne-Unterelbe im Teilgebiet Ausbaustrecke km 649- 653. Anordnung der Stationen: L = linker Fahrrinnenbereich, M = Fahrrinnenmitte, R = rechter Fahrrinnenbereich.

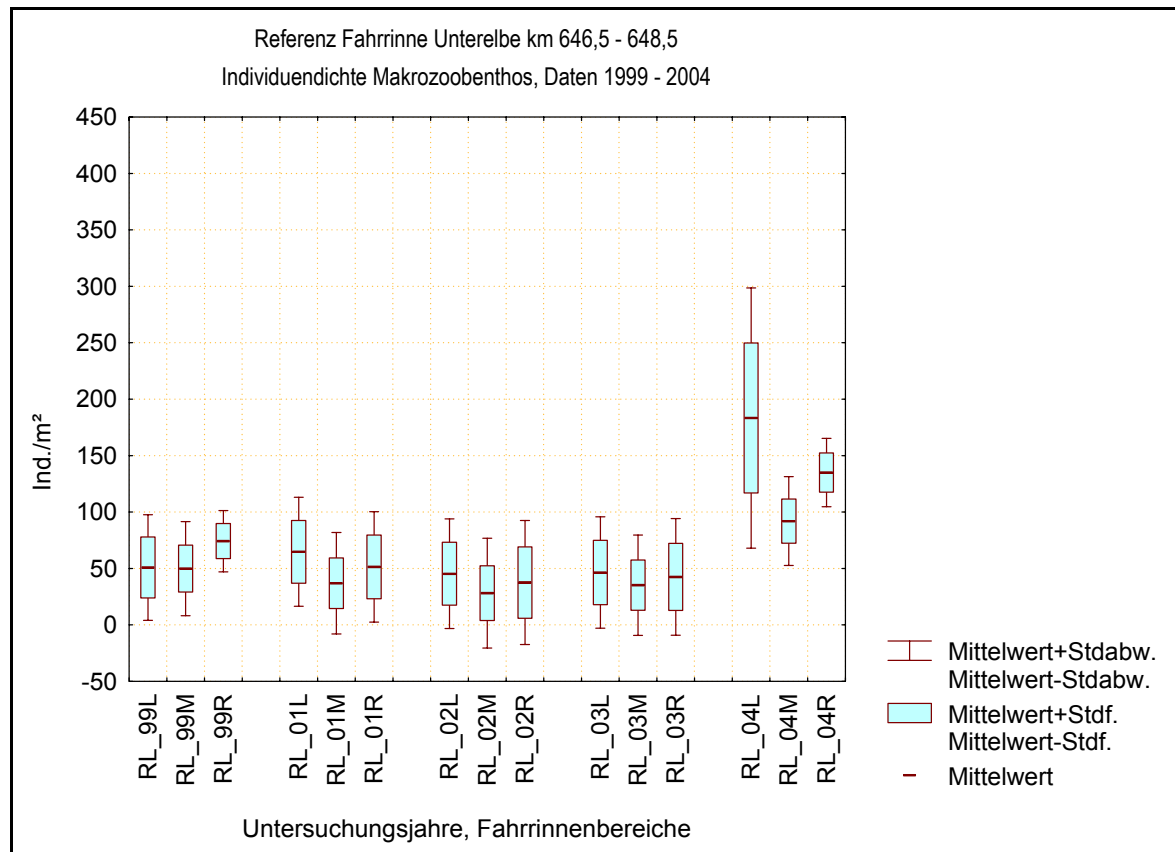


Abb. 10: Interannueller Vergleich der mittleren MZB-Abundanz/Station in der Fahrrinne-Unterelbe im Teilgebiet Referenz km 646,5- 648,5. Anordnung der Stationen: L = linker Fahrrinnenbereich, M = Fahrrinnenmitte, R = rechter Fahrrinnenbereich.

Tab. 6: Ergebnisse des t-Tests (t-Werte) des Vergleichs der Makrozoobenthos-Besiedlungsdichten (1000 µm-Fraktion) von Ausbaustrecke (BL, N=13) und Referenz (RL, N=7). t-Test gepaarte Stichproben, keine Prüfung auf Erfüllung der Voraussetzungen, Anzahl der BL-Stationen für den Test auf ebenfalls N=7 reduziert, zufällige Auswahl). Negative t-Werte = höherer Kennwert im Referenzabschnitt, positive t-Werte = höherer Kennwert in der Baggerstrecke.

t-Werte (statistik.sta)					
Markierte (**) Differenzen signifikant für $p < ,05000$; (*) $p < 0,1$					
	RL99	RL01	RL02	RL03	RL04
BL99	1,067	1,636	4,210**	3,041**	-2,189*
BL01	0,860	1,686	2,670**	2,195*	-2,831**
BL02	-2,229*	-1,104	0,716	-0,375	-3,438**
BL03	-2,316*	-1,285	2,207*	0,000	-3,777**
BL04	2,207*	2,721**	4,192**	3,391**	-1,459

Die oben gezeigte starke interannuelle Variabilität der Makrozoobenthosabundanzen führte auch im räumlichen Vergleich zu deutlichen, z.T. signifikanten Unterschieden. Für die Durchführung des Tests wurde die Anzahl der BL-Stationen durch eine zufällige Auswahl reduziert, so dass Neubaustrecke und Referenz eine gleiche Stationsanzahl aufwiesen. Die durchgeführte Analyse hat nur orientierenden Charakter. Trotz der höheren Besiedlungsdichte wurden 1999 auf der Basis des durchgeführten Tests (t-Test) keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Teilgebieten

dokumentiert. Diesbezügliche Unterschiede wurden aber v.a. in 2002 und 2003 verzeichnet, in diesen Jahren war die Referenz durch besonders geringe Individuenzahlen gekennzeichnet, die teilweise signifikant unter denjenigen der Neubaustrecke lagen. Aufgrund der, wie oben bereits benannt, starken Zunahme der Besiedlungsdichten in 2004 in beiden Teilgebieten, unterschied sich dieser Jahrgang von den Jahren 2001 – 2003 des jeweils anderen Teilgebietes signifikant (Tab. 6).

Zusammenfassung 1000 µm-Fraktion

Insgesamt hat der interannuelle Vergleich gezeigt, dass hinsichtlich der Sedimentzusammensetzung sowohl auf der Ausbaustrecke als auch im Bereich der zugehörigen Referenz v.a. in 2003 gegenüber den Vorjahren örtlich Veränderungen eingetreten sind; an dieser Situation änderte sich in 2004 nur wenig. Die zwischen Ausbaustrecke (Feinsedimente) und Referenz (gröbere Sedimente) festgestellten Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung blieben im gesamten Untersuchungszeitraum ähnlich stark ausgeprägt.

Nach einem deutlichen Rückgang der mittleren Taxazahl/Greifer nach 1999 bis 2002, lag der Wert in 2003 wieder auf dem Niveau von 1999. Eine erneute Änderung trat in 2004 insofern ein, als die mittlere Taxazahl/Greifer deutlich anstieg und über dem Ausgangswert von 1999 lag. Der Anstieg der Artenzahlen in 2004 wurde sowohl im Bereich der Neubaustrecke als auch im Referenzbereich dokumentiert.

Die Makrozoobenthosabundanzen blieben in 2003 im Vergleich zu 1999 und 2001, nach dem bereits in 2002 verzeichneten deutlichen Rückgang, in beiden Teilgebieten auf niedrigem Niveau. Der Rückgang, v.a. hervorgerufen durch die Bestandsentwicklung der *Bathyporeia*-Arten, betraf die Ausbaustrecke stärker als die Referenz. In 2004 erfolgte in beiden Teilgebieten ein gegenüber 2003/2003 signifikanter Anstieg der Besiedlungsdichten, wobei der Zuwachs der *Bathyporeia*-Arten in der Austrecke, der des Polychaeten *Marenzelleria* cf. *viridis* im Referenzbereich stärker ausgeprägt war. Die ermittelte Gesamtbesiedlungsdichte blieb im Bereich der Ausbaustrecke, wie in den Vorjahren, auch in 2004 höher als im Referenzbereich. Insgesamt ist auffällig, dass die Entwicklung der Besiedlungsdichten von 1999 – 2004 trotz der festgestellten unterschiedlichen Abundanzen im Vergleich der beiden Teilgebiete grundsätzlich sehr gleichsinnig verlief.

5.3 Wirbellose Bodenfauna 250 µm-Fraktion (Stechrohre)

HUUG Tangstedt – H.-J. KRIEG

5.3.1 Taxazahlen und Faunenspektrum

Im diesjährigen Untersuchungsmaterial (April 2004) sind aus der Ordnung Oligochaeta (Annelida) insgesamt 16 Taxa plus Kokons identifiziert worden. Davon konnten 12 Faunenelemente (rd. 75%) bis auf Artniveau determiniert werden, ein Taxa bis zur Gattung und drei weitere bis zur Familie.

Tab. 7: Oligochätenspektrum der 250 µm-Fraktion im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653; April 2004)
Legende: B = Ausbaustrecke; R = Referenzstrecke; F = Einzelposition Fahrinnen-Mitte; T = Transekt mit 3 (2) Fahrinnenpositionen (Nord, Mitte und/oder Süd). Farbcode: gelb = Propappidae; hellgelb = Enchytraeidae; grün = Naididae; (hell-) blau = Tubificidae; hellgrün = Kokons Oligochaeta; rosa = Scolecida (Niedere Würmer)

Bereich	Ausbaustrecke km 649-653								Referenz km 647-648		
Teilgebiet	BF-1	BT-1	BF-2	BT-2	BF-3	BF-4	BT-3	BF-5	RT-1	RT-2	RF-1
Stationen L _{xx}	L 18	L 20-21	L 22	L 25-27	L 28	L 30	L 31-33	L 34	L 40-42	L 45-47	L 48
<i>Propappus volki</i>									X	X	X
<i>Enchytraeus albidus</i>									X	X	X
<i>Enchytraeus buchholzi</i>										X	
<i>Enchytraeus</i> sp.								X	X		
<i>Nais elinguis</i>										X	X
<i>Vejdovskyella intermedia</i>							X	X	X	X	
<i>Akteredrilus monospermathecus</i>									X	X	X
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>		X									
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	X	X	X	X	X	x	X	X	X		
<i>Limnodrilus profundicola</i>									X	X	X
<i>Limnodrilus udekemianus</i>		X		X	X	x					
<i>Potamothenrix moldaviensis</i>						x			X	X	
<i>Tubifex tubifex</i>		X									
Tubificidae ohne Haarborsten	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	
Tubificidae mit Haarborsten		X			X						
Tubificidae, juvenil		X	X	X	X		X		X	X	
Taxa Oligochaeta	2	7	3	4	5	4	4	4	10	10	5
Kokons indet.	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Turbellaria indet.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nematoda indet.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Auf Familienebene sind die Tubificidae mit mindestens 7 Spezies noch am artenreichsten strukturiert gewesen. Für die Naididae sind nur 2 Arten gezählt worden. Die Enchytraeidae waren mit wenigstens 2 Spezies vertreten, und die Propappidae mit der für Mitteleuropa einzigen Art *Propappus volki*.

Im Falle der gewählten Termini „Tubificidae mit“ oder „ohne Haarborsten“ handelte sich um Tubificiden ohne Penischeiden bzw. mit resorbierten Geschlechtsorganen, oder die aufgrund fehlender bzw. nicht sichtbarer (eindeutiger) Merkmale nicht bis zur Art/Gattung determiniert werden können. In Frage kommen sowohl unreife (= immature) als auch reife (= mature) Tiere, die juvenil oder adult sein können.

Generell verbergen sich unter dem Sammelbegriff „Tubificidae ohne Haarborsten“ Arten der Gattung *Limnodrilus* oder *Potamotheix moldaviensis*, wovon 4 Arten in der Faunenliste genannt sind (vgl. Tab. 7). Die Möglichkeit weiterer Arten besteht durchaus und kann nicht kategorisch abgelehnt werden. Beispielsweise sind für die Gattung *Limnodrilus* 10 Arten in Mitteleuropa bekannt. Bei dem Kollektiv „Tubificidae mit Haarborsten“ ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sich darunter auch ungenannte Arten aus den Gattungen *Tubifex*, *Potamotheix*, *Pelosclex* u. a. verbergen. Analog ist die Auslegung für den summarischen Begriff „Tubificidae, juvenil indet.“ zu sehen.

Die einzige, eukonstant im Untersuchungsraum verbreitete Oligochäten-Art war der Gewässerubiquist *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae). Alle anderen Arten/Gattungen erwiesen sich im Probenmaterial als akzessorisch bzw. akzidentiell. Die Naididen sind in den 132 Einzelproben ausschließlich als akzidentielle Arten registriert worden, demnach zufällig oder „Zaungäste“. Wird allein ein Teilgebiet betrachtet, so ist für die Referenzfläche RF die Assoziation der „Sandarten“ *Propappus volki*, *Enchytraeus* sp. *Akteredrilus monospermathecus* und *Limnodrilus profundicola* als eukonstant dokumentiert; dagegen waren die schlickpräferierenden *Limnodrilus*-Arten hier nur Zufallsfunde.

Was bei Betrachtung der vorstehenden Tab. 7 bereits optisch auffällt, sind die „leeren Felder“ im Bereich der Baggerstrecke. Artenarmut ist offenbar ein hervorstechendes Merkmal in diesem Raum. Die Referenzstrecke ist dagegen vergleichsweise artenreicher ausgestattet gewesen. Schwerpunktmäßig sind Propappidae und Enchytraeidae zwischen Strom-km 647 und 648 identifiziert worden; außerdem der Brackwassertubificide *Akteredrilus monospermathecus*. Die obere Verbreitung dieser Spezies in der Unterelbe beschränkte sich bisher auf den Raum Glückstadt/Pagensand (GIERE & PFANNKUCHE 1982), also weit elbeabwärts. Das Vordringen dieser genuinen Brackwasserart bis Twielenfleth/Lühesand, und sogar elbeaufwärts bis Neßsand, ist ab 2000/2001 erstmalig dokumentiert (vgl. KRIEG in BIOCONSULT 2003b).

Die vorgenannten Faunenelemente sind zwischen Strom-km 649 und 653 defizitär gewesen; d. h. in 2004 sind sie in den Proben der Baggerstrecke nicht (mehr) registriert worden. Das Artenspektrum im Ausbaugebiet rekrutierte sich fast ausnahmslos aus *Limnodrilus*-Spezies (Tubificidae, s. Tab. 7). Die Transekte der Bagger- oder der Referenzstrecke waren grundsätzlich artenreicher als die Einzelstationen in der Fahrrinnen-Mitte (= F). Dieser Artenfehlbetrag ist aber insofern zu relativieren, als dass der zentralen Fahrrinnenposition nur eine Station, den Transekten meist drei Stationen zugrunde liegen, also die Untersuchungsintensität deutlich unterschiedlich war. In Abb. 11 ist ebenfalls eine Gebietsbetrachtung gewählt worden, allerdings beruhen die Taxazahlen hier auf der durchschnittlichen Anzahl pro Station oder Bereich oder Teilgebiet. Auf dieser Basis sind die Taxazahlen relativ ausgeglichen.

Auf der Grundlage aller Stationen ist der Referenzbereich (= RF_{ges}) tendenziell besser ausgestattet als die Baggerstrecke (= BS_{ges}): 6 versus 4 Taxa/Station und Bereich. Analoges gilt für das Teilgebiet der mittigen Fahrrinnenpositionen (= FaS), auch hier mit 4 vs. 3 Taxa/Station eine noch tendenziell bessere Ausstattung für den Referenzbereich. Ein entsprechendes Bild ergibt sich für die

randständigen Stationen (= RaS): mit 7 zu 4 Taxa eine deutlich vielfältigere Faunenstruktur im Referenzraum, wobei für diesen Fall die Mittelwertdifferenz signifikant ist (t-Test; $\alpha = 0,01$). Darüber hinaus fällt im Vergleich BS zu RS auf, dass die Variabilität der Taxazahlen im Referenzmaterial grundsätzlich niedriger ausgefallen ist (s. Standardabweichungen und Lage der Extrema).

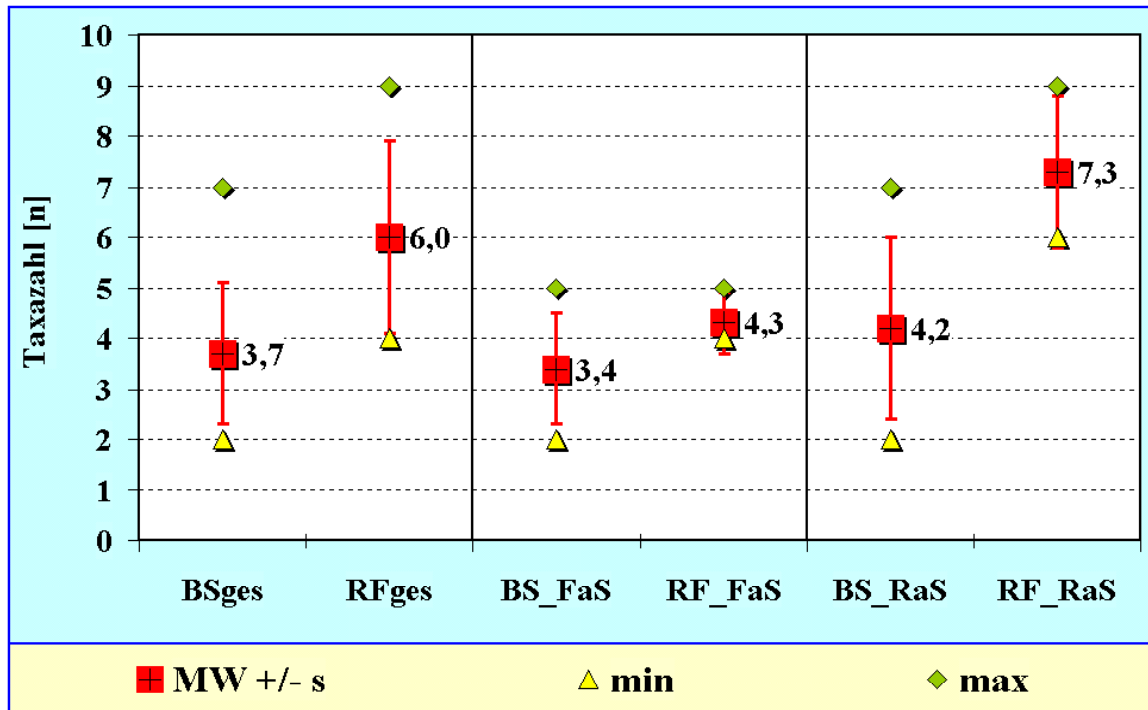


Abb. 11: Mittlere Taxazahlen Oligochaeta [n/Station] im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) und Variabilität (StAbw +/- s und Extrema), wobei: BSges = Ausbaubereich, gesamt (n = 13) & RFges = Referenzbereich, gesamt (n = 7); BS_FaS = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig (n = 8) & RF_FaS = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig (n = 3); BS_RaS = Baggerstrecke, Randstationen (n = 5) & RF_RaS = Referenzstrecke, Randstationen (n = 4)

5.3.2 Dominanz

Abb. 12 zeigt die Dominanzstruktur der Oligochätengemeinschaft, differenziert nach Ausbau (= BS) und Referenzbereich (= RF) sowie einzelnen Teilgebieten (= FaS oder RaS).

Unverkennbar war die verschiedenartige Dominanzstruktur der einzelnen Bereiche. Im Baggerabschnitt BS setzte sich die Oligochätenfauna nahezu aus Tubificiden zusammen. Fast ohne Unterschied rekrutierte sich der Bestand der Fahrrinne wie der Randstationen zu 60 - 65% aus nicht geschlechtsreifen Individuen der Familie Tubificidae. Der Anteil adulter, fortpflanzungsfähiger Tiere lag bei $\geq 30\%$; den unbedeutenden „Rest“ bildete *Vejdovskyella intermedia* (Naididae) mit $< 1\%$ Bestandsquote.

Innerhalb der Familie Tubificidae dominierten im Baggerbereich nur eine Art: *Limnodrilus hoffmeisteri*. Die Süßwasserspezies ist überall zu finden, eben ein anspruchsloser, euryöker Gewässerubiquist. Hinsichtlich einer Habitatwahl ist der Wurm eurytop, allerdings mit einem Besiedlungs-

schwerpunkt in schluffhaltigen Sedimenten (PFANNKUCHE 1977). Je höher der Schluffanteil, desto dichter in der Regel die Besiedlung.

Als Schwesterarten koexistierten *L. udekemianus* und *L. claparedeanus* mit *L. hoffmeisteri*. Diese Assoziation ist charakteristisch für hypertrophe Biotope mit starker Schlammanreicherung (BRINKHURST 1966, BRINKHURST & KENNEDY 1965), wobei mit zunehmender organischer Verschmutzung der Tubificidenbestand fast ausschließlich aus *L. hoffmeisteri* und *T. tubifex* gebildet wird (PFANNKUCHE 1977). verschlickte, organisch belastete Substrate. korrespondierte die Verbreitung der zwei dominanten Arten mit den lokalen Substrattypen (vgl. Eingangskapitel „Sedimente und Wassertiefen“): In Proben mit vergleichsweise hohem Schlick- bzw. Schluffanteil eine klare Dominanz von *L. hoffmeisteri*, charakteristischerweise noch ergänzt durch *Limnodrilus udekemianus*, und in den Mischsedimenten verhältnismäßig hohe Dominanzwerte für *Limnodrilus profundicola* (vgl. auch Tab. 7).

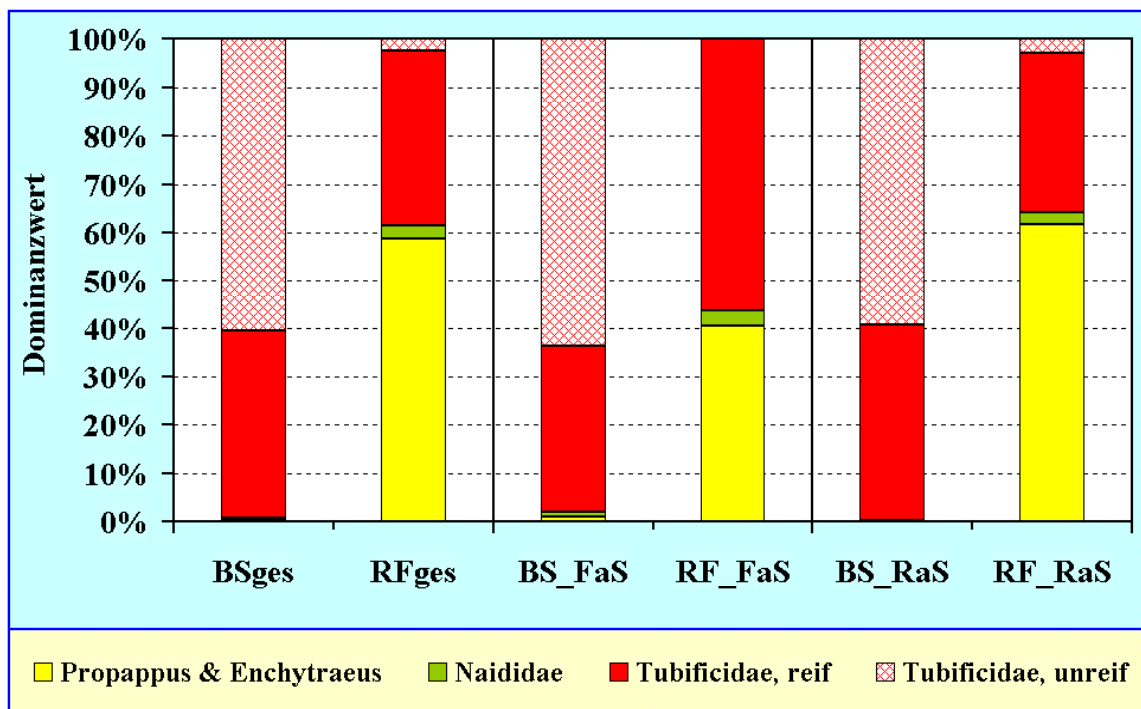


Abb. 12: Dominanzstruktur der Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004); differenziert nach Teilgebieten und -bereichen: BS_{ges} = Ausbaubereich, gesamt & RF_{ges} = Referenzbereich, gesamt; BS_{FaS} = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig & RF_{FaS} = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig; BS_{RaS} = Baggerstrecke, Randstationen & RF_{RaS} = Referenzstrecke, Randstationen.

Propappus volki (Propappidae) hat eine klare Präferenz für sandige Substrattypen; Schlick und schluffhaltige Feinsande meidet der Wurm (MICHAELSEN 1916; KRIEG 1996, 1999). Der eudominante Nachweis konzentrierte sich folgerichtig auf den Referenzabschnitt RF mit seinen sandigen Sedimenten. Die Bestandsquoten von 40 und 60% schließen einen unterschiedlichen Anteil von Enchytraeiden-Arten mit ein. Im Probenmaterial der mittigen Fahrrinnenstationen RF_{FaS} lag die Quote für *Propappus volki* versus *Enchytraeus* spp. in etwa bei 1 : 1. Im Teilgebiet der Randstationen RF_{RaS} rekrutierte sich der Bestand dagegen fast ausschließlich aus *P. volki*; Enchytraeiden-Arten erreichten nur rezedente Margen. Ganz wesentlich aufgestockt wurde der Bestand der Referenzstrecke RF_{FaS} im Vergleich zu den anderen Teilgebieten.

renzflächen noch durch die Brackwasserart *Akteredrilus monospermathecus* (Tubificidae), die mit über 55% im Stromstrich der Fahrrinne und knapp 30% im Seitenbereich des Fahrwassers dominierte.

Die Assoziation aus *P. volki*, *Enchytraeus* spp. und *A. monospermathecus* ist offenbar typisch für die Besiedlung der Fahrrinne und deren Seitenräume. Alle Spezies präferieren Sande und sind äußerst strömungstolerant; also Rahmenbedingungen, wie sie in der Fahrrinne/im Fahrwasser überwiegend vorliegen. Interessant ist die unterschiedliche Salzpräferenz bzw. -toleranz. *Propappus volki* kommt aus dem Süßwasser und toleriert geringe Aufsalzungen. In der Tideelbe ist der Wurm regelmäßig bis Pagensand, vereinzelt bis Glückstadt nachgewiesen worden (UVU-MATERIALBAND VII 1997, BIOCONSULT 2004). Die unter den Enchytraeiden am häufigsten im Untersuchungsraum identifizierte Art *Enchytraeus albidus* ist omnipotent: sie siedelt im Wasser, im Spülsaum, in Böden (terrestrisch). Hinsichtlich ihrer Salzansprüche ist sie holeuryhalin, d. h., von 0 bis > 30‰ uneingeschränkt verbreitet. Ganz anders dagegen *Akteredrilus monospermathecus*. Nach GIERE & PFANNKUCHE (1982) ist der Tubificidae ein mariner Oligochaet, also aus Richtung Nordsee kommend, mit Verbreitungsschwerpunkt zwischen 25 und 5‰. Nach DZWILLO (1966), ERSEUS und TIMM (pers. Mitts. 2003) handelt es sich um eine (echte) Brackwasserart, deren Vorkommen im Minimum bei etwa 1‰ begrenzt ist. Im Gegensatz zu den zwei vorgenannten, euryhalinen Arten ist die salzabhängige Verbreitung dieser Spezies ein geeigneter Indikator für die Lage der Brackwasserzone bzw. deren obere Grenze in der Unterelbe.

A. monospermathecus ist 2001 erstmalig im Untersuchungsraum Unterelbe bis Strom-km 647 registriert worden, damals als unbekannte Spezies mit dem Arbeitstitel „Oligo-Art indet.“ (vgl. BIOCONSULT 2002) und im Jahr darauf als „*Homochaeta*-Typus indet.“ geführt (vgl. BIOCONSULT 2003a). Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist der kleine Brackwasser-Tubificidae auch als „unbekannte Art“ in der Unterelbe bei Neßsand (Strom-km 638) bereits im Jahr 2000 beobachtet worden (KRIEG in BIOCONSULT 2003b), d.h. ab (2000) 2001 hat sich das Vorkommen dieser Brackwasserart weit stromaufwärts verschoben.

Ob hier ein Zusammenhang mit der elbeaufwärtigen Verlagerung der oberen Brackwassergrenze besteht, ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu klären. Einige Hinweise seien hier aber angeführt: Aus der „Elbe-Literatur“ ist bekannt, dass *Akteredrilus monospermathecus* Ende der 70-er Jahre bis etwa Pagensand dokumentiert war (GRAEFE in GIERE & PFANNKUCHE 1982). In den 80-er und 90-er Jahren ist diese Spezies in den Artenlisten nicht mehr zitiert worden. Im Rahmen der UVU Fahrrinnenanpassung ist *A. monospermathecus* nicht identifiziert worden, obwohl im Gebiet Lühesand (Flussquerschnitt bei Strom-km 649) relativ intensiv beprobt und methodisch auch mit der Maschenweite 250 µm gearbeitet worden ist (UVU-MATERIALBAND VII 1997). Demnach muss *Akteredrilus monospermathecus* erst ab/nach 1999 elbeaufwärts in den Raum Stader-/Lühe- bis Neßsand eingewandert sein. Der Nachweis in der grundsätzlich limnischen Unterelbe bei Neßsand ist sehr interessant. Interessant deshalb, weil dies ein Indiz dafür ist, dass das Porenwasser im Gegensatz zur überstehenden Wassersäule „salzig“ sein muss. Anders sind die lokalen Populationsdichten in der Größenordnung von 10^3 bis 10^4 Ind./m² nicht zu erklären, zumal es sich um geschlechtsreife, sich im Gebiet reproduzierende Tiere handelt! *Akteredrilus* ist zur Fortpflanzung auf Mindestsalzgehalte von ca. 2 – 5‰ angewiesen (GIERE & PFANNKUCHE 1982).

5.3.3 Abundanz

Abb. 13 zeigt die mittleren Abundanzen [Ind./m² & Station] der einzelnen Bereiche und Teilgebiete. Außerdem geben Standardabweichungen (= StAbw) und Extrema (= Min & Max) eine Vorstellung zur Variabilität.

Eine auffällige Variabilität der Individuendichte zeigte sich für die an den Stationen am Fahrrinnenrand (RaS) im Bereich der Baggerstrecke. In der Fahrrinnenmitte war die Variabilität sowohl in der Baggerstrecke als auch im Referenzbereich im Vergleich dazu extrem niedrig. Aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit über der Sohle und der damit verbundenen Sedimentmobilität wäre hier theoretisch eine größere Streuung um den Mittelwert zu erwarten gewesen. Mit 52 bis 56% lag der Variabilitätskoeffizient aber deutlich unter dem des Randsektors BS_RaS mit $V_k = 116\%$.

Die mittleren Gesamtabundanzen waren in der Ausbau- und Referenzstrecke (BS_{ges} & RF_{ges}) mit rd. 4×10^3 Ind./m² so gut wie identisch. Ohne Einschränkung traf dies auch auf die Teilgebiete zu. Erwartungsgemäß ergab die statistische Prüfung der Mittelwerte, dass die Abweichungen zufällig sind (U-Test, $\alpha = 0,01$). Entsprechend der Variabilität der Individuenzahlen waren die Grundvoraussetzungen für einen trennscharfen, parametrischen Test nicht erfüllt.

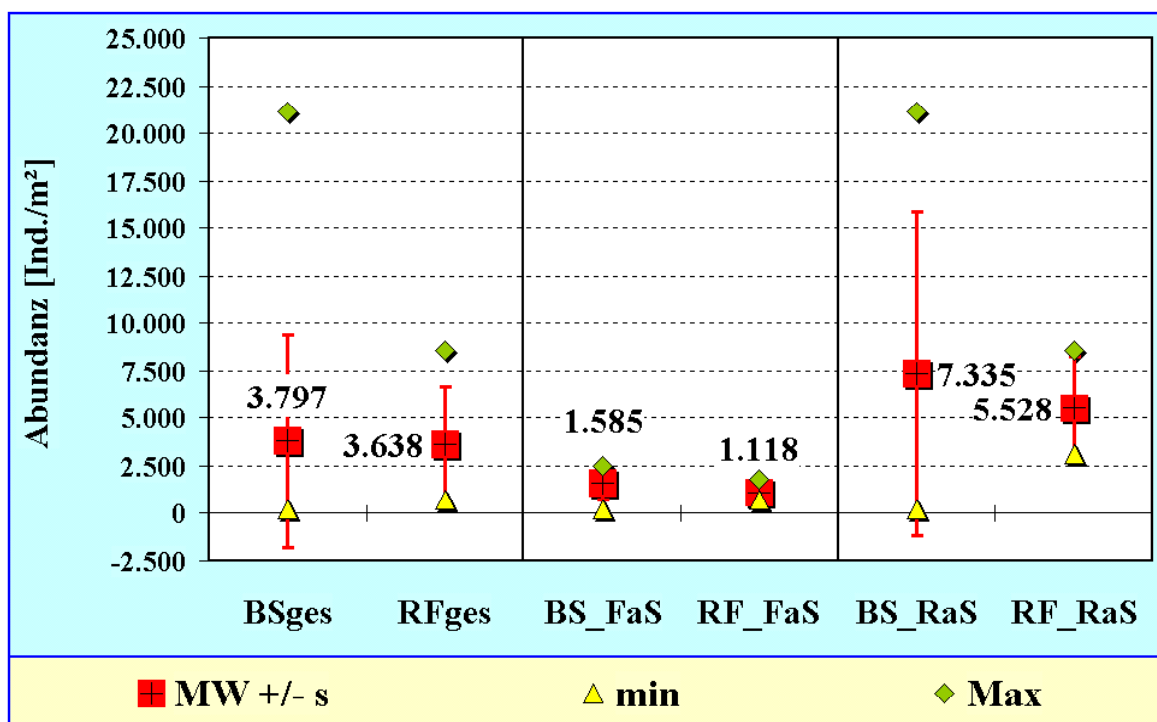


Abb. 13: Mittlere Individuenzahlen Oligochaeta [Ind./m² & Station] im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) und Variabilität (StAbw +/- s und Extrema), wobei: BSges = Baggerbereich, gesamt (n = 13) & RFges = Referenzbereich, gesamt (n = 7); BS_FaS = Baggerstrecke, Fahrrinne mittig (n = 8) & RF_FaS = Referenzstrecke, Fahrrinne mittig (n = 3); BS_RaS = Baggerstrecke, Randstationen (n = 5) & RF_RaS = Referenzstrecke, Randstationen (n = 4)

In Abb. 14 sind die Abundanzen [Ind./m²] der Oligochäten-Arten zusammengestellt: In der linken Grafik die quantitative Verteilung der Tubificidae und in der rechten Grafik die der Propappidae, mit

der einzigen Art *Propappus volki*, und der Enchytraeidae. Die Naididen wurden nicht weiter berücksichtigt, da sie in 2004 weder arten- noch individuenmäßig eine Rolle spielten (vgl. auch Tab. 7).

Aus der Familie Tubificidae waren es sieben Arten, die mit sehr unterschiedlichen Populationsdichten dokumentiert sind (linke Grafik). Bereits auf den ersten Blick fallen zwei Phänomene auf: Zum einen der regional verschiedenartige Besiedlungsaspekt und zum anderen die quantitative Gegenüberstellung der Teilgebiete Baggerstrecke BS versus Referenzabschnitt RF.

Abgesehen von den Sammelkollektiven nicht bestimmbarer Tubificiden, die im gesamten Untersuchungsgebiet abundant waren, war es im **Baggerbereich BS** immer der eurytope Ubiquist *Limnodrilus hoffmeisteri*, der auch mit den höchsten Abundanzwerten gezählt wurde: Im Stromstrich durchschnittlich 400 Ind. und im Randbereich der Fahrerinne mit ≈ 2.500 Ind./m² das 6-fache der Art. Die quantitative Verteilung in der Fahrinnenmitte wie im randständigen Bereich war deutlich substratabhängig. Schlick und schluffhaltige Feinsedimente waren um eine Zehnerpotenz individuenerreicher besiedelt als Sande - Größenordnung 10^3 versus 10^2 *L. hoffmeisteri*/m². An den Fahrinnenseiten (z.B. L21) wurde mit > 7.000 Ind./m² die individuenreichste *L. hoffmeisteri*-Population registriert. Zusätzlich ist mit *L. udekemianus* eine Indikatorart für schlickige Habitate erfasst worden, ebenso wie der lokalbegrenzte Nachweis von *L. claparedeanus* und *Tubifex tubifex*. Diese Gesellschaftsstruktur ist typisch für hypertrophe, schlammige Sohlsubstrate (PFANNKUCHE 1977).

Im sandig-kiesigen **Referenzbereich RF** fielen die Wohndichten der vorgenannten Tubificiden fast auf null. Dafür erreichten *Limnodrilus profundicola* und *Potamothenis moldaviensis* mit jeweils 100 - 300 Ind./m² noch nennenswerte Abundanzen. Beide Spezies siedeln zwar auch in Schlick und schluffhaltigen Feinsedimenttypen, bevorzugen aber eben jene sandigen Habitate (PFANNKUCHE 1977). Bestandsbildend unter den Tubificiden war im Referenzgebiet hingegen die stenotopie Sandart *Aktedrilus monospermathecus*, sowohl im Seitenraum als auch im Stromstrich der Fahrerinne. *A. monospermathecus* ist seinem Ursprung nach ein mariner Oligochaet (GIERE & PFANNKUCHE 1982), der in der Brackwasserzone siedelt und seit 2001 (2000?) in diesem Unterelbe-Abschnitt dokumentiert ist (KRIEG, in BIOCONSULT 2002, 2003, 2004).

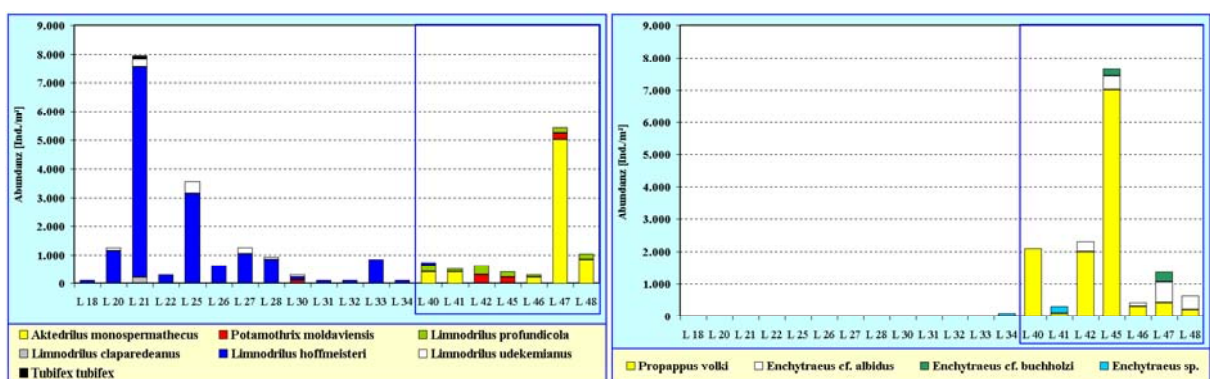


Abb. 14: Lokale Populationsdichten [Ind./m²] aspektbildender FE Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) wobei: linke Grafik: Mittlere Populationsdichten Tubificidae, rechte Grafik: Mittlere Populationsdichten Propappidae, Enchytraeidae und Naididae

Mit *Propappus volki* (Propappidae) wurde im Referenzgebiet RF eine weitere, stenotopie (.. und rheophile) Sandart nachgewiesen (vgl. Abb. 14: rechte Grafik). Die lokalen Individuenzahlen

schwankten in der Größenordnung zwischen 10^2 und 10^4 Ind./m², wobei die randständigen Stationen die höchsten Dichten aufwiesen. Möglicherweise besteht zwischen *Propappus* und *A. monospermathecus* eine Raumkonkurrenz. In den Randbereichen war der Propappide grundsätzlich um mindestens eine Zehnerpotenz individuenstärker präsent, bis auf Station L 47, wo der Brackwassertubificide mit über 5.000 Ind./m² klar dominierte. In der Fahrerinne war die quantitative Besiedlungsstruktur ausgeglichener; die Abundanzen beider Arten variierten in der Größenordnung 10^2 Ind./m². Denkbar wäre eine negative Wechselbeziehung zwischen den Arten, im Sinne der o. g. Konkurrenz und Verdrängung. Nach den Beobachtungen der Jahre 2002, 2003 ist dies offensichtlich nicht der Fall; typisch ist wohl eher eine Vergesellschaftung von *Propappus* und *Akteredrilus* sowie *Enchytraeus* spp. im selben Sandhabitat. Möglicherweise können es Abweichungen in der Korngröße des Sandmaterials sein, möglicherweise aber auch Zufall. Andererseits ist über die Synökologie dieser Arten zu wenig bekannt.

5.3.4 Altersstruktur

Die Bestimmung der Altersstruktur der Oligochätenfauna ist problematisch. Problematisch deshalb, weil es keine morphologisch differenzierbaren Merkmale (PFANNKUCHE 1977) und bis heute auch keine Konvention dazu gibt. Aus diesem Grunde wird im folgenden zwischen den Reife-Stadien „Kokon (Embryo)“, „juvenil“, „unreif“ und „reif“ unterschieden, wobei „reif“ auch reproduzierende (mit Eikokons) Tiere einschließt.

Auf die Tubificiden lässt sich die „Reife-Teilung“ gut anwenden, mit gewissen Abstrichen auch auf *Propappus* und die Enchytraeiden, und zwar unter Zusammenfassung der Stadien „juvenil“ und „unreif“, bei den Naididen aber versagt sie. Sie scheitert deshalb, weil Naididen die ungeschlechtliche Reproduktion (Paratomie) bevorzugen. Die sexuelle Fortpflanzung spielt nur eine untergeordnete Rolle. Der Anteil „reifer“, sich sexuell vermehrender Tiere (erkennbar am ausgebildeten Clitellum) in einer Naididen-Population, entsprach 0%. Was nicht überrascht, da im vorliegenden Untersuchungsmaterial Naididen nur sporadisch beobachtet wurden.

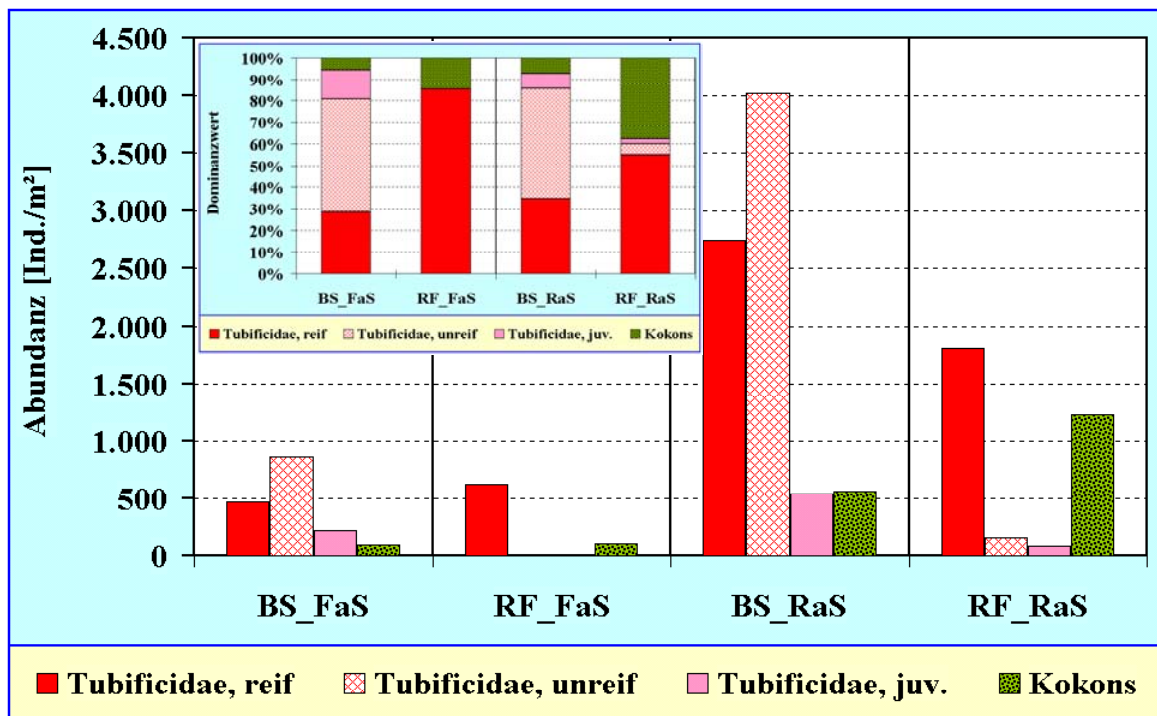


Abb. 15: „Altersstruktur“ *Tubificidae* (Oligochaeta) im Untersuchungsraum Unterelbe (rel. & abs. Abundanz, April 2004)

Für *Propappus volki* (Propappidae) war es genau umgekehrt: Je nach Parallele einer Station hatten mindestens 50, meist 90% der Würmer ein gut ausgebildetes Clitellum, waren also überwiegend geschlechtsreif. Innerhalb der Enchytraeiden sind dagegen selten „reife“ Tiere beobachtet worden. Der Bestand setzte sich hauptsächlich aus unreifen Stadien der Gattung *Enchytraeus* zusammen. Der Anteil maturer Exemplare lag unter 10%.

In Abb. 15 ist die Reifestruktur ausschließlich der *Tubificiden* hinsichtlich der vier Kriterien dargestellt - als Synonym für den Altersaufbau. Außer in der Fahrrinnenmitte des Referenzgebiets (= RF_FaS) waren *Tubificiden* in unterschiedlichen Entwicklungsstadien überall abundant: vom Embryo (= Kokon) bis zum Adultus. Immature und geschlechtsreife Tiere repräsentierten zusammen die Masse der *Tubificiden*fauna. Generell waren mehr Kokons als juvenile Tiere vertreten. Lokale Unterschiede in der Zusammensetzung der Reifestadien traten zutage. So war bezogen auf die Stationen der Fahrrinnenmitte die Altersstruktur zwischen Baggerstrecke und Referenz verschieden. Im Referenzgebiet waren fast nur adulte Tiere vorhanden, im Ausbaubereich dagegen ein Mix aus allen Stadien, analog RF jedoch mit niedrigen Abundanzwerten.

Im Probenmaterial der Fahrrinnenseiten war die Reifestruktur grundsätzlich ähnlich, abweichend war nur die relativ große Kokonzahl mit 1.200 Kokons/m² bzw. rd. 40% im Referenzraum RF. Wahrscheinlich ist die Reproduktion, die Eiablage in vollem Gange gewesen – sofern sich das mit einer Messung sagen lässt. Auf jeden Fall sind die Seitenräume des Fahrwassers produktive Gebiete, produktiver zumindest als die Fahrrinnenmitte. Ein Befund der für sowohl für die Baggerstrecke als auch für die Referenz zutreffend ist.

5.4 Interannueller Vergleich

Der interannuelle Vergleich im folgenden Kapitel setzt sich generell mit den Untersuchungsjahren 2001 bis 2004 auseinander. Wie bereits in Kap. 5.2.2 angemerkt, bestehen hinsichtlich der „Eingangssituation“ April 1999 bestehen Zweifel, ob es sich tatsächlich um einen sog. „unbelasteten“ Referenz-Zustand gehandelt hat.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit repräsentiert der Status quo 1999 jene Situation, wie sie sich nach intensiven **Unterhaltungsbaggerungen** einstellt (vgl. Kap. 3). So sind von Januar bis Dezember 1998 erhebliche Mengen Baggergut aus dem Streckenabschnitt km 648,5 - 653 entnommen worden (vgl. Abb. 16): Insgesamt rd. 2,1 Mio. m³/Jahr, durchschnittlich 0,17 Mio. m³/Monat, und die mittlere Baggerfrequenz lag bei rd. einem Eingriff/Monat. Die Intensität und das Wiederholungsintervall streuten bis in den April 1999 hinein. D. h., das System hatte überhaupt keine Gelegenheit Verluste auszugleichen. Entsprechend niedrig und typisch für **vorbelastete** Zustände sind in der Status quo-Erhebung die qualitativ-quantitativen Parameter ausgefallen (vgl. BIOCONSULT 1999).

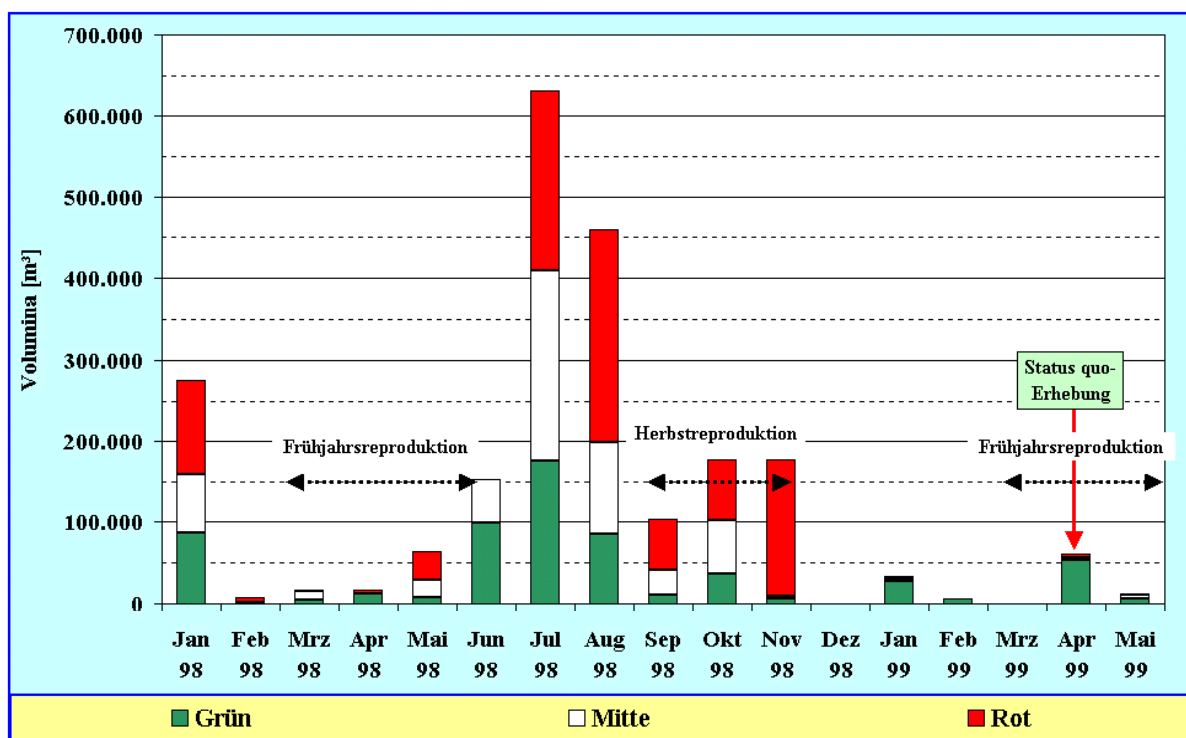


Abb. 16: Monatliche Baggermengen Strom-km 648,5-653 von Januar 1998 bis Mai 1999 (Unterhaltungsaufwand)
Grün = Fahrinne Steuerbordseite; Rot = Fahrinne Backbordseite; Mitte = Fahrinne mittig

In der vorstehenden Abbildung sind die allgemeinen Reproduktionszeiten der Oligochäten eingetragen, die Frühjahrs- und Herbstperiode. Diese fallen mit den zeitparallelen Baggeraktivitäten zusammen. Im Sommer sind zwar die größten Volumina entnommen worden, allerdings sind dies die Monate mit der geringsten Fortpflanzungsaktivität. Im Herbst dagegen wurden noch bis zu $1,5 \times 10^5$ m³/Monat Sediment gebaggert. Mit anderen Worten: Die Gemeinschaft der Oligochäten ist vermutlich mit einem Minimalbestand in die reproduktionsfreie Wintersaison 1998/99 gegangen.

Eine denkbar schlechte Ausgangssituation für die nächstjährige Reproduktion, so dass die geringen Besiedlungsdichten in 1999 v.a. im Bereich der Baggerstrecke sehr wahrscheinlich vor dem Hintergrund der hohen Unterhaltungsintensität in 1998 zu sehen sind. Mit jeder Baggerung werden nicht nur die maturen, sexuell aktiven Tiere entnommen, sondern auch die immaturen, juvenilen und Eistadien (= Kokons). D. h. nicht allein die F 1-Elterngeneration wird vernichtet, sondern genauso die nachwachsende (n) F 2 - F_x-Generation (en). Und je häufiger bzw. kurzfristiger das Eingriffsintervall, umso effektiver die Bestandsdezimierung. Die Mobilität der Oligochäten ist relativ begrenzt. Aktive Flucht, wie bspw. bei den Gammariden, ist bis auf wenige, schwimmende Naididen, nicht bekannt. Die Würmer leben vagil im Interstitial, wo auch die Kokons deponiert werden, oder sessil in Röhren (Voraussetzung: lagestabile Sedimente). Im Gegensatz zu den Organismen der 1000 µm-Fraktion wie z.B. Polychäten oder Bivalven haben sie nicht das Vermögen, durch me-roplanktische Larvenstadien große Strecken zu überbrücken, um neue Gebiete schnell und erfolgreich zu besiedeln. Die einzige Möglichkeit zur Bestandserhaltung ist ihr grundsätzlich sehr hohes Reproduktionsvermögen. Nur das kann nicht greifen, wenn das System ständig gestört wird, der Unterhaltungsaufwand, das Eingriffsintervall höher ist als das Fortpflanzungspotential. Und das war 1998/1999 offensichtlich der Fall. Infolgedessen kann der „ausgedünnte“ Oligochätenbestand **nicht** als Messlatte für ungestörte Rahmenbedingungen gelten. In der weiteren Diskussion wird dem Eingangsjahr 1999 anders als bei der 1000 µm-Fraktion eine geringere Beachtung geschenkt. In den entsprechenden Abbildungen sind aber die diesbezüglichen Mittelwerte zur Information mit eingetragen.

5.4.1 Taxazahlen

Tab. 8: Faunenspektrum der Oligochaeta im Untersuchungsraum Unterelbe km 647-653 (1999, 2001 bis 2004)

Legende: BS = Baggerstrecke & RF = Referenzbereich; FaS = Stationen mittig in Fahrrinne (Stromstrich) & RaS = Stationen am linken und rechten Fahrrinnen-Rand (Seitenraum Fahrwasser); KA = keine Angabe

Untersuchungsjahr	1999				2001				2002				2003				2004			
Teilgebiet	BS_ FaS	RF_ FaS	BS_ RaS	RF_ RaS	BS_ FaS	RF_ FaS	BS_ RaS	RF_ RaS	BS_ FaS	RF_ FaS	BS_ RaS	RF_ RaS	BS_ FaS	RF_ FaS	BS_ RaS	RF_ RaS	BS_ FaS	RF_ FaS	BS_ RaS	RF_ RaS
<i>Aeolosoma quaternarium</i>														x		x				
<i>Aeolosoma</i> sp.								x		x	x	x								
<i>Propappus volki</i>		x		x	x			x			x	x	x	x		x		x		x
<i>Enchytraeus albidus</i>														x		x		x		x
<i>Enchytraeus buchholzi</i>														x		x				x
<i>Enchytraeus</i> sp.		x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Marionina argentea</i>														x		x				
<i>Lumbricillus</i> (syn. <i>Pachydrilus</i>) sp.				x																
<i>Enchytraeidae</i> indet.		x		x																
<i>Amphichaeta leydigii</i>												x	x		x					
<i>Amphichaeta sanio</i>					x															
<i>Chaetogaster setosus</i>					x											x				
<i>Chaetogaster</i> sp.														x						
<i>Nais barbata</i>											x									
<i>Nais elinguis</i>					x		x				x	x	x		x			x		x
<i>Nais pardalis</i>												x								
<i>Vejdovskyella intermedia</i>					x		x	x				x					x		x	x
<i>Akteredrilus monospermathecus</i>					x	x	x	x		x	x	x		x		x		x		x
<i>Limnodrilus clapparedanus</i>			x		x						x							x		
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Limnodrilus profundicola</i>					x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x
<i>Limnodrilus udekemianus</i>			x		x		x		x		x		x		x		x		x	
<i>Potamothrix moldaviensis</i>							x	x	x		x	x	x		x		x			x
<i>Peloscolex</i> sp.											x									
<i>Tubifex tubifex</i>												x			x			x		
<i>Tubifex</i> sp.									x			x								
Tubificidae ohne Haarborsten	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Tubificidae mit Haarborsten					x							x	x	x	x	x	x		x	
Tubificidae juvenil	KA	KA	KA	KA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Taxa Oligochaeta	2	4	4	6	14	5	10	10	7	5	14	16	11	12	11	13	8	6	8	11
Kokons (Oligochaeta indet.)	KA	KA	KA	KA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Turbellaria indet. (Scolecida)	KA	KA	KA	KA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nematoda indet. (Scolecida)	KA	KA	KA	KA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Von 2001 auf 2002 ist eine Zunahme der Taxazahlen Oligochaeta im Untersuchungsgebiet Unterelbe zu verzeichnen gewesen: von insgesamt 16 auf 20 Taxa. Im Berichtsjahr 2003 stockte die Zahl bei 19 Taxa gesamt, und 2004 fiel sie mit 16 Taxa auf den Eingangswert zurück (vgl. Tab. 8). Mit anderen Worten: Der qualitative Zuwachs bis 2002 hat sich nicht fortgesetzt, die Artenvielfalt stagnierte und zeigte eine allgemein rückläufige Tendenz. Während in 2001 die Baggerstrecke (BS) noch artenreicher ausgestattet war, ist die Artenstruktur im Referenzbereich (RF) heute eindeutig vielfältiger. Der Strukturwandel hin zu einer diverseren Artenbilanz zugunsten der Referenz ist an den im Randbereich der Fahrrinne befindlichen Stationen am deutlichsten ausgefallen (vgl. Tab. 8: Teilgebiete RaS). Diese Tendenz ist in der Fahrrinnenmitte (FaS) nicht hervorgetreten. Vielmehr ist der zentrale Bereich der Fahrrinne grundsätzlich artenarm strukturiert. Einerseits ist es der Ubiquist *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae), der in schluffhaltigen Feinsänden siedelt, andererseits sind es die Spezialisten *Propappus volki* (Propappidae) und *Akteredrilus monospermathecus* (Tubificidae), die in den Sandhabitaten der Fahrrinne koexistieren.

Auffälligstes Merkmal im Zeit-Raum-Vergleich waren Artfluktuationen. Eukonstante, stetige Spezies waren eindeutig in der Minderzahl. Sie beschränkten sich auf *Enchytraeus* sp./cf. *albidus* (Enchytraeidae) und *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae). *Propappus volki* (Propappidae) und *Limnodrilus profundicola* sowie *Akteredrilus monospermathecus* (Tubificidae) sind noch als konstante Elemente einzustufen, allerdings fluktuierten sie im interannuellen und speziell im räumlichen Vergleich doch erheblich. 2001 siedelten sie im gesamten Untersuchungsraum, ab 2002 sind sie (fast) ausnahmslos im Referenzbereich identifiziert worden. Besonders unstetig und von annuellen Wechseln gezeichnet, war die Naididenfauna. Während *Vjedovskyella intermedia* in 2001 noch weitläufig verbreitet war, ist die Art danach nur noch sporadisch beobachtet worden. Dafür tauchte ab 2002 zum ersten Mal *Amphichaeta leydigii* auf. In 2003 war das Vorkommen auf den Baggerbereich begrenzt. Abgesehen von *Nais elinguis*, ein typischer Gewässerubiquist, der wiederholt und beinahe regelmäßig im Quer- und Längsschnitt registriert wurde, sind die Naididen nicht in der Fahrrinne und den randständigen Bereichen beheimatet. Sie präferieren strömungsberuhigte Flachwassergebiete und das Eulitoral. Im Tiefwasser der Fahrrinne haben sie vielmehr den Status eines Zufallsgasts.

In Abb. 17 sind die mittleren Taxazahlen/Station Oligochaeta im interannuellen und lokalen Vergleich dargestellt (lila Rechtecke in Grafik jeweils links unten = Mittelwerte aus Bestandserhebung 1999, vgl. BIOCONSULT 1999).

Ein Phänomen fällt sofort ins Auge: Im Baggerbereich BS, egal ob Fahrrinnenmitte (= FaS) oder Randstationen (= RaS), geht die Tendenz seit 2001 nach unten. Zu beobachten ist an beiden Stationsgruppen ein deutlicher Rückgang der mittleren Taxazahl von rd. 7 auf < 4 Taxa, wobei im Material der Fahrrinnenrand-Proben die Taxazahlen leicht höher waren. Nichtsdestoweniger ist in der Baggerstrecke eine Verarmung des Arteninventars von 2001 bis 2004 offensichtlich. Statistisch sind die Mittelwert-Differenzen (BS-FaS) zwischen den Jahreskollektiven 2001, 2003 & 2003 zufällig, signifikant niedriger ist allerdings 2004 gegenüber 2002 & 2001 (Varianzanalyse: F-Test, Tukey-Test; $\alpha = 0,01$). Mit durchschnittlich nur noch 3,4 Arten ist in 2004 tatsächlich ein Minimum erreicht. Analog ist die Situation bei der Stationsgruppe BS_RaS, allerdings beschränkt sich die signifikante Abweichung vom Mittelwert auf das Ein- und Ausgangsjahr 2001 vs. 2004. Generell sollte aber in Anbetracht der biologischen Variabilität besser die Tendenz als Vertrauensmaß herangezogen werden - wie auch im weiteren, insbesondere der quantitativen Betrachtung.

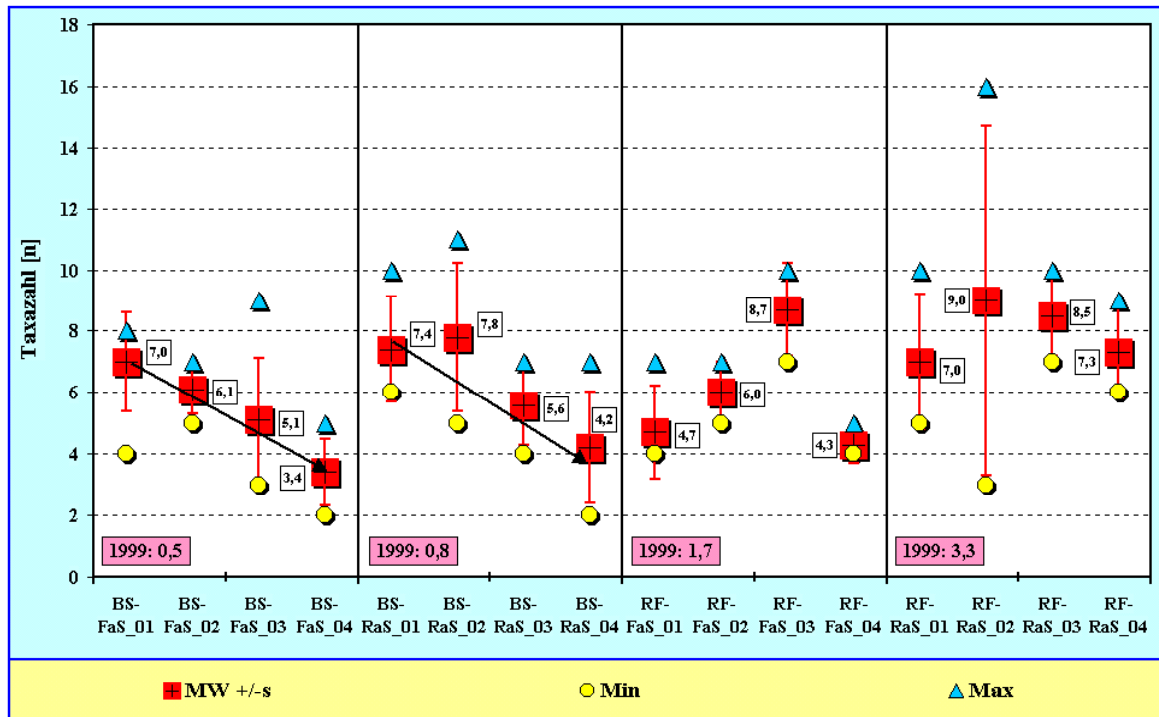


Abb. 17: Interannueller Vergleich der mittleren Taxazahl Oligochaeta/Station im Untersuchungsraum Unterelbe km 647-653 (01 = 2001, 02 = 2002, 03 = 2003 und 04 = 2004). BS = Baggerstrecke & RF = Referenzbereich; FaS = Stationen mittig in Fahrrinne (Stromstrich) & RaS = Stationen am linken und rechten Fahrrinnen-Rand (Seitenraum)

Im Referenzbereich RF verlief die zeitliche Entwicklung hingegen anders. Im Grundsatz gleichbleibend, aber mit auffällig hoher, jährlicher Variabilität, die unabhängig von der Position der Stationen (Fahrrinnenmitte oder – rand) verzeichnet wurde. Die mittlere Taxazahl lag im Bemessungsjahr 2001 mit 5 bzw. 7 Taxa unter dem Niveau des Baggerbereichs, ab 2002 fand bereits ein Angleich der Zahlen statt und in 2003 signifikant höhere Mittelwerte (Varianzanalyse: F-Test, Tukey-Test; $\alpha = 0,01$). In 2004, erfolgte im Referenzabschnitt wie auch im Ausbaubereich ein Rückgang, insgesamt waren die Taxazahlen mit > 4 und > 7 Taxa blieben die Taxazahlen aber dennoch höher als in der Baggerstrecke. D. h., von 2001 über 2003 bis 2004 hat sich die ursprünglich „bescheidene“ Oligochätengesellschaft im Referenzraum zu einer vergleichsweise vielfältigeren Sandbodengemeinschaft entwickelt. Zwischen Fahrrinnen- und Randstationen war allerdings ein numerisch unterschiedliches Niveau erkennbar: > 4 Arten in der Fahrrinnenmitte, > 7 Arten an den Stationen der Fahrrinnenränder. Die geringen Werte in der Fahrrinnenmitte ist durchaus erklärlich. Die tiefe Gewässersohle ist extremen Strömungsgeschwindigkeiten und enormer Sedimentmobilität ausgesetzt. Mit diesen Randbedingungen können unter „normalen“ Umständen auch nur wenige robuste Ubiquisten oder angepasste Spezialisten konkurrieren, bspw. *Limnodrilus hoffmeisteri* oder *Pro-pappus volki*. Bezeichnenderweise ist im Ausbauabschnitt BS diese „natürliche“ Fahrrinnenverarmung nicht eingetreten; sowohl im Randbereich wie im Stromstrich bereits wenige Arten. Zweifelsohne ein weiteres Indiz für die Degradation durch die intensive Unterhaltungsbaggerei.

Im Gegensatz zur Baggerstrecke, aus der in den letzten Jahren regelmäßig große Volumina im Rahmen des ausbaubedingten Unterhaltungsmehraufwands entnommen wurden (vgl. Kap. 3.2), ist der Referenzbereich zwar nicht verschont geblieben, die Unterhaltungsmengen waren im Vergleich zur Ausbau- bzw. Baggerstrecke gering und die Wiederholungsfrequenz niedrig. Zum Vergleich (Baggermengenstatistik WSA HH): Im Abschnitt zwischen Strom-km 648,5 und 653,0 sind von Ja-

nuar bis Dezember 2003 Baggervolumina in der Größenordnung $4 \times 10^5 \text{ m}^3$ entnommen worden; im Zeitraum Januar bis April 2004 knapp $1,5 \times 10^5 \text{ m}^3$. Bezogen auf den Monat durchschnittlich ca. 3×10^4 in 2003 und rd. $4 \times 10^4 \text{ m}^3$ in 2004. Im Referenzbereich zwischen Strom-km 647 und 648,5 sind im monatlichen Vergleichszeitraum nur um 10^3 m^3 Sandvolumina gebaggert worden, in etwa nur 2-5% der in der Baggerstrecke angefallenen Volumina. Die mittlere Anzahl der Baggerungen (Bemessungszeitraum 1997-2001) war auch signifikant geringer: RF vs. BS wie 0,75 zu 0,16 Eingriffe/Monat (vgl. Tab. 1).

Zweifelsohne ist der **Unterhaltungsaufwand** ein Masterfaktor, welcher den numerischen Parameter Artenzahl beeinflusst. Bei den Entnahmemengen und wiederholten Eingriffen kann sich nur noch eine rudimentäre Fauna aus robusten Allerweltsarten oder Opportunisten behaupten. Und genau das ist die gegenwärtige Spezies *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae) die in der Baggerstrecke überhaupt noch abundant ist (vgl. Tab. 7 & Tab. 8).

5.4.2 Dominanz

Abb. 18 zeigt die Veränderungen in der Dominanzstruktur der Oligochätenfauna für die Abschnitte Baggerstrecke (= BS) und Referenz (= RF) im interannuellen Vergleich. Die Anordnung orientiert sich abschnittsweise von West nach Ost, und für einen Abschnitt aufsteigend nach der Jahreszahl. Das Eingangsjahr 1999 ist in diese Betrachtung aufgenommen worden, da keine Absolutwerte, sondern die relative Zusammensetzung verglichen wird, und die prozentualen Anteile sollten bei der postulierten Vorschädigung durchaus Ähnlichkeiten mit den Folgejahren aufweisen.

Die Änderungen im Baggerbereich waren geringfügig; vielmehr erwies sich die Situation als verhältnismäßig statisch. Bestandsbildend waren immer Tubificiden, wobei die juvenilen und nicht geschlechtsreifen Tiere mit 60 bis 70% in der Summe die eudominante Gruppe darstellten. Nach dem Ausbau waren die Veränderungen marginal und spielten sich innerhalb der Gattung *Limnodrilus* ab. Die Artenhierarchie ist jedoch immer von *Limnodrilus hoffmeisteri* angeführt worden, wobei die Bestandsquote in dem relativ engen Bereich zwischen 20 und 30% variierte. Die stärksten Fluktuationen traten bei den Schwesterarten *Limnodrilus claparedeanus* und *L. udekemianus* auf; allerdings bewegten sich die Bestandsschwankungen im subzedenten bis max. subdominanten Bereich. *Limnodrilus profundicola* war immer dann mit *L. hoffmeisteri* assoziiert, wenn der Sedimenttyp in Richtung Sand tendierte und der Schluffanteil niedrig war. In 2004 ist *L. profundicola* in der Baggerstrecke nicht mehr identifiziert worden.

Naididen waren im Baggerbereich präsent. Die Familie unterlag jedoch sehr starken, interannuellen Fluktuationen. *Vjedovskyella intermedia*, *Nais* spp, *Amphichaeta* spp. u. a. (vgl. Tab. 8) waren temporär und sporadisch präsent, allerdings nie mit dominanten Populationsanteilen; wenn, dann allerhöchstens mal rezedent; in der Regel subzedent (Bestandsquote <1%).

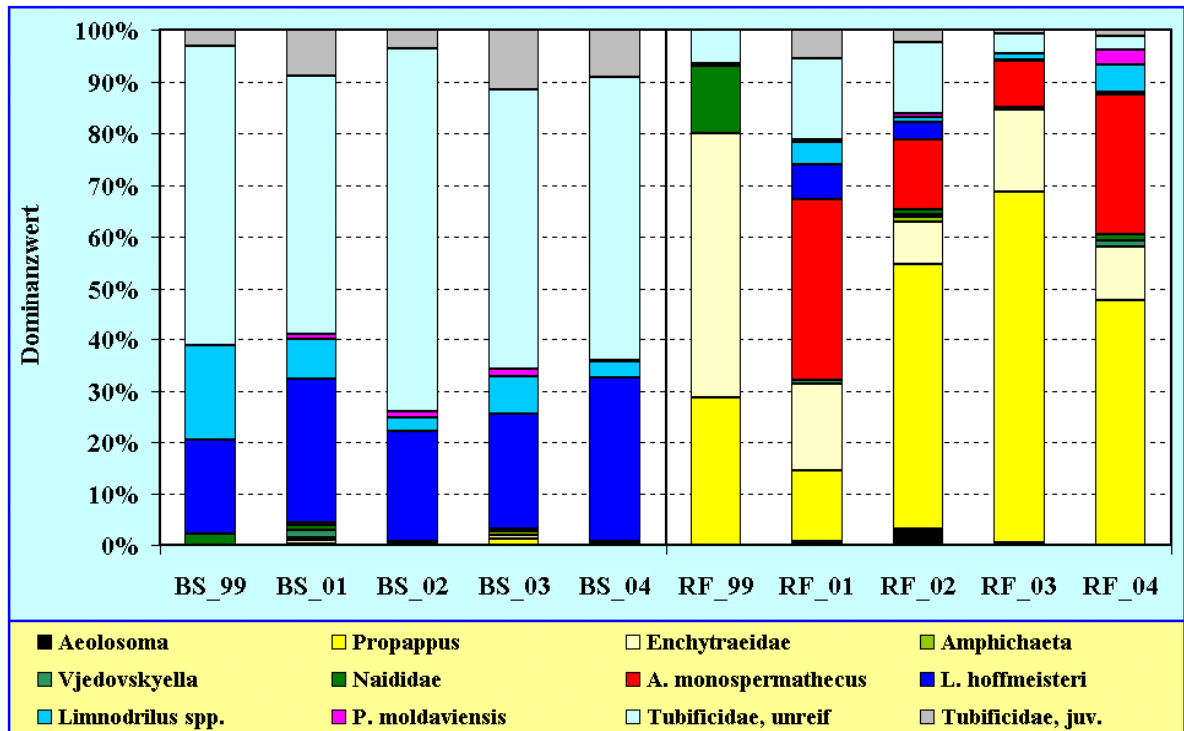


Abb. 18: Interannueller Vergleich der Dominanzstruktur im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653). BS = Baggerstrecke & RF = Referenzbereich (Legende: _99, _01 usw. = 2-stellige Jahreszahl)

Für den Bereich der Referenz RF ist auf den ersten Blick eine vergleichsweise höhere Variabilität kennzeichnend gewesen. Bei genauerer Betrachtung lässt sich diese Dynamik aber auf eine Ursache zurückführen. Im Gegensatz zu vorwiegend schluffhaltigen Mischsubstraten in der Baggerstrecke ist die Gewässersohle im Referenzraum monotypischer zusammengesetzt: hauptsächlich Sand. Entsprechend diesem lokalen Sedimenttyp hat sich eine Sandbodengesellschaft aus *Propappus volki* und *Enchytraeus* spp. etabliert. Diese Assoziation ist nach 2000 durch den Brackwassertubificiden *Aktedrilus monospermathecus* ergänzt worden, ebenfalls eine stenotope Sandart. Im April 2001, vermutlich kurz nach der Einwanderung, erreichte die Spezies einen Dominanzwert von rd. 40% und verdrängte damit *Enchytraeus* cf. *albidus* vom Spitzenplatz. 2002 ist die Dominanzhierarchie eingebrochen und *Propappus volki* konnte sich erneut durchsetzen. Mit rd. 50% und ein Jahr später mit >70% war die stenotope Sandart das bestandsbildende Element im Referenzbereich. Zeitgleich reduzierte sich die Bestandsquote von *A. monospermathecus* von 20 auf rd. 10% in 2003. In 2004 schlug das Pendel wieder zurück: Der Populationsanteil von *P. volki* fiel knapp unter 50%, allerdings bei unveränderter Dominanzhierarchie der Art, während *A. monospermathecus* wieder rd. 30% des Gesamtbestandes erreichte.

Aktedrilus monospermathecus ist das, was allgemein hin als mariner Oligochät bezeichnet wird (DZWILLO 1966). Der Tubificidae dringt weit in die Brackwasserzone ein; die obere Verbreitungsgrenze liegt etwa bei 1-2‰ (GIERE & PFANNKUCHE 1982). Anders ausgedrückt: Das lokale Vorrücken dieser Spezies elbeaufwärts wird über den Salzgehalt gesteuert bzw. durch die Lage der oberen Brackwassergrenze in der Tideelbe; und diese ist wiederum abhängig von hydrodynamischen Rahmenbedingungen, wie Oberwasser, Windrichtung und Stärke, Sturmfluten etc. Der Wechsel in der Dominanzhierarchie 2002/2003 zugunsten *Propappus volki* kann also aufgrund ungünstiger Rahmenparameter eingetreten sein, bspw. durch einen hohen, frühjährlichen Oberwasserabfluss und damit bedingte Aussüßung im Strombereich. Dieses fördert natürlich die Entwicklung der Süß-

wasserspezies *P. volki* und drängt die „marine“ Art *A. monospermathecus* stromabwärts. Ein Bestand kann sich temporär halten, da *Aktedrilus* auch Süßwasserperioden übersteht - jedoch nicht auf Dauer (pers. Mitt. ERSEUS, Stockholm), und fortpflanzen kann sich das Tier nur bei einem Mindestsalzgehalt $> 2\text{‰}$. Was in Zukunft bei Salzgehaltmessungen beachtet werden sollte, ist die Tatsache, dass für das Zoobenthos und die Interstitialfauna nicht der Salzgehalt in der Wassersäule entscheidend ist, und schon gar nicht an der Oberfläche, sondern die Konzentration direkt über der Sohle bzw. im Porenwasser, die für die Endofauna biologisch wirksam ist. Was wahrscheinlich auch erklärt, dass noch in sog. limnischen Abschnitten, bspw. Neßsand, reproduzierende Populationen von *A. monospermathecus* beobachtet wurden (KRIEG, in BIOCONSULT 2004).

5.4.3 Abundanz

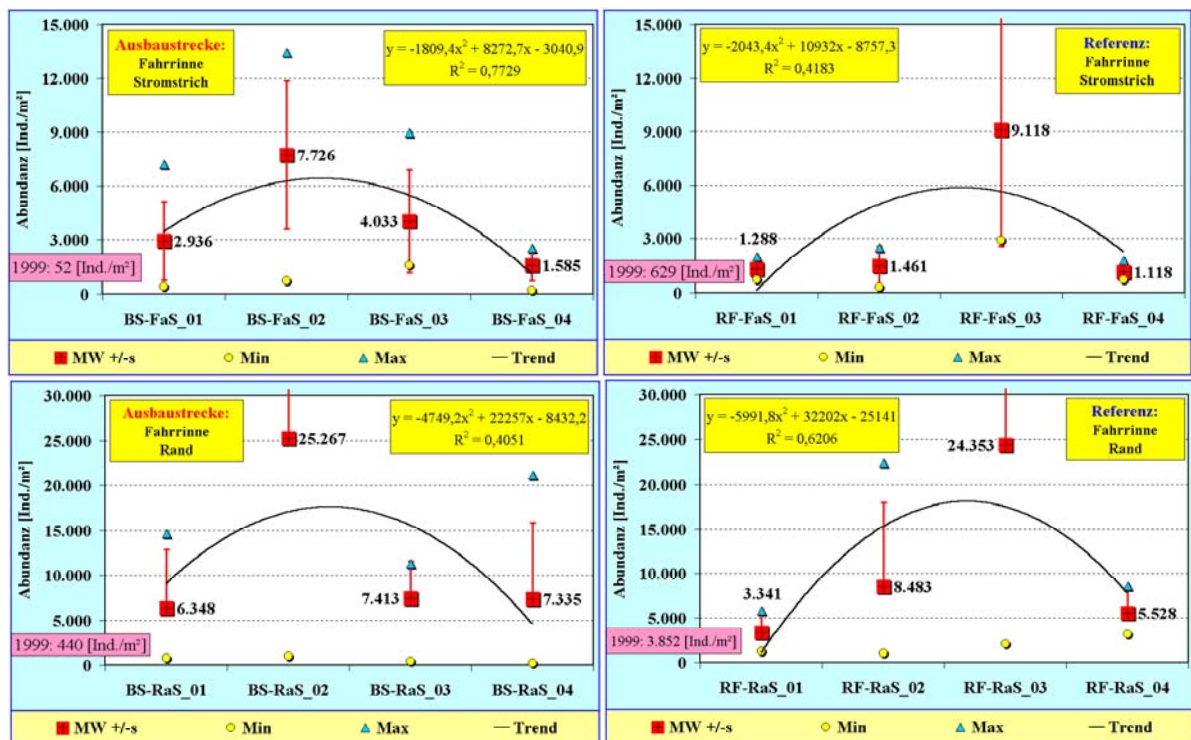


Abb. 19: Interannueller Vergleich der mittleren Abundanz/Station [Ind./m²] im Untersuchungsraum Unterelbe (Strom-km 647-653); differenziert nach BS = Baggerstrecke (links) & RF = Referenzbereich (rechts); FaS = Stationen mit-tig in Fahr-rinne (Stromstrich) & RaS = Stationen am linken und rechten Fahr-rinnen-Rand (Seitenraum Fahr-wasser)

In Abb. 19 sind die durchschnittlichen Individuenzahlen pro Station gebietsweise im Jahresvergleich zusammengestellt, außerdem die jeweilige Trendlinie sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte und die Extrema.

Was als erstes auffällt, ist die Variabilität (hier vgl. Standardabweichungen, Lage der Extrema und deren Spannweiten) der Individuenzahlen in Raum und Zeit, die eine statistische Auswertung (Mittelwertvergleich mehrerer Stichproben) in dem Sinne erschwert, als das Nicht-Normalverteilung und Ungleichheit der Varianzen vorliegen. Was wiederum zur Anwendung parameterfreier, unscharfer Prüfverfahren zwingt, mit dem Resultat meist zufälliger Mittelwertdifferenzen. Deshalb,

und auch wegen der relativ geringen Stichprobenzahl eines Kollektivs, ist zusätzlich die Trendlinie in die Grafiken eingetragen worden und soll gemeinsam mit den berechneten „Eckwerten“ als Äquivalent primär herangezogen werden.

Wie schon bei den Taxazahlen (vgl. Abb. 17), so treten auch bei den Abundanzen charakteristische Eigenheiten hervor: Im **Baggerbereich BS** kam es nach dem Ausbau bis 2002 zu einem deutlichen Anstieg der mittleren Individuendichten, der sich in 2003/04 jedoch nicht fortsetzte, sondern nach 2002 abrupt in sich zusammenfiel. Dies betraf die Stationen in der Fahrrinnenmitte (= FaS) wie im Randbereich (= RaS) gleichermaßen, wobei die durchschnittliche Gesamtwohndichte der Oligochäten im Fahrrinnenrand stets höher ausfiel (beachte unterschiedliche Skalierung der Ordinate).

Unter Vernachlässigung der individuenreichen, allerdings extremalen 2002-er Ergebnisse lagen die Durchschnittszahlen auf vergleichbarem, beinahe konstantem Niveau. Im Randbereich RaS variierten die mittleren jährlichen Abundanzen nur zwischen 6×10^3 und 7×10^3 Ind./m². Im Stromstrich FaS war die Amplitudenschwankung von 2×10^3 bis 4×10^3 Ind./m² im Schnitt auch nicht wesentlich größer. Unter Berücksichtigung der Variabilität fielen die Mittelwertabweichungen dementsprechend zufällig aus (Varianzanalyse: H-Test, $\alpha = 0,01$). Charakteristisch für beide Teilbereiche war, das über 2002 hinaus das berechnete Maximum, dann ein Rückgang in beiden Teilräumen bis knapp unter den mittleren Abundanzwert von 2001. In 1999 war der zukünftige Ausbaubereich extrem individuenarm besiedelt, gegenüber 2001 um den Faktor 15 bis 30 niedriger! Die direkte Wirkung der Baumaßnahme ist jedoch nicht darstellbar, da die Folgeuntersuchungen erst im April 2001 aufgenommen wurden. Die in 1999 beobachtete, sehr geringe Besiedlung der Baggerstrecke könnte ein Hinweis auf eine Verschädigung, wahrscheinlich verursacht durch den intensiven Unterhaltungsaufwand in dem Jahr (vgl. Kap. 3.2), sein.

Im **Referenzbereich RF** ist es ebenso gewesen, dass im Material der Randstationen (= RaS) immer sehr viel mehr Individuen gezählt wurden als in den Proben der Fahrrinnenmitte (= FaS). Womit sich die direkten Gemeinsamkeiten bereits erschöpft haben.

Im Referenzraum zeigte die Besiedlungsdichte bis 2003 ansteigende Tendenz. Im Teilgebiet RaS hat sich der mittlere Individuenbestand bis 2003 jährlich mehr als verdreifacht: von 3×10^3 über 7×10^3 bis 2×10^4 Ind./m² & Station. Im Stromstrich der Fahrerinne FaS stagnierte die Wohndichte bis 2002 bei rd. 10^3 Ind., um in 2003 spontan auf 7×10^3 Ind./m² anzusteigen. Im Abschlussjahr 2004 ist der Individuenbestand beider Teilgebiete gegenüber dem Vorjahr wieder rückläufig gewesen: In der Fahrerinne entsprechend dem Niveau von 2001/2002 und im Randbereich über dem Durchschnittswert von 2001. Die extremste Auslenkung trat im Gegensatz zur Ausbaustrecke ein Jahr später ein, in 2003. Unter Ausschluss dieser Situation waren in der Fahrerinne die mittleren Abundanzen mit ≈ 1.200 Ind./m² auffallend identisch (Varianzanalyse: H-Test, $\alpha = 0,01$). Im Probenmaterial der Randstationen lag der durchschnittliche Ausgangswert mit 6×10^3 Ind. tendenziell über dem Mittelwert von 2001 mit 3×10^3 Ind./m². Im Vergleich zur Baggerstrecke ist folgendes aufschlussreich, nämlich dass die Eingangsabundanzen aus 1999 jener Größenordnung entsprachen, wie sie für die Folgejahre auch kennzeichnend waren (ohne das Extremjahr 2003): Im Stromstrich FaS = 1×10^3 Ind. und im Randbereich RaS = 4×10^3 Ind./m².

Die lokal unterschiedlichen Besiedlungsdichten zwischen Bagger- und Referenzbereich können durchaus als Reaktion der Oligochätenfauna auf die Baumaßnahme und den ungleich höheren Unterhaltungsaufwand verstanden werden. Analog den Taxazahlen (vgl. Kap. 5.4.3) hat sich in der

Baggerstrecke nach den Eingriffen (= von 1998 bis Frühjahr 1999 intensive Unterhaltungsbaggerei, anschließend die Fahrrinnenvertiefung und –verbreiterung) eine scheinbare Erholung gezeigt. Hohe Artenzahlen in 2001, noch höhere Individuendichten bis 2002, dann aber ab 2003 der Einbruch und steile Rückgang dieser Parameter bis 2004. Parallel dazu hat sich die Bodengemeinschaft im benachbarten Referenzgebiet anders entwickelt: Abgesehen von der jährlichen Variabilität der Parameter, signifikant höhere Taxazahlen in 2003 - eingeschränkt auch in 2004 - und ein tendenzieller Zuwachs der mittleren Abundanzen von 2001 über 2003 bis 2004 gegenüber der Ausbaustrecke (vgl. Abb. 19).

Was kann diese Populationsdynamik bewirkt haben? Von der Abiotik sind die, wenn auch benachbarten Flussabschnitte z.T. unähnlich. Im Referenzgebiet (Strom-km 647-649) steht monotypisch Sand an: (Fein-) Mittel- und Grobsand (außerdem Kies). Im Laufe der Jahre hat der Grobsandanteil noch deutlich zugenommen. In 2004 war diese Fraktion mit rd. 76% der Sedimenttyp im Gebiet RF überhaupt (vgl. Kap. 5.1.2). Im Ausbaubereich (Strom-km 649-653) dagegen heterogenes Mischsediment: Von Klei und Schlick über schluffhaltigen Feinsand bis hin zu Mittelsand. Charakteristisch für die Baggerstrecke waren schlickige Substrate. Bis 2004 war zwar eine Zunahme von Mittelsand zu beobachten, dominant blieb jedoch der Sedimenttyp Schluff (dto. Kap. 5.1.2). Danach lässt sich plausibel ableiten, dass auch Strömung und Sedimentmobilität lokal differierten. Im Referenzabschnitt waren diese Parameter ausgeprägter: Also, höhere Strömungsgeschwindigkeit und instabile Sohlstrukturen, wie bspw. bewegliche (Groß-) Rippel. In der Ausbaustrecke dagegen Sedimentationsräume mit geringer Strömungsgeschwindigkeit, mit der Konsequenz schluffiger Substrate. Demnach müsste der Baggerabschnitt eigentlich umfangreicher besiedelt sein. Denn für naidomorphe Oligochäten gilt grundsätzlich folgende Regel: Schlick und (lagestabile) Mischsubstrate sind um 1 bis 2 (3) Zehnerpotenzen dichter besiedelt als Sande. Sind die Sande in Bewegung, werden die Differenzen noch größer. Das Arteninventar ist dagegen in sandigen Sedimenttypen im allgemeinen vielfältiger, vorausgesetzt das Substrat ist lagestabil (vgl. dazu PFANNKUCHE 1977). Werden diese Erfahrungen auf den Untersuchungsraum übertragen, so müsste die Baggerstrecke zwischen Strom-km 649 und 653 hinsichtlich der genannten Populationsparameter besser ausgestattet sein, was sie allerdings nicht ist. Nachstehend sind Vergleichsdaten aus ungestörten Gebieten des limnischen Unterelberaums aufgelistet: Fährmannssand und Mühlenberger Loch. Der Fährmannssand liegt am nördlichen Elbeufer zwischen Strom-km 642 – 648. Die Daten sind der mehrjährigen Untersuchung von PFANNKUCHE (1977) entnommen (1973 - 1976). Seit der Zeit hat auf dem Fährmannssand kein Eingriff stattgefunden, i. S. von Erheblichkeit/Nachhaltigkeit. Weitere Vergleichszahlen gehen zurück auf eine Untersuchung des ursprünglichen Mühlenberger Lochs (1990 - 1992) (POSEWANG-KONSTANTIN et al. 1992). Beide Untersuchungen beschäftigten sich ausschließlich oder vorrangig mit der Oligochätenfauna. In beiden Fällen ist methodisch weitgehend analog gearbeitet worden, so dass die Ergebnisse vergleichbar sind.

Tab. 9: Individuenangaben Oligochaeta aus Beweissicherung Fahrrinne Unterelbe und Vergleichsgebieten [$\emptyset$ Ind./m²]
Legende:
 RF = Referenzgebiet; BS = Bagger- bzw. Ausbaustrecke; FS = Fährmannssand; ML = Mühlenberger Loch. k. A. = keine Angabe

Unterelbe	Strom-km 647-653				Vergleichsgebiete	
Gebiet	RF		BS		FS	ML
U-Jahr	2001	2004	2001	2004	1973-1976	1990-1992
$\emptyset$ Substrat	Schlick					
Spanne			700-15.000		$\geq 1,5 \times 10^5$	$\geq 3,5 \times 10^5$
Größenordnung			$10^3 - (10^4)$		$10^4 - 10^5$	$10^4 - 10^5$
Mittelwert			6.500		95.000	56.900
$\emptyset$ Substrat	Mischtyp (Schluff/Sand)					
Spanne				200-22.000	k. A.	k. A.
Größenordnung				$10^3 - (10^4)$	10^4	10^4
Mittelwert				7.000	50.000	28.000
$\emptyset$ Substrat	Sand					
Spanne	700-6.000	700-9.000	400-7.000	200-3.000	k. A.	k. A.
Größenordnung	10^3	10^3	10^2-10^3	10^2-10^3	10^3	10^3
Mittelwert	2.300	3.400	3.000	1.500	3.000	2.500

Im Grunde sprechen die Zahlen für sich. Im Referenzgebiet RF waren von 2001 auf 2004 die statistischen Eckdaten vergleichsweise stabil; tendenziell sogar ein leichter Anstieg der mittleren Besiedlungsdichte. Mit durchschnittlich 3×10^3 Ind./m² ist die Raumkapazität für sandige Sedimenttypen in 2004 voll erreicht; in 2001 war sie es allerdings auch schon. Die Vergleichszahlen der ungestörten Sandflächen des Mühlenberger Lochs und des Fährmannssands entsprechen den Größen. Anders in der Bagger-/Ausbaustrecke BS. Zwar ist mit rd. 7×10^3 Ind./m² die durchschnittliche Abundanz gleich geblieben, die Variabilität, hier Spannweite, ist aber von 2001 auf 2004 gewachsen. Und letztendlich liegen die mittleren Wohndichten mit mindestens einer Zehnerpotenz weit unter der Raumkapazität der Vergleichsgebiete. Sowohl für Schlick als auch Mischsubstrate sind die ermittelten Wohndichten im Verhältnis zur empirischen Raumkapazität wesentlich niedriger.

Unterhaltungsbedingt sind im Abschnitt Baggerstrecke erhebliche Sedimentvolumina Jahr für Jahr entnommen worden (vgl. Kap. 3.2). So ist im Rahmen der Unterhaltungsbaggerei 1998 mehr Material entnommen worden als im Jahr der Fahrrinnenvertiefung 1999. Außerdem lagen die Baggermengen um ein bis drei Zehnerpotenzen über dem normalen Unterhaltungsaufwand des Referenzbereichs, und die Baggerfrequenz war und ist sehr viel höher (dto. Kap. 3.3). Infolgedessen könnte sich im Baggerbereich nur eine Fauna halten, die die ständigen Individuenverluste durch eine ganzjährige und hohe Reproduktion und/oder Mobilität ausgleicht: Die sog. r-Strategen und/oder Opportunisten. Auf die Tubificiden trifft das Merkmal ganzjähriger Reproduktion zu, ihre Mobilität ist dagegen begrenzt. Möglicherweise ist die Fertilität r (= reproduction) der Grund, weshalb die Gattung *Limnodrilus* im Eingriffsgebiet die einzigen Arten stellt, wobei nur der robuste Ubiquist *L. hoffmeisteri* noch nennenswerte Abundanzen erreicht.

Charakteristisch ist auch die interannuelle Variabilität der Individuenzahlen (und Taxazahlen). Opportunistisch oder durch r-Strategen dominierte Gesellschaften erobern entsiedelte Räume entweder durch enorme Fortpflanzungskapazität oder Mobilität (der mero planktischen Larvenstadien). Dabei „explodieren“ die Abundanzen förmlich „aus dem Stand heraus“, erreichen sehr hohe Indivi-

duendichten, um dann schlagartig wieder zu verlöschen (sog. „katastrophale“ Mortalität). Letztendlich eine Konsequenz daraus, dass r-Strategen oder Opportunisten nicht konkurrenzfähig sind und generell eine kurze Lebensdauer haben. Allerdings kann eine plötzliche Entsiedlung auch andere Ursachen haben, und die ist für das Baggergebiet BS sogar die wahrscheinlichere. Die Eingriffsfrequenz der Unterhaltungsbaggerei ist höher als das Reproduktionsvermögen der Tubificiden. Anders ausgedrückt: Die Zahl der maturen Tiere, die sexuell aktive „Restpopulation“ ist zu niedrig, um den Bestand zu erhalten. Und zusätzlich wird die angespannte Situation noch durch den Totalverlust der Kokons verschärft. Fakt ist, die Baggerstrecke ist entvölkert und der Artenbestand auf ein Minimum geschrumpft.

Genau diese Entwicklung hat sich m. E. nach dem Ausbau in der Baggerstrecke gezeigt: Ein schneller Anstieg der Individuendichte auf 10^3 Ind. und 10^4 Ind./m² bis 2002 und anschließende Abnahme auf 10^3 Ind./m² (vgl. Abb. 19), parallel dazu ist auch die Taxazahl von 2001 bis 2004 kontinuierlich zurückgegangen (vgl. Abb. 17). Die Präopportunistenphase hatte wahrscheinlich nie die Möglichkeit sich zu einer Opportunistenphase zu entwickeln, weil die Unterhaltungsbaggerei, mit Eingriffen Monat für Monat, diese Entwicklung schon sehr früh limitierte bzw. verhinderte.

Die Ergebnisse können als Indizien für Baggerwirkungen angesehen werden, wobei der z. T. hohe **Unterhaltungsaufwand** mit Sicherheit erheblicher und auch nachhaltiger ist, als es die kurzfristige Ausbaumaßnahme war. Insbesondere der Vergleich mit dem Referenzabschnitt, dessen zeitparallele qual.-quant. Entwicklung in diesem Bereich, stützt die Indizienkette. Außerdem ist die Baggerstecke gemäß Definition bereits erheblich vorgeschädigt (vgl. UVU-MATERIALBAND VII 1997).

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

In UVU-MATERIALBAND VII (1997) ist die Problematik der Unterhaltungsbaggerei in Hinblick auf die Populationsdynamik und die Erheblichkeitsschwelle dieser Störungsqualität eingehend diskutiert worden (vgl. S. 441 ff.). Einvernehmlich wurde als Schwellenwert ein Wiederholungsintervall von zwei Eingriffen/Jahr und Fläche definiert. Bei Überschreiten dieser Frequenz ist von einer Verschädigung der Zoobenthosgemeinschaft auszugehen. Je intensiver die Unterhaltungsbaggerei, umso unwahrscheinlicher die Wiederherstellbarkeit der Biozönose. Bspw. wurden in diesem Zusammenhang die Baggerabschnitte Juelssand und Rhinplatte derart charakterisiert (UVU-MATERIALBAND VII: S. 457). Der in der UVU betrachtete Abschnitt Juelssand deckt sich größtenteils mit der im Rahmen der Beweissicherung untersuchten Baggerstrecke (km 649 – km 653). Die Konsequenz ist, dass für den aktuellen Ausbaubereich kein ‚unbelasteter‘ Referenzzustand ante definiert werden kann, da wie für Juelsand dargestellt, es sich hier ebenfalls um einen vorbelasteten Abschnitt handelte.

Die Prognose zu den Eingriffswirkungen der Ausbaumaßnahme erfolgte unter der Annahme, dass die Vertiefungsarbeiten einen gegenüber der ‚normalen‘ Unterhaltung der Fahrrinne deutlich höheren Baggeraufwand erfordern und damit eine entsprechend große Störung darstellen. In der UVU ist auf dieser Grundlage zur Ausbaumaßnahme folgendes prognostiziert worden (vgl. UVU-MATERIALBAND VII 1997):

„Erhebliche Beeinträchtigungen sind auf den Eingriffsflächen ... in der Unter- und Außenelbe zu erwarten (UA II bis VII). ... Die zeitliche Beeinträchtigung entspricht überschlägig der Dauer der jeweiligen Bauphase. ... zuzüglich dem Zeitraum der Wiederbesiedlung. ... Bereits während der Ausbaubaggerarbeiten ist damit zu rechnen, dass die betroffenen Flächen ... faunistisch wieder erschlossen werden“ (UVU-MATERIALBAND VII 1997, Seite 444 – 447).

Die Autoren gingen davon aus, dass die Eingriffswirkung der Ausbaubaggerung auf die wirbellose Bodenfauna im Untersuchungsabschnitt III & IV zwar erheblich aber nicht nachhaltig sein wird (begrenzt auf die lokalen Ausbaufächen) und begründen dies entsprechend.

Als erhebliches Manko wurde im Gutachten darauf verwiesen, dass über die Dauer der Wiederherstellbarkeit der benthischen Faunengemeinschaft nach einer starken Störung sehr unterschiedliche Literaturangaben bzw. Erfahrungswerte vorliegen. Grundsätzlich ist im UVU-MATERIALBAND VII (1997) die These vertreten worden, dass die Spanne von der Regenerationsfähigkeit der örtlichen Populationen abhängig ist – und die wiederum von der Altersstruktur der empfindlichsten Art. Für die weitgehend limnisch bis schwach oligohaline Zone der UA III & IV sind Zeiträume von 1 bis max. 3 Jahren prognostiziert worden, wobei die letztgenannte Zeitspanne auf die Präsenz langlebiger Muschelbestände abzielte.

Die wirbellose Bodenfauna im UA III (von Strom-km 622 bis 650) ist von den Autoren im damaligen Ist-Zustand mit einer „geringen Wertigkeit“ klassifiziert worden. Im Wesentlichen basierte die abqualifizierende Einstufung auf der Fehlindikation langlebiger und „historisch bedeutsamer“ Arten. Die Überschneidungsfläche in UA IV (Strom-km 650 - 653), wie der UA insgesamt, sind mit einer

„mittleren Wertigkeit“ eingestuft worden. Durch den Eingriff ist regional begrenzt eine „sehr geringe“ Wertigkeit postuliert worden. Gemäß der Status quo ante-Beschreibung in der UVU des UA III & IV (Datenbasis bis 1993) dominierten Oligochaeten, deren Populationsdichten zwischen 10^2 Ind. und 10^4 Ind./m² schwankten. Das Makrozoobenthos der 1000 µm-Fraktion war in diesem Abschnitt v. a. durch die Amphipoden (*Bathyporeia*, *Gammarus*) sowie z.T. auch durch den Polychaeten *Marrenzelleria* geprägt. Im Wesentlichen bestand die Gemeinschaft dieses Elbe-Abschnitts aus r-Strategen und Opportunisten mit einem hohen Reproduktions- und Wiederbesiedlungspotenzial, so dass von einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne bis zur Wiederherstellung einer funktionell und strukturell vergleichbaren Lebensgemeinschaft auszugehen ist: angenommen wurden 3 Jahre (+ ??), wobei das Fragezeichen als Variable für die prognostizierten Sedimenttypänderungen und die unbekannte Dauer des „morphologischen Nachlaufes“ steht (vgl. UVU-MATERIALBAND IIb & III 1997).

Im Hinblick auf die Bewertung gemäß UVU ist auf folgendes hinzuweisen, wie bereits zitiert, ist UA III mit einer „geringen“ und UA IV mit einer „mittleren“ Wertigkeit eingestuft worden. Mit anderen Worten, die qualitative Klassifizierung bezieht sich auf einen großen Untersuchungsabschnitt von 20 bis 30 km Länge und im Querprofil auf das Eu- und Sublitoral (räumlich, also dreidimensional). Das Bewertungsraster selbst ist multifaktoriell; grundsätzlich qualitativ und bewertet primär das Artniveau und diverse ökologische Funktionen. Die Eingaben basieren auf eigenen (damaligen) Untersuchungen sowie Literaturangaben ab 1978. Aufgrund der Ausdehnung des Raums präsentiert die Einstufung/Wertung einen „Mittelwert“. So gesehen ist die Bewertungsoption für die lokal begrenzte Bagger- und Referenzstrecke sehr eingeschränkt. Entsprechend der „Prognose“ in UVU-MATERIALBAND VII (1997) kann analog der Kunstgriff angewendet werden, die großräumige UA-Bewertung auf kleinskalige Teilgebiete zu übertragen (.. da jeder Punkt dem mittleren Zustand entspricht).

Durch den Eingriff ist für die Baggerstrecke eine Degradation, eine „sehr geringe Wertigkeit“ prognostiziert worden. Nach Abschluss der Baumaßnahme und einer max. 3-jährigen Wiederbesiedlungsperiode sollte sich der Ausgangszustand einer „geringen Wertigkeit“ wieder einstellen haben. Der Referenzbereich sollte dagegen auf dem „geringen“ Wertungsniveau verharren (ohne Eingriff). In Anbetracht der unterschiedlichen Entwicklung der Populationsparameter in den Teilgebieten dürfte die Baggerstrecke heute im Großen und Ganzen der (bereits vorgeschädigten) Ausgangsbewertung entsprechen, während das Referenzgebiet deutlich darüber rangiert. Anders ausgedrückt: Der Baggerbereich entspricht aktuell einer „sehr geringen“ Wertigkeit. Der Referenzabschnitt tendiert dagegen zu einer „mittleren“ Wertigkeit; muss auf jeden Fall qualitativ wesentlich besser „benotet“ werden als die sowohl qualitativ als auch quantitativ verarmte Bagger-/Ausbaustrecke.

7. Diskussion und Schlussfolgerungen

7.1 Rahmenbedingungen

Neben dem im Rahmen dieser Arbeit in seinen Wirkungen zu bewertenden Faktor ‚Vertiefungsbaggerung‘, sind auch andere abiotische Rahmenbedingungen für die Ausprägung der Benthosgemeinschaft von Bedeutung. So könnten beispielsweise interannuell unterschiedliche Frühjahrstemperaturen, Sauerstoffgehalte oder temporäre Änderungen der Salinität die qualitative und quantitative Entwicklung der bodenlebenden Wirbellosen beeinflusst haben. Aus diesem Grund soll, so weit es die Datenlage ermöglicht, eine kurze Übersicht über die Entwicklung der abiotischen Rahmenbedingungen im Zeitraum 1999 – 2004 erfolgen. Die Daten für die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoff und Leitfähigkeit beziehen sich auf die Messpegel Blankenese (ca. km 635) und teilweise auch auf Grauerort (etwa km 660). Die Daten zum Oberwasserabflusses basieren auf dem Pegel Neudarchau.

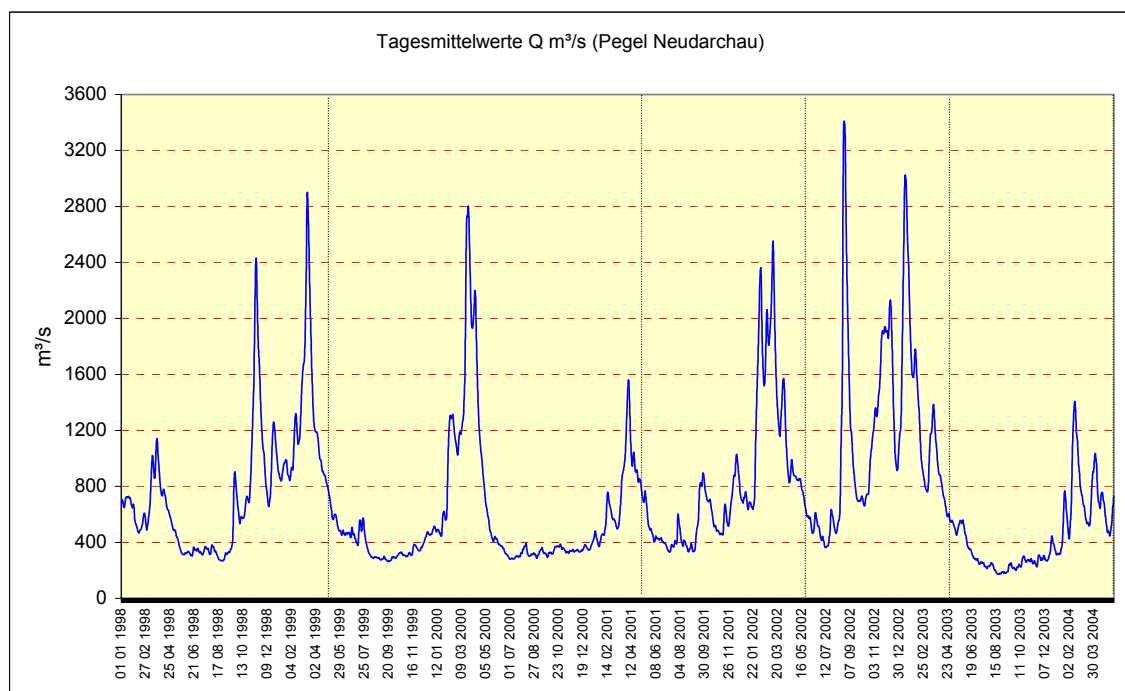


Abb. 20: Oberwasserabfluss Elbe (Pegel-Neudarchau-Tagesmittelwerte) im Zeitraum Januar 1998 – Mai 2004. Quelle: BfG Koblenz, www.bafg.de. Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme

Der Oberwasserabfluss war im Untersuchungszeitraum Frühjahr 1999 bis Frühjahr 2004 sehr unterschiedlich. Insbesondere 2002 war aufgrund des Elbehochwassers im Spätsommer ein außergewöhnliches Jahr (s.u.). Die Angaben zum Oberwasserabfluss beziehen sich auf den Pegel Neu Darchau bei Elbe-km 535,8 (BfG Koblenz, www.gkss.de).

Im Frühjahr 1999 wurde ein vergleichsweise hoher Oberwasserabfluss dokumentiert, der im Februar-März etwa 5 Wochen vor der ersten Makrozoobenthos-Probenahme kurzfristig einen Höchstwert von ca. 2.800 m³/s erreichte. Bis zur Probenahme im April 1999 reduzierte sich der Abfluss kontinuierlich auf etwa 600 m³/s. Während des Sommers bis Herbst 1999 verringerte sich die Abflussmenge noch etwas weiter 300 – 400 m³/s.

Das Frühjahr 2001 war im Vergleich zu 1999 und 2000 weniger abflussreich, im März wurde ein Höchstwert von etwa 1.500 m³/s gemessen. Im Monat vor der Frühjahrsbeprobung und während der Probennahme lagen die Abflusswerte um 900 m³/s (April).

2002 war aufgrund umfangreicher Niederschläge ein sehr abflussreiches Jahr. Im März/April wurden mit bis zu 2.600 m³/s ähnliche Spitzenwerte wie im Frühjahr 1999 erreicht. Bis zum Zeitpunkt der Probenahme im Ende April/Anfang Mai sank der Oberwasserabfluss zwar bis auf 900 m³/s, lag aber damit höher als in den Vorjahren. Eine extreme Abflusssituation wurde im August 2002 (Elbe-Flut) verzeichnet. Am Pegel Neu Darchau ist am 27.8.02 ein Maximum von 3.400 m³/s gemessen worden. Ähnlich extreme Abflusswerte zwischen 2.800 und 3.800 m³/s wurden seit 1900 nur 10 mal dokumentiert (WSA Hamburg 2002). Noch im September 2002 lag der Oberwasserabfluss bei 900 – 1000 m³/s noch ca. doppelt so hoch wie in den Vorjahren.

Im Januar 2003 wurde nochmals eine Abflussspitze von 2.300 m³/s verzeichnet. Die Abflussmenge verringerte sich aber in der Folgezeit deutlich und betrug zum Zeitpunkt der Probenahme (Ende April) um 500 – 600 m³/s. 2003 blieb im Vergleich zu den Vorjahren insgesamt eher abflussarm. Von Mai – Dezember lag die Abflussmenge überwiegend deutlich < 400 m³/s. Anders als die Vorjahre war das Frühjahr 2004 durch geringere Abflussmengen gekennzeichnet.

Ein Maximum wurde im Februar mit 1.200 m³/s dokumentiert. Der Oberwasserabfluss (500-600 m³/s) kurz vor bzw. während der Makrozoobenthos-Probenahme (Ende April) entsprach denjenigen der Vorjahre (Abb. 20).

Ein Vergleich der Abflussdaten für den Zeitraum März bis Mai seit 1977 verdeutlicht (Daten: Pegel Neu Darchau - WSA Lauenburg), dass im Untersuchungszeitraum insbesondere im April/Mai keine außergewöhnlichen Abflusssituationen vorlagen. Eine gewisse Ausnahme stellen die Höchstwerte im März und April in den Jahren 1999, 2002 sowie 2003 dar; diese waren im interannuellen Vergleich eher überdurchschnittlich. Betrachtet man die Abflusssituation über die Bedingungen zu den jeweiligen Probenahmezeitpunkten hinaus, sind für das Jahr 2003 durch die Hochwassersituation im Spätsommer 2002 und die darauffolgenden hohen Abflussspitzen im Winter 02/03 einerseits und für 2001 und 2004 aufgrund der eher geringen Abflüsse andererseits vergleichsweise deutliche Unterschiede festzustellen. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang ein Einfluss auf die Besiedlungssituation durch den Einfluss des Oberwassers auf die Salinitätsbedingungen (s.u.).

Neben den Abflussdaten stehen Daten zu weiteren abiotischen Parametern zur Verfügung. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Unterelbe im Abschnitt von km 646,5 bis km 653 und damit in etwa zwischen den Messpegeln Blankenese und Grauerort. Im Folgenden sind die Kenngrößen Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und Trübung auf der Grundlage der kontinuierlichen Pegelraten Blankenese von 1999 – 2004 (Abb. 21) sowie zusätzlich Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit für 2003 und 2004 auf der Grundlage des weiter stromab befindlichen Pegels Grauerort (Abb. 22) dargestellt.

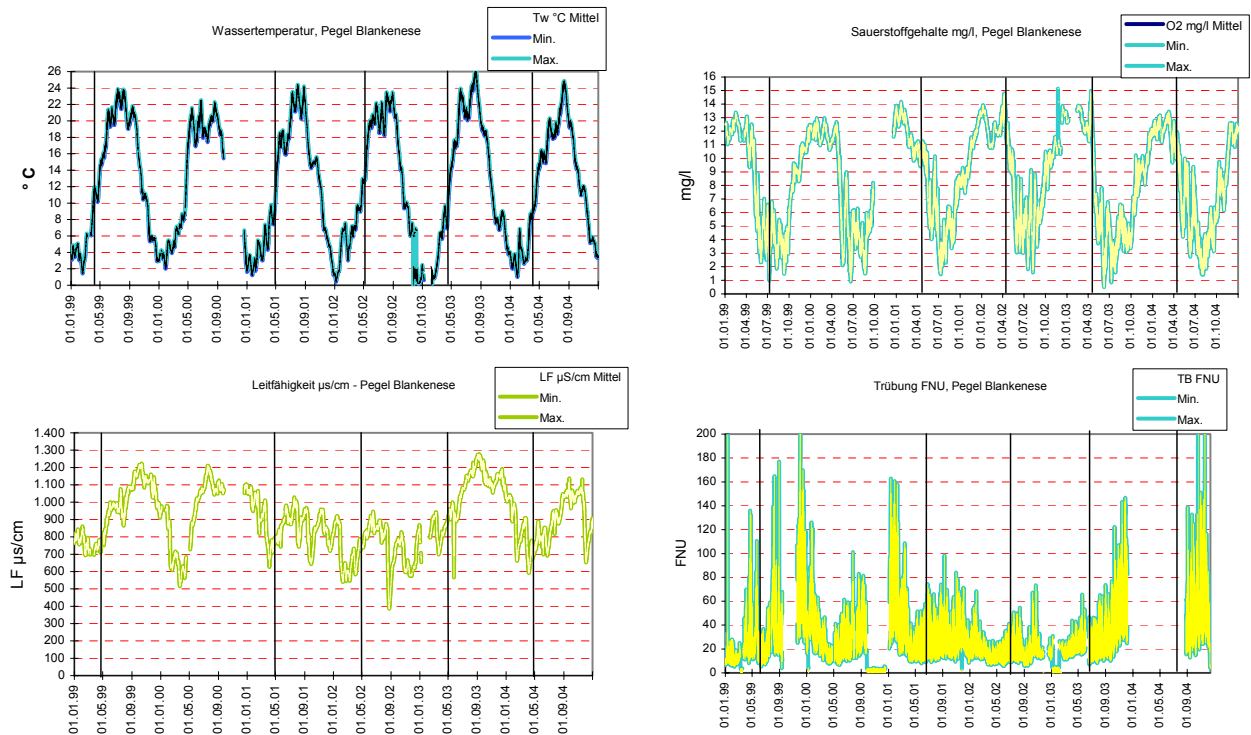


Abb. 21: Interannuelle und saisonale Variabilität verschiedener abiotischer Parameter in der Unterelbe (Pegel Blankenese, El-km 635) im Zeitraum von Jan 1999 bis Dezember 2004. Quelle: Wassergütemessnetz, Institut für Hygiene u. Umwelt, Hamburg. Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme.

Die Blankenese-Daten zeigen, dass die Wassertemperatur saisonbedingt eine Amplitude zwischen 2°C im Winter und bis zu 24°C aufweist; sehr gleichsinnige Temperaturdaten wurden auch am Pegel Grauerort dokumentiert (hier nicht dargestellt). Im Zeitraum 1999 bis 2004 lassen sich interannuell nur geringe Unterschiede der Temperaturganglinien erkennen (Abb. 21). Dies gilt auch für den Zeitraum vor und während der Probenahme, so dass im Hinblick auf diesen Parameter ein möglicher Einfluss auf die Makrozoobenthosentwicklung in den Untersuchungsjahren nicht anzunehmen ist.

Die Sauerstoffgehalte im Bereich um El-km 635 (Blankenese) zeigen eine ausgeprägte saisonale Dynamik. Im Betrachtungszeitraum wurden in jedem Jahr in Sommermonaten Juli/August starke O₂-Defizite mit Gehalten z.T. <2 mg/l ermittelt (Abb. 21). Eine andere sommerliche Situation herrscht diesbezüglich etwa 25 km weiter stromab vor. In diesem Abschnitt traten im Zeitraum 1999 – 2004 keine Sauerstoffdefizite auf, sommerliche Minima lagen hier um 6 – 8 mg/l (Abb. 22). Ob im Untersuchungsgebiet ebenfalls extreme sommerliche Sauerstoffdefizite auftraten oder ob eher Verhältnisse wie im Abschnitt Grauerort vorhanden waren, kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Die von der Wassergütestelle Elbe durchgeführten Langsschnitte, die allerdings auf Einzelmessungen beruhen, zeigen, dass im Sommer 2003 und 2004 zwischen km 645,5 und km 655 mit Werten um 3 - 4 mg/l zwar niedrige O₂-Gehalte gemessen wurden, Minima wie im Bereich Blankenese wurden zu den jeweiligen Messzeitpunkten jedoch nicht ermittelt (Wassergütestelle Elbe schriftl.). Insgesamt sind aber nur geringe interannuelle Unterschiede im Hinblick auf die saisonale Entwicklung der Sauerstoffsituation sowohl bei Blankenese als auch im Bereich Grauerort erkennbar, so dass nicht zu vermuten ist, dass ein Untersuchungsjahr diesbezüglich durch ‚besondere‘ Bedingungen gekennzeichnet war.

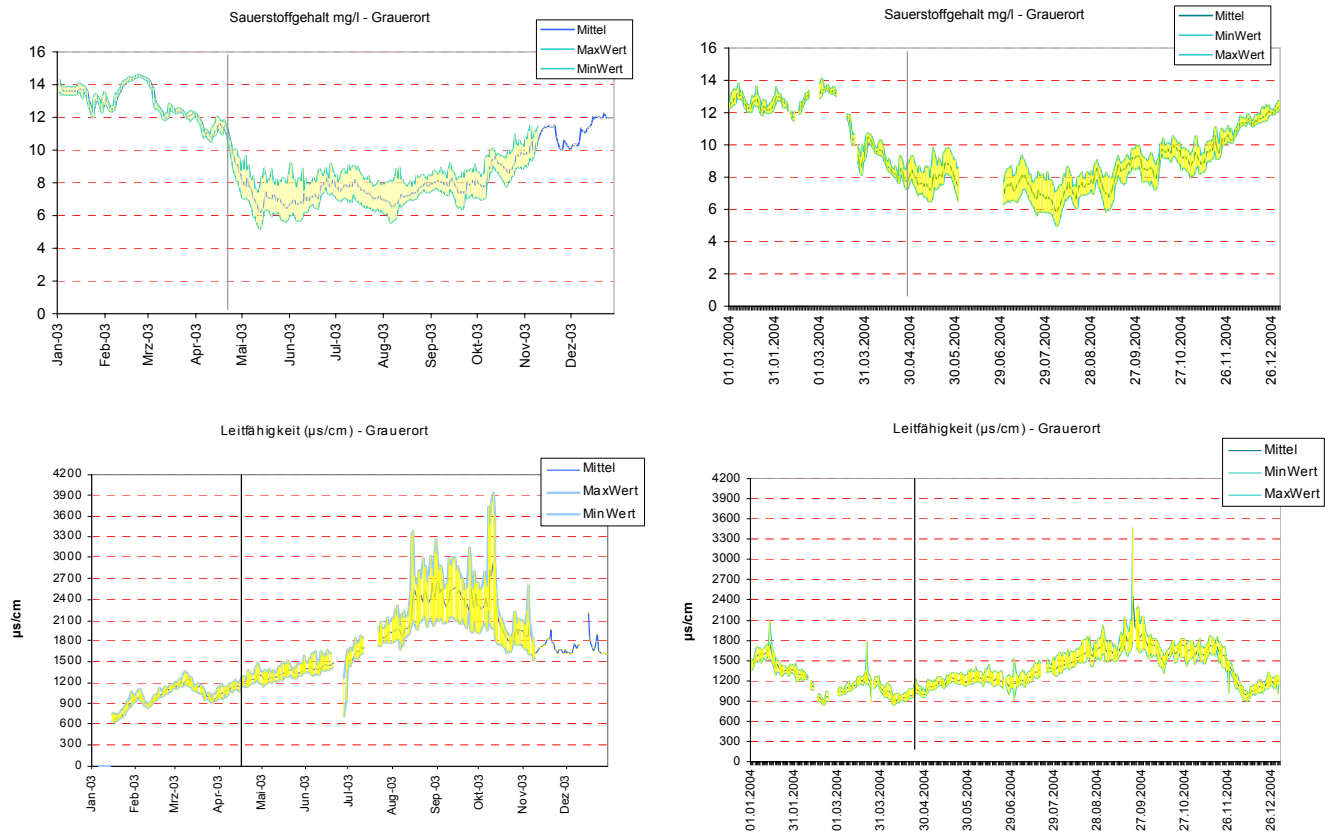


Abb. 22: Interannuelle und saisonale Variabilität verschiedener abiotischer Parameter in der Unterelbe (Pegel Grauerort, El-km 660) im Zeitraum von Januar – Dezember 2003 (links) sowie Januar - Dezember 2004 (rechts). Quelle: Wasser-gütestelle Elbe, Hamburg. Schwarze senkrechte Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probenahme

Die Leitfähigkeit zeigt saisonale und interannuelle Unterschiede. Die Werte im Bereich Blankenese variierten in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses saisonal zwischen 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ z.B. im Mai 2000 ($Q = \text{ca. } 2000 \text{ m}^3/\text{s}$) und 1.300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ im Sommer/Herbst 2003 ($Q < 400 \text{ m}^3/\text{s}$, vgl. Abb. 20). Weiter stromab bei Grauerort lag die Leitfähigkeit insgesamt höher, hier wurden im Sommer/Herbst 2003 etwa 2.500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ gemessen. Insgesamt blieben die Salinitätsverhältnisse aber durchgängig limnisch/oligohalin. Dennoch ist ein Einfluss der Leitfähigkeitswerte auf die Makrozoobenthosgemeinschaft nicht gänzlich auszuschließen. Es ist denkbar, dass bei niedrigen Abflusswerten und entsprechend höheren Leitfähigkeiten die in der Unterelbe dominierenden euryhalinen Arten der 1000 μm -Fraktion wie die Amphipoden *Bathyporeia* und der Polychaet *Marenzelleria cf. viridis* oder der Oligochaet *Aktedrilus monospermathecus* u.U. ‚begünstigt‘ wurden. So waren z.B. die Leitfähigkeiten bereits ab Sommer 2003 bis zur Benthosbeprobung im April 2004 aufgrund des geringen Oberwasserabflusses im Bereich Blankenese und Grauerort tendenziell höher als in den Vorjahren. Dies könnte u.a. eine Erklärung für die in 2004 z.T. signifikanten Abundanzzuwächse der oben genannten euryhalinen Spezies sein. Vermutlich wird grundsätzlich, mehr oder weniger stark, ein Teil der festgestellten interannuellen Besiedlungsvariabilität durch die wechselnden Leitfähigkeiten bedingt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kann allerdings nicht geklärt werden, ab wann, bezogen auf den absoluten Leitfähigkeitswert und v.a. bezogen auf die Andauer einer ‚Situation‘ die Salinitätsbedingungen von einer messbaren faunistischen Relevanz sind.

Mit Ausnahme der in gewissen Grenzen vorhandenen interannuellen Unterschiede hinsichtlich der Salinitätsbedingungen, zeigt die Betrachtung der übrigen Parameter, dass die Rahmenbedingungen vor und während der Benthosuntersuchungen interannuell vergleichbar waren.

Neben den oben genannten Messwerten wurden auch für weitere Parameter interannuelle Unterschiede festgestellt. Dieses betrifft auch die Wassertiefen, die sich gegenüber 1999 nicht nur im Bereich der Ausbaustrecke (ausbaubedingt), sondern auch im Referenzbereich deutlich erhöht haben. Die in 2001 dokumentierte Tiefensituation hat sich in 2002 -2004 nicht mehr verändert.

Es erfolgte ebenfalls, wenngleich in unterschiedlicher Deutlichkeit, eine Veränderung der Sedimentstruktur, die sich 2001 auf der Ausbaustrecke in einer Zunahme der Feinsandanteile auf Kosten der Schlickanteile bemerkbar machte. Im Referenzgebiet wurde der 1999 örtlich vorhandene Feinsand dagegen nicht mehr erfasst, die Anteile des schon 1999 prägenden Mittelsands nahmen tendenziell noch zu. In 2002 erhöhte sich der Schlickanteil im Bereich der Ausbaustrecke sowie der Feinsandanteil im Referenzbereich wieder gegenüber 2001. Eine grundsätzliche Veränderung der Sedimenttypen trat im Vergleich zu den Vorjahren in beiden Teilbereichen bis 2002 nicht auf. In 2003 wurden in beiden Teilgebieten deutlichere Veränderungen verzeichnet. So erhöhte sich der Sandanteil, insbesondere der Mittelsandanteil im Bereich der Ausbaustrecke gegenüber den Vorjahren relativ deutlich. Ein analoges Ergebnis wurde auch für die Referenz dokumentiert: hier erfolgte in 2003 ein Wechsel von zuvor prägenden Fein- und Mittelsanden zu deutlich höheren Grobsandanteilen. In 2004 blieb die in 2003 dokumentierte Situation mehr oder weniger unverändert bestehen. Die Gründe für die v.a. in 2003 eingetretenen Veränderungen sind nicht offensichtlich. Ein Zusammenhang mit Unterhaltungsbaggerungen ist nicht ganz auszuschließen, allerdings war die Baggerintensität im Vergleich zu den Vorjahren deutlich geringer.

Die Betrachtung der Baggermengen hat gezeigt, dass im Bereich der Ausbaustrecke sowohl vor der Ausbaumaßnahme als auch einschließlich 2001 hohe Baggermengen (im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung) anfielen. Es wird zudem deutlich, dass sich die Vertiefungsmaßnahme in 1999/2000 im Zeitraum von 1997 – 2004 nicht durch wesentlich höhere Baggermengen abhebt; sowohl 1998 (und auch in einigen Jahren vor 1998) als auch 2001 sind hohe Mengen im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung gebaggert worden (Abb. 23). Die intensivsten Baggerungen erfolgten dabei nach 1999 überwiegend am linken Fahrrinnenrand (Grün), in der Fahrrinnenmitte wurde am wenigsten Material entnommen.

Auch die Referenzstrecke unterlag Unterhaltungsbaggerungen, allerdings waren die Mengen im Vergleich zur Ausbaustrecke weitaus geringer. So lag die Baggermenge (bezogen auf den Halbkilometer) z.B. in 2004 (Jan - Mai) im Rahmen der Unterhaltung in Referenz etwa 9mal niedriger. In den Jahren 1998 – 2001 war das Verhältnis zwischen Ausbaustrecke und Referenz noch deutlich größer. Trotz der insgesamt geringen Baggermengen scheint sich der Referenzbereich aber in ähnlichem Umfang nach 1999 eingetieft zu haben wie die Ausbaustrecke; möglicherweise ist dies auf ‚natürliche‘ morphodynamische Prozesse zurückzuführen.

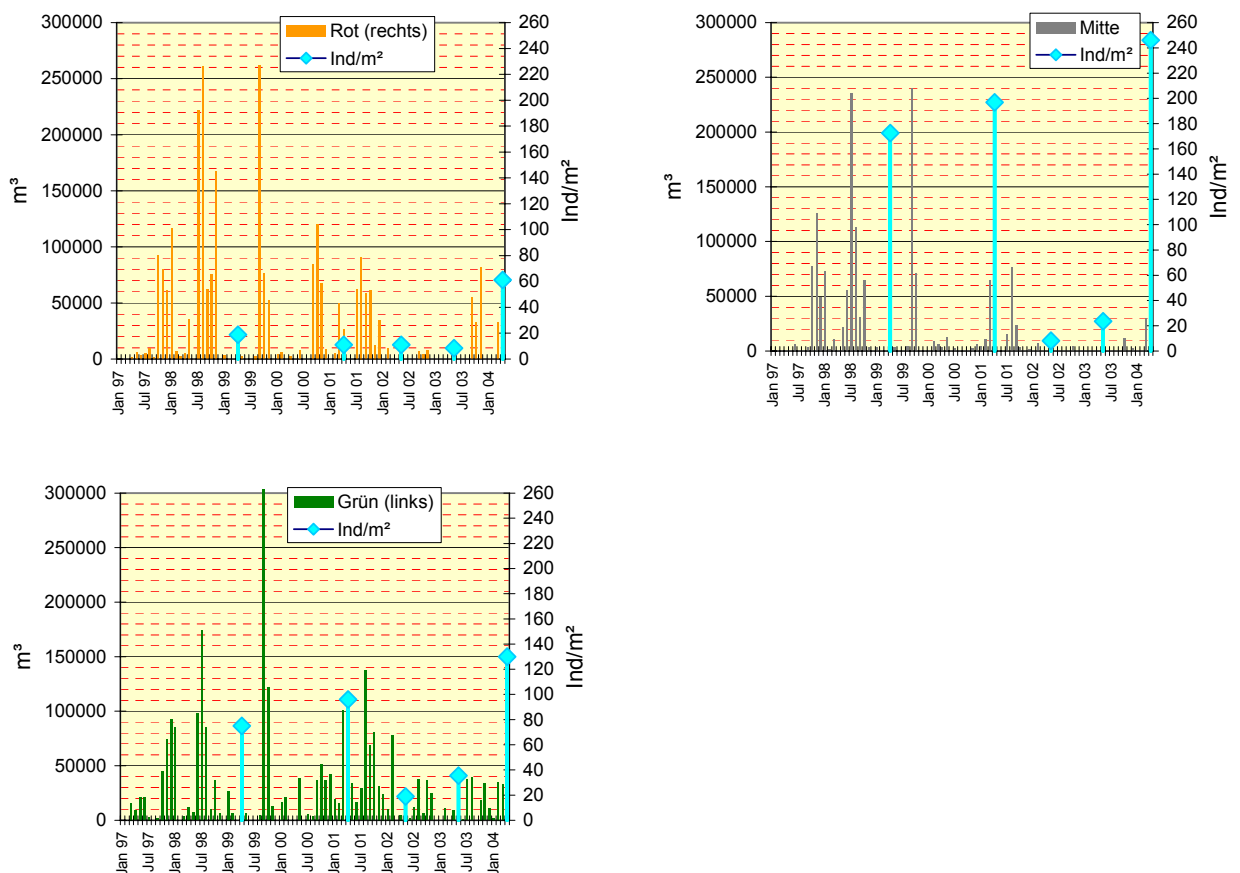


Abb. 23: Umfang der Unterhaltungs- und Ausbaubaggerungen und Makrozoobenthosdichten (1000 μm -Fraktion) in der Unterelbe im Abschnitt km 648,5 – km 653 (Ausbaubereich), Angaben in m^3/Monat 1997 – Mai 2004. Elbeabwärts gesehen: linker Fahrrinnenbereich (grün), Fahrrinnenmitte (Mitte) und rechter Fahrrinnenbereich (rot). Quelle Baggermengen: WSA Hamburg.

7.2 1000 μm -Fraktion (Greifer)

Schon in 1999 konnten quantitative Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten mit einer deutlich höheren Makrozoobenthosdichte im Bereich der Ausbaustrecke dokumentiert werden. Die Unterschiede verringerten sich aufgrund eines deutlichen Rückgangs im Bereich der Ausbaustrecke in 2002 und 2003 zwar, blieben aber tendenziell erhalten. In 2004 waren beide Teilgebiete ähnlich umfangreich besiedelt, wobei erstmals im Untersuchungszeitraum auch der Referenzbereich durch eine hohe Makrozoobenthosdichte gekennzeichnet war. Bezüglich der Dominanzstrukturen zeigten sich Unterschiede zwischen den Teilgebieten, die z.T. vermutlich auf die unterschiedlichen Sedimentstrukturen zurückzuführen sind. So dominierten ‚Sandarten‘ wie *Bathyporeia pilosa*, der in diesem Elbeabschnitt zu den prägenden Faunenelemente gehört, die feinsandigen Stationen der Ausbaustrecke und kam dort in deutlich höherer Anzahl vor als auf der mittel- grobsandgeprägten Referenz. Der Polychaet *Marenzelleria* cf. *viridis* und, interannuell allerdings variabel, auch der Amphipode *Gammarus zaddachi* wurden dagegen an den Referenzstationen in größerer Dichte erfasst. Aufgrund der unterschiedlichen Sedimentverhältnisse und der z.T. dadurch bedingten Besiedlungsunterschiede wird die Identifikation der Vertiefungsbaggerungen über den räumlichen

siedlungsunterschiede wird die Identifikation der Vertiefungsbaggerungen über den räumlichen Vergleich der Besiedlung Ausbaustrecke und Referenzgebiet erschwert.

Der bisherige Vergleich der Besiedlungskennwerte zwischen Referenz und Ausbaustrecke einerseits und die Betrachtung der gebietsinternen Entwicklung der Benthosgemeinschaft im Bereich der Ausbaustrecke andererseits, lässt keine offensichtlichen Wirkungen der Vertiefungsbaggerungen erkennbar werden. Mögliche Gründe hierfür können die schon vor und nach der Vertiefung (bis 1998 bzw. ab 2000) intensive Unterhaltungsbaggerung und die im langjährigen Vergleich nicht deutlich erhöhte eigentliche Vertiefungsbaggerung sein. Abb. 23 zeigt die monatlichen Baggermengen und die zum Zeitpunkt der faunistischen Untersuchungen festgestellten Gesamtbesiedlungsdichten (1000 μm -Fraktion) differenziert nach Fahrinnenseite. Die Makrozoobenthos-Besiedlungsdichten zeigen sowohl auf der Raumskala als auch auf der Zeitskala sehr indifferente Ergebnisse, scheinbar ohne erkennbaren Zusammenhang zu den Baggerungen. So sind beispielsweise vergleichsweise hohe Besiedlungsdichten sowohl nach intensiven, als auch nach geringen Baggerintensitäten erkennbar. Zu dem erfolgte in 2002 und 2003 ein deutlicher Individuenrückgang (v. a. in der Fahrinnenmitte), trotz dortiger weniger umfangreicher Baggerungen. In 2004 wurde dann ein sehr deutlicher Anstieg der Besiedlungsdichte festgestellt, der v.a. in der Fahrinnenmitte und am linken Fahrinnenrand der Neubaustrecke verzeichnet wurde. Ein Zusammenhang mit den Baggerungen ist dabei nicht eindeutig zu erkennen, da sich eine gleichsinnige interannuelle Besiedlungsdynamik auch im Bereich der Referenz zeigte. Ein gewisser Unterschied zur Ausbaustrecke bestand in der weniger ausgeprägten gebietsinternen räumlichen Besiedlungsvariabilität. So waren die Fahrinnenbereiche (links, mitte, rechts) der Referenz im gesamten Untersuchungszeitraum ähnlich umfangreich besiedelt.

Anders als bei der Betrachtung der Gesamtbesiedlung können aber artspezifische Reaktionen auf die Baggerungen nicht ausgeschlossen werden. Gewisse Hinweise hierauf ergibt eine differenzierte Betrachtung der Entwicklung der in diesem Elbeabschnitt charakteristischen Taxa (*Bathyporeia*, *Gammarus* - Crustacea und *Marenzelleria* – Polychaeta). Auf dieser Betrachtungsebene ist ein Zusammenhang zwischen Baggerintensität und Entwicklung der Besiedlungsdichte nicht gänzlich auszuschließen. Abb. 24 verdeutlicht die Ergebnisse für die Ausbaustrecke. Es lassen sich artspezifisch unterschiedliche Entwicklungen erkennen: Für *Marenzelleria* cf. *viridis* ließ sich von 1999 auf 2001 ein (schwacher) Abundanzrückgang erkennen, die Abundanzen des Polychaeten blieben auch in 2002 und 2003 auf niedrigem Niveau. Die in 2004 ermittelten Befunde passen nicht uneingeschränkt in dieses ‚Bild‘. So stieg trotz der gegenüber 2002/2003 wieder höheren Baggermengen auch die Individuendichte des Polychaeten *Marenzelleria* an. Allerdings war dieser Anstieg in der Ausbaustrecke anders als im Bereich der Referenz (s.u.) nur moderat (Abb. 24, rechte Bilder).

Im Vergleich zu dem Polychaeten *Marenzelleria* zeigten die *Bathyporeia*-Arten ein mehr oder weniger konträres Verhalten. Ihre Besiedlungsdichte stieg trotz in 2001 höherer Baggerintensität und reduzierte sich mit Abnahme der Baggermenge, dieses war je nach Fahrinnenseite unterschiedlich deutlich erkennbar (Abb. 24, linke Bilder).

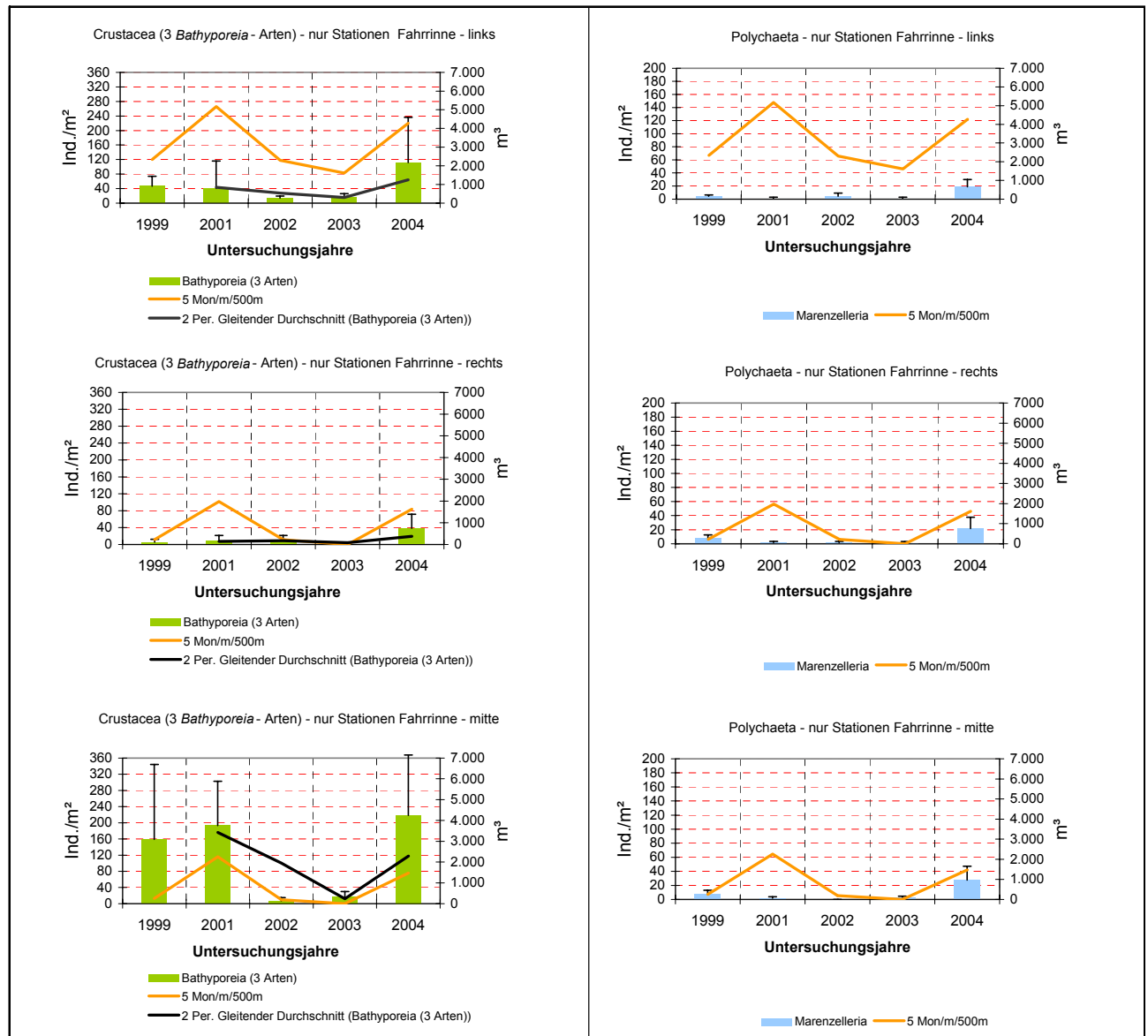


Abb. 24: Baggermengen (als Gesamtmenge ca. 5 Monate vor Benthosbeprobung) und Entwicklung der Besiedlungsdichte verschiedener für die Unterelbe charakteristischer Makrozoobenthos-Arten in der Ausbaustrecke zwischen km 646,5 und km 649.

Anders als in der Neubaustrecke konnte im Referenzbereich bei seit 1998 durchgängig sehr geringer Unterhaltungsintensität kein kontinuierlicher Rückgang der *Marenzelleria*-Abundanz verzeichnet werden (Abb. 25, rechte Bilder). In 2004, bei offensichtlich allgemein zunehmenden Polychaetenanzahlen, war der Anstieg der *Marenzelleria*-Besiedlung zudem sehr viel ausgeprägter als in der Ausbaustrecke. Dies könnte möglicherweise auf die Wirkung der vergleichsweise intensiven Unterhaltungsbaggerungen zurückgeführt werden, die einen ähnlichen Besiedlungsschub des Polychaeten in der Ausbaustrecke gedämpft bzw. nur begrenzt ermöglicht haben.

Ebenfalls anders als in der Neubaustrecke blieb die *Bathyporeia*-Dichte an den Referenzstationen im gesamten Untersuchungsverlauf, mit Ausnahme von 2004 (linke Fahrrinnenseite mit höheren Individuendichten), bei gleichbleibend geringen Baggermengen auf mehr oder weniger niedrigem Niveau (Abb. 25, linke Bilder). Die referenzinterne Besiedlungsvariabilität der *Bathyporeia*-Arten

war sowohl räumlich als auch zeitlich deutlich schwächer als in der Neubaustrecke. Ein Zusammenhang der in der Neubaustrecke höheren Variabilität mit den Baggeraktivitäten ist in diesem Zusammenhang nicht gänzlich auszuschließen. Die im Referenzbereich insgesamt sehr viel geringere *Bathyporeia*-Dichte ist vermutlich auch auf die dortigen gröberen Sedimente zurückzuführen.

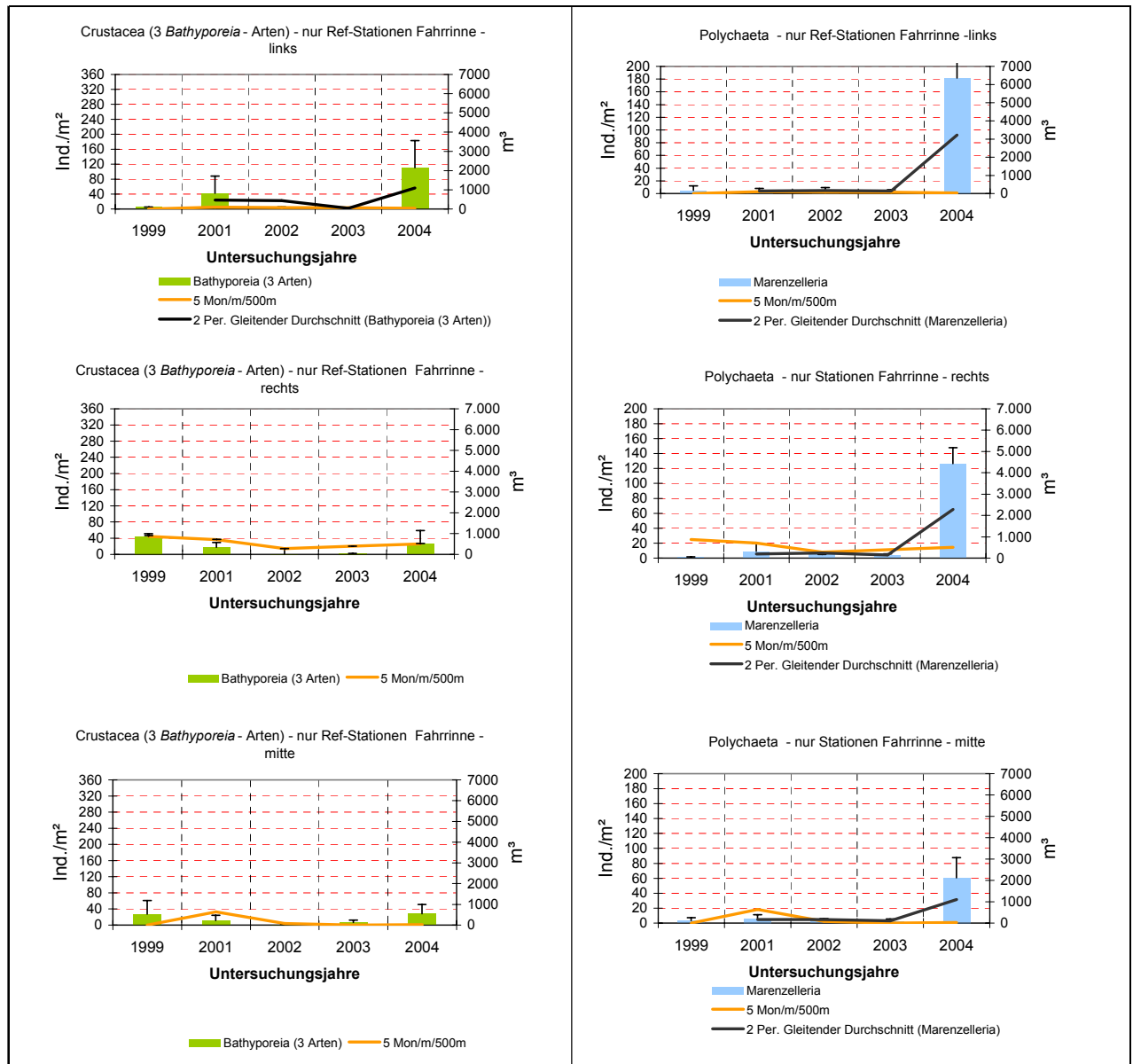


Abb. 25: Baggermengen (als Gesamtmenge 5 Monate vor Benthosbeprobung) und Entwicklung der Besiedlungsdichte verschiedener für die Unterelbe charakteristischer Makrozoobenthos-Arten in der Ausbaustrecke zwischen km 646,5 und km 649.

Zusammenfassend können auf der Basis der bisherigen Befunde Hinweise auf verschiedene Reaktionsmuster der Benthosarten (1000 µm-Fraktion) im Hinblick auf Störungen durch länger andauernde intensive Baggerungen grob unterschieden werden:

- ‚Förderung‘, d.h. Anstieg der Besiedlungsdichte nach baggerungsbedingten Störungen (Crustacea: *Bathyporeia*) unter der Voraussetzung einer weitgehend gleichbleibenden Sedimentzusammensetzung (Fein- Mittelsande),
- Beeinträchtigung durch baggerungsbedingte stärkere Störungen, aber längere Wiederbesiedlungsdauer bei weiterhin nur noch geringen Störungen (u. a. Polychaeta),
- Beeinträchtigung durch baggerungsbedingte stärkere Störungen, aber zügige Wiederbesiedlung bei nur noch geringen Störungen möglich (u.a. Crustacea: *Gammarus*),
- Beeinträchtigung durch baggerungsbedingte Störungen, langfristiges Ausbleiben (u. U. Muscheln?).

Hinweise auf die ersten zwei oben genannten Reaktionsmuster können aus den vorliegenden Daten abgeleitet werden. Im Hinblick auf den dritten Aspekt muß hervorgehoben werden, dass die Ergebnisse auch durch eine ausgeprägte interannuelle (natürliche) Variabilität hervorgerufen sein könnten; für diese Annahme ergeben sich ebenfalls gewisse Hinweise, wie beispielsweise die starke Abundanzreduktion von *G. zaddachi* von 1999 auf 2001 bzw. 2003 auf 2004 im Referenzbereich (s.o.).

Ob Arten durch die Baggerungen vollständig verschwinden bzw. bereits schon verschwunden waren, ist für langlebige Arten mit geringem Reproduktionspotenzial (Muscheln) zwar anzunehmen und sehr wahrscheinlich, jedoch auf der Grundlage des vorliegenden Datensatzes nicht zu diskutieren bzw. zu belegen, da solche Arten schon 1999 (status-quo) und auch im Referenzgebiet nicht nachgewiesen wurden.

Die Ergebnisse der 1000 µm-Fraktion zeigen eine ausgeprägte interannuelle und räumliche Variabilität in der Makrozoobenthosbesiedlung sowohl in der Neubaustrecke als auch im Referenzbereich, wobei die räumliche gebietsinterne Variabilität in der Neubaustrecke deutlich ausgeprägter war. V.a. die interannuelle Variabilität kann durch jahres- oder seasonspezifisch wechselnden abiotischen ‚natürlichen‘ Rahmenbedingungen (Oberwasserabfluss, flusseigene morphodynamische Prozesse, Salinität, Sauerstoff etc.) und/oder durch anthropogene Eingriffe (Baggern, Verklappen etc.) hervorgerufen werden. Aufgrund der eher geringen Baggerintensität im Referenzbereich sind die im Unterzeitraum festgestellten, z.T. sogar signifikanten interannuellen Besiedlungsunterschiede wohl in erster Linie durch ‚natürliche‘ Faktoren (Besiedlungsdynamik, kleinräumige Heterogenität, abiotische Rahmenbedingungen) mit beeinflusst worden.

Neben den o.g. Faktoren, stellen die intensiven (Unterhaltungs)-Baggerungen in der Neubaustrecke einen zusätzlichen Wirkfaktor dar, der die Struktur qualitativ und quantitativ beeinflusst. Die Befunde haben gezeigt, dass die Vertiefungsbaggerung nicht zu einer Verödung der Fahrrinne geführt hat. Dies wird durch den räumlichen Vergleich mit dem entsprechenden Referenz-Abschnitt verdeutlicht. Die Besiedlungskennwerte der 1000 µm-Fraktion lagen sogar überwiegend über denen der Referenz. Die Aufgabe im Rahmen der Beweissicherungsuntersuchung ist es festzustellen, ob und wann sich eine ‚wertgleiche‘ Makrozoobenthosbesiedlung nach Abschluss der Vertiefungsmaßnahme wieder eingestellt hat. In diesem Zusammenhang ist jedoch anzumerken, dass die Rahmenbedingung ‚Unterhaltungsbaggerung‘ eine isolierte Bewertung der Wirkung der Vertiefungsarbeiten sehr erschwert bzw. nicht zulässt, da wie oben benannt, die Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Neubaustrecke vorher und auch z.T. nach Abschluss der Maßnahme mindes-

tens ähnlich umfangreich waren wie die eigentliche Vertiefung. Die Ergebnisse liefern insgesamt wertvolle Hinweise auf die grundsätzlichen Wirkungen von Baggerungen auf das Makrozoobenthos. So ist wahrscheinlich, dass intensive Baggerungen die Struktur der Gemeinschaft verändern können, die räumliche und zeitliche Variabilität erhöhen und einige Artengruppen (vgl. auch 250 µm-Fraktion) auch deutlich beeinträchtigen. Unter Berücksichtigung der Unterhaltungsbaggerungen, ist in 2004 eine im Vergleich zur Ausgangssituation 1999 wertgleiche Makrozoobenthosbesiedlung festgestellt worden. Allerdings ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der Status quo 1999 aufgrund der in 1998 hohen Baggermengen mit hoher Wahrscheinlichkeit jene Besiedlungssituation repräsentierte, wie sie sich nach überdurchschnittlich intensiven Unterhaltungsbaggerungen einstellt, also keine im eigentlichen Sinne Referenzsituation darstellte.

7.3 250 µm-Fraktion (Stechrohre)

Etwa zwei Jahren nach der Baumaßnahme ist die mittlere Abundanz in der **Baggerstrecke BS** um gut zwei Zehnerpotenzen höher gewesen als vor dem Eingriff: Von 1999 mit rd. 10^2 Ind. über 2001 mit 10^3 Ind. bis 2002 mit über 10^4 Ind./m². Dann in 2003 bis 2004 der Einbruch, der prognostizierte Zusammenbruch, die „Erschöpfung“ der Präoportunistenphase; der Rückfall auf das Dichtest-Niveau von 2001 mit erneut 10^3 Ind./m². Parallel dazu, aber bereits ab 2001, der unverkennbarer Rückgang der Taxazahlen. Quantitativ konnte sich ab 2003 einzig und allein nur noch eine Tubificidenart im Baggerbereich behaupten: Der Gewässerubiquist *Limnodrilus hoffmeisteri*. Im Ausbau-/Baggerabschnitt von Strom-km 649 - 653 dominierte als Substrattyp Schlick, daneben standen aber auch schluffiger Feinsand sowie Mittelsand und Klei an. Mit durchschnittlich 10^3 Ind./m² liegt der Abundanzwert weit unter der empirischen Raumkapazität von 10^5 Ind./m² für schluffhaltige, schlickige, eu- und sublitorale Substrate der oligohalin/limnischen Tideelbe.

Im Gegensatz dazu verlief die zeitgleiche Entwicklung im **Referenzgebiet RF** anders. Qualitativ veränderte sich die Gesellschaft derart, dass bis 2003 ein Anstieg in der Taxazahl registriert wurde; in 2004 entsprach dieser Parameter im Großen und Ganzen wieder dem (etwas erhöhten) Eingangsniveau. Die mittlere Gesamtdichte der Oligochätenfauna stagnierte in den ersten zwei Jahren in der Größenordnung von 10^3 Ind./m². In 2003 ein spontaner Anstieg der Abundanz auf rd. 10^4 Ind./m². Im Rahmen der Variabilität ist im Abschlussjahr 2004 erneut die Größenordnung 10^3 Ind./m² ermittelt worden. Im Gegensatz zum Bagger-/Ausbaubereich ist die mögliche Raumkapazität entsprechend dem Sohlsubstrat mit durchschnittlich $\geq 10^3$ Ind./m² immer erfüllt gewesen. Trotz homogener Sandstrukturen zwischen Strom-km 647 – 649 dominierten wechselnde „Sandarten“: 1999 *Propappus volki* und *Enchytraeus* spp., 2001 mit *Akteredrilus monospermathecus* (Tubificidae) ein ursprünglich „mariner“ Oligochät, der erstmalig so weit stromauf beobachtet wurde. Ab 2002 mehr oder weniger alle drei genannten Spezies assoziiert, mit jährlich wechselnden Dominanzwerten, wobei *Propappus volki* die Dominanzhierarchie stets anführte.

Die qualitativ andersartige Gesellschaftsstruktur zwischen den Teilgebieten ist primär eine Folge der anstehenden Sohlsubstrate. Und die sind primär das Ergebnis unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten. In der Baggerstrecke muss sie geringer sein, denn sonst wären hier keine Sedimentations- bzw. Schlickflächen lokalisiert, die wiederum den (hohen) Unterhaltungsaufwand erzwingen. Ganz anders im Referenzgebiet. Mittel-/Grobsand und Kies lassen auf hohe Strömungsgeschwindigkeiten schließen. Aufgrund der Sedimentmobilität ist die Räumkraft in der Strecke groß, mit der Konsequenz eines vergleichsweise niedrigen Unterhaltungsaufwands.

Tab. 10: Vergleich ausgewählter Fahrrinnen-Stationen in der Baggerstrecke 2004 vs. 2003 sowie Sedimentansprache Qualitativ-quantitative Zusammensetzung der Oligochätenfauna (Oberflächenbezug OF = Stechrohr = 15,9 cm²)

Taxon 2004 [Indiv./Stechrohr-OF]	Präferenz	L21-1	L21-2	L21-3	L21-4	L21-5	L21-6	L25-1	L25-2	L25-3	L25-4	L25-5	L25-6	L28-1	L28-2	L28-3	L28-4	L28-5	L28-6
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	Schlickart		2																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Ubiquist	7	3	24	18	7	11	1	7		2	2	18		3			1	4
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Schlickart	1	1	1					1		2	1						1	
<i>Tubifex tubifex</i>	Schlickart		1																
Feinsand		50	20	50	50	70	70	30	20	50	20	15	40	50	70	20	30	30	30
Schlick		50	80	50	50	30	30	60	70	50	80	80	60	50	30	75	70	70	70
Detritus		+	++	+				10	10	+		5	+			5			
Taxon 2003 [Indiv./Stechrohr-OF]	Präferenz	L21-1	L21-2	L21-3	L21-4	L21-5	L21-6	L25-1	L25-2	L25-3	L25-4	L25-5	L25-6	L28-1	L28-2	L28-3	L28-4	L28-5	L28-6
<i>Amphichaeta leydigii</i>	Schlick-/Sandart	4												1					
<i>Nais elinguis</i>	Ubiquist						1								1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Ubiquist	1	1		7	9	4	1	4		4	2	1	1	3	1	1	1	
<i>Limnodrilus profundicola</i>	Sandart			2	1	3	1		1	1			1		1				
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Schlickart								1					1					
<i>Potamotheix moldaviensis</i>	Sandart					3	1									1			
Grobsand																	10	10	
Mittelsand		50	10				30								10		30	30	10
Feinsand		40	40	60	60	80	30	30	30	80	50	50	50	20	70	80	40	40	60
Schlick		10	40	40	40	20	40	70	70	20	50	50	50	80	20	20	20	20	30
Detritus			10	+	+	+		+		+	+	+	+	+					

Analog diesen Rahmenbedingungen siedeln im Raum angepasste Organismen. Im Referenzgebiet die rheophilen und stenotopen Oligochäten, wie *Enchytraeus* sp. (Enchytraeidae) oder *Propappus volki* (Propappidae) und *Aktedrilus monospermathecus* (Tubificidae). Diese Tiere haben entweder eine derbe Kutikula, die sie gegen mechanische Beschädigungen durch den Sedimenttransport schützt, bspw. *Enchytraeus* sp., oder Klebdrüsen, wie *P. volki*, durch die sie in der Tiefe des Sediments, des Interstitials fixiert und vor Verdriftung sicher sind. In der Baggerstrecke sind es vorwiegend euryöke, eurypotente Arten, die den Raum besiedeln, bspw. die Ubiquisten *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae) oder *Nais elinguis* (Naididae). Darüber hinaus aber auch die limnobionten Schlickbewohner, wie *Limnodrilus claparedeanus*, *L. udekemianus* und *Tubifex tubifex*. Die Tubificiden-Assoziation der drei letztgenannten Spezies und *L. hoffmeisteri* ist charakteristisch für schlackige, organisch verschmutzte Substrate (BRINKHURST 1966, PFANNKUCHE 1977). Auf Veränderungen des Sedimenttyps respektive der Strömungsgeschwindigkeit reagieren die Tiere relativ spontan. Ein Sedimenttypwechsel ist in aller Regel mit Fluktuationen, d. h., einem u.U. deutlichen Artenschwund und dem „Auftauchen“ neuer, dem Typ angepasster Spezies verbunden. Eurytope Oligochäten reagieren allerdings nicht auf derartige Milieuänderungen. In Tab. 10 sind beispielhaft die einzelnen Stechrohr-Proben von drei Stationen (je 6 Parallelen) aus der Baggerstrecke im Vergleich 2004 vs. 2003 aufgelistet. Außerdem ist die entsprechende Sedimentzusammensetzung (%-Anteil der jeweiligen Fraktion) mit angegeben.

Interannuell traten in der Sedimentzusammensetzung deutliche Veränderungen ein: Während in 2003 der Feinsandanteil größer war, ist im Abschlussjahr 2004 erneut eine Verschiebung in Richtung Schlick zu verzeichnen gewesen (vgl. Kap. 5.1.2). Analog hat sich die Gesellschaftsstruktur gewandelt, hin zu einer Gemeinschaft aus schlickpräferierenden Arten (bzw. Ubiquisten). Spezies, die bevorzugt Sande besiedeln, fehlten. Die sedimentabhängige Verteilung ist durch den Vergleich einzelner Stechrohr-Parallelproben (Oberfläche rd. 16 cm², Tiefe 10 cm) gerade im kleinräumigen Maßstab gut zu erkennen. *P. moldaviensis* oder *L. profundicola* waren in den schluffhaltigen, schlickigen Substraten kaum noch abundant, dafür stieg im Gegenzug der Nachweis der Schlickindikatoren. *L. hoffmeisteri* verhielt sich als Ubiquist dementsprechend indifferent; als (extrem) euryöke Lebensform siedelte der Wurm (fast) überall - unbeeindruckt von den hydrodynamischen Rahmenbedingungen.

Im Referenzgebiet war die kleinskalige Verbreitung ähnlich, nur mit dem Vorzeichen vorwiegend stenotoper Sandarten. Anhand der Stechrohrproben lässt sich das sensitiv-kleinräumige Verhalten nicht belegen, da die gesamte Referenzfläche von Sandstrukturen dominiert war. Als Vergleich ist deshalb ein Beispiel aus der benachbarten BA Twielenfleth dargestellt (vgl. nachstehende Tab. 11).

Tab. 11: Vergleich ausgewählter Stationen auf der BA Twielenfleth sowie Sedimentansprache (April 2004). Qualitativ-quantitative Zusammensetzung der Oligochätenfauna (Oberflächenbezug OF = Stechrohr = 15,9 cm²)

Taxon 2004 [Indiv./Stechrohr-OF]	Präferenz	L2-1	L2-2	L2-3	L2-4	L2-5	L2-6	L8-1	L8-2	L8-3	L8-4	L8-5	L8-6	L16-1	L16-2	L16-3	L16-4	L16-5	L16-6
<i>Propappus volki</i>	Sandart			2				3			5	1			1				
<i>Amphichaeta leydigii</i>	Schlick-/								1							3		1	
<i>Amphichaeta sannio</i>	Sandart								1										
<i>Vejdovskyella intermedia</i>	Schlickart																	1	1
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	Schlickart								1										
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Ubiquist								1		1	1	4	2	8	3	1		
<i>Limnodrilus profundicola</i>	Sandart							2											
<i>Potamothenrix moldaviensis</i>	Sandart												4	2	3				
<i>Tubifex tubifex</i>	Schlickart																		1
Tubificidae juvenil	indifferent			2															
Mittelsand		50		70	1	10	20	80	50	20	30	50	40						
Feinsand								20	30	40	60	40	40	70	70	20	30	20	20
Schlick		50	100	30	100	90	80		20	40	10	10	20	30	30	80	70	80	80

Propappus ist stenotop und dort zu finden, wo (vorwiegend) Sand ansteht. Im Untersuchungsgebiet Twielenfleth konzentrierte sich der Nachweis bezeichnenderweise auf die sanddominierten Standorte (hier L8). Aber selbst in schlickigen Bereichen (L 2), wurde die Art in jener Parallele L 2-3 erfasst, die zu 70% aus Mittelsand bestand; analog der zutreffende Einzelnachweis für die Schlickstation L 16 (dto. Parallele 2). Ähnlich sind die weiteren, sandpräferierenden Tubificiden *Limnodrilus profundicola* und *Potamothenrix moldaviensis* verteilt gewesen: ein deutlicher Schwerpunkt in den Sandproben (Sandanteil $\geq 70\%$).

Letztendlich bleibt also die Erkenntnis, dass die lokale Artenstruktur über den Faktor Sediment (bzw. Strömung) beeinflusst wurde. Aufgrund dieser Wechselbeziehung wird ein direkter Gebietsvergleich natürlich erschwert. Auffällig für die Baggerstrecke bleibt jedoch die abweichend niedrige Artenzahl mit nur durchschnittlich 4 Taxa. Für Schlickflächen fällt dieser Parameter zwar nie besonders hoch aus, allerdings liegt die mittlere Taxazahl in der Unterelbe meist über 9 Oligochäten-

spezies (PFANNKUCHE 1977, POSEWANG-KONSTANTIN et al. 1992, ORTEGA et al. 1994). Sandflächen sind dagegen artenreicher besiedelt; insbesondere die Tubificidenfauna ist hier naturgemäß diverser strukturiert (PFANNKUCHE 1977, GIERE & Pfannkuche 1982). Im Referenzgebiet sind die hohe Strömungsgeschwindigkeit und damit verbundene Sedimentmobilität jedoch erschwerende Faktoren. Somit ist es nicht ausreichend, dass eine lokale Art sandige Habitats präferiert, nein, sie muss auch rheobiont, zumindest rheophil veranlagt sein. Das sind die nachgewiesenen Arten *P. volki*, *Enchytraeus* spp. oder *Lumbricillus* sp. durchaus. Hingegen fallen die meisten (limnischen) Tubificiden aus, da sie eher limno-/rheophil sind (MOOG 1995, SCHMEDTJE & COLLING 1996, KRIEG 2005). D. h., in der Fahrerinne, im Fahrwasser der Referenzzone können nur die angepassten Spezialisten existieren, weshalb das Oligochaetenspektrum im Vergleich mit sandigen Flachwasserräumen auch reduziert ist. Nichtsdestoweniger ist die mittlere Artenzahl höher als in der Baggerstrecke; im Abschlussjahr 2004 waren es sogar signifikant mehr Taxa.

Wie ist nun die Beziehung Abundanzen versus Sohlsubstrate im Gebietsvergleich zu werten? In der Baggerstrecke, wie bereits mehrfach genannt, steht neben Feinsanden hauptsächlich Schlick an, im Referenzgebiet dagegen verschiedene Sandfraktionen. Grundsätzlich gilt, dass reziprok zur Artenzahl, die Wohndichte Oligochaeta mit abnehmender mittlerer Korngröße und Zunahme des Gehalts an partikulärer, organischer Substanz ansteigt (WACHS 1967, 1968, PFANNKUCHE 1977). Mit anderen Worten: Schlickflächen sind erfahrungsgemäß sehr viel individuenreicher ausgestattet als Sandflächen – was den unmittelbaren Gebietsvergleich wiederum nicht erleichtert. Andererseits liegen aber ausreichend empirische Daten aus der Unterelberegion vor, anhand derer die Raumkapazität unterschiedlicher Substrate bemessen werden kann. Vor diesem Hintergrund lagen die Oligochaeta-Abundanzen der schluffhaltigen Mischsedimente und Schlicke in der Baggerstrecke vermutlich weit unter der Raumkapazität; im Referenzbereich war das Potential dagegen ausgeschöpft bzw. sogar individuenreicher.

Somit liegen für die Baggerstrecke Hinweise auf eine Degradation der Kennwerte Artenzahl und Besiedlungsdichte vor. Das Gebiet war allerdings bereits im Ist-Zustand 1999 vorgeschädigt und somit gestört. Demzufolge kann einerseits nach einer Ausbaumaßnahme, die im Hinblick auf die Baggermengen in der Größenordnung hoher Unterhaltungsintensitäten lag und andererseits nach der Maßnahme weiterhin z. T. sehr hohe Baggermengen in Rahmen der Unterhaltung anfielen, keine dauerhafte Erholung der betroffenen Benthosgemeinschaften erwartet werden. Im günstigsten Fall bleibt langfristig der Status so wie er war, nämlich „geschädigt“. Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, dass bei anhaltend hohem Unterhaltungsaufwand eine weitere Degeneration der Fahrinnenbesiedlung erfolgt. Ein vergleichbarer Sachverhalt ist im Gebiet Rhinplate in den 90-er Jahren eingetreten und in UVU-MATERIALBAND VII (1997) beschrieben worden (Seite 122, 166, 268-269 & 457).

Die festgestellten Besiedlungsdefizite der Wirbellosengemeinschaft der 250 µm-Fraktion stehen also u.a. in Zusammenhang mit Störfaktor Baggerungen, hierbei dürfte die frequente Unterhaltungsbaggerei sogar die entscheidende Störungskomponente, weniger die eigentliche einmalige Vertiefungsmaßnahme, sein. Insgesamt entspricht die Baggerstrecke heute im Großen und Ganzen der (bereits vorgeschädigten) Ausgangsbewertung, während das Referenzgebiet deutlich darüber rangiert. Anders ausgedrückt: Der Baggerbereich entspricht aktuell einer „sehr geringen“ Wertigkeit. Der Referenzabschnitt muss im Hinblick auf jeden Fall qualitativ besser „benotet“ werden als die sowohl qualitativ als auch quantitativ verarmte Bagger-/Ausbaustrecke.

7.4 Gesamtfazit

Die Untersuchungsergebnisse haben insgesamt gezeigt, dass eine differenzierte Betrachtung und Auswertung verschiedener Komponenten (250 µm-Fraktion, 1000 µm-Fraktion, Phyla- und Artebene) der Makrozoobenthosgemeinschaft sinnvoll war, da die Wirkungen der Baggerungen sich artengruppenspezifisch sehr unterschiedlich dargestellt haben. Nicht alle ursprünglichen Hypothesen in Bezug auf die prognostizierten Wirkungen von Baggerungen ließen sich auf der Basis der Ergebnisse belegen. Insbesondere die unerwartete Zunahme der Besiedlungsdichte einzelner Arten des Makrozoobenthos, die offensichtlich mit intensiven Baggerungen in Zusammenhang standen, war eben nicht im Sinne der ursprünglichen Hypothese, die generell von einem deutlichen Rückgang von Arten und Individuenzahl ausging.

Auf der Grundlage der vorliegenden Befunde sind Hinweise auf Wirkungen intensiver Baggerungen auf die benthischen Lebensgemeinschaften auch vor dem Hintergrund einer ausgeprägten räumlichen und zeitlichen Variabilität in unterschiedlicher Weise erkennbar. So wurden neben den o.g. artspezifischen Ausnahmen in den durch Baggerungen stark betroffenen Abschnitten überwiegend geringere Besiedlungskennwerte und/oder eine besonders hohe Variabilität der Besiedlung festgestellt.

Abschließend sei jedoch darauf verwiesen, dass die Lösung der eigentlichen Aufgabe, der im Rahmen der Beweissicherung durchgeführten Untersuchungen der wirbellosen Bodenfauna, nämlich die Identifizierung und Bemessung der Wirkungen ausschließlich der Vertiefungsbaggerungen sowie die Frage nach der Dauer der Regeneration nach Abschluss der Maßnahme, nur sehr eingeschränkt zu beantworten bzw. nicht möglich war. Bezogen auf das Zeitfenster von 1998 – 2001 fiel der Ausbau nicht durch besonders hohe Baggermengen aus dem Rahmen und stellte daher einen nicht einmaligen, außergewöhnlich starken Eingriff dar. Die Vertiefungsmaßnahme war vielmehr ‚eingebettet‘ in eine Reihe von ebenso intensiven Unterhaltungsarbeiten, die sowohl vor, als auch z. T. noch nach Abschluß der Maßnahme erfolgten. Erst nach 2001 wurden, bezogen auf ein langjähriges Mittel, wieder mehr oder weniger durchschnittliche Mengen im Rahmen der Unterhaltung gebaggert. Die Ausprägung der benthischen Faunengemeinschaften in der untersuchten Baggerstrecke war also einerseits bereits zum Zeitpunkt der ‚eigentlichen‘ Maßnahme das ‚Resultat‘ von intensiven Eingriffen und unterlag diesem Einflussfaktor auch nach den Vertiefungsarbeiten andererseits. Es hat sich in diesem Zusammenhang gezeigt, dass die Baggerstrecke schon vor dem Ausbau durch eine arten- und individuenarme Makrozoobenthosgemeinschaft gekennzeichnet war, die im Untersuchungszeitraum bezogen auf die Ausgangssituation 1999 offensichtlich nicht weiter degenerierte.

8. Literatur

- BARNES, R. S. K. (1994): The brackish-water fauna of northwestern Europe. Cambridge Press, Cambridge, 287 S.
- 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. Fahrrinne Unterelbe (km 647 - km 653). Ergebnisse Frühjahr 2001 und Vergleich 1999-2001. Auftraggeber WSA Hamburg.
- BIOCONSULT (2003a): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Fahrrinne Unterelbe (km 647 - km 653). Ergebnisse Frühjahr 2002 und Vergleich 1999-2002. Auftraggeber WSA Hamburg.
- BIOCONSULT (2003b): Monitoring des Zoobenthos im Einbringungsbereich von Hamburger Baggergut bei Neßsand in der Unterelbe. Zusammenfassender Bericht der Untersuchungen 2000 – 2002. - Auftraggeber FH Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Amt Strom- und Hafenbau.
- BIOCONSULT (2004): Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe. Fahrrinne Unterelbe (km 647 - km 653). Ergebnisse Frühjahr 2003 und Vergleich 1999-2003. Auftraggeber WSA Hamburg.
- BLUHM, H. (1990): Analyse zyklischer Wiederbesiedlungsvorgänge am Beispiel sublitoraler Makrobenthosgemeinschaften in der Flensburger Förde. – Diss. math.-nat. Fak. CAU Kiel (unveröff.): 257 S.
- BRINKHURST, R. O. & C. R. KENNEDY (1965): Studies on the biology of the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta) in a polluted stream. – J. Anim. Ecol. 34, 429-433.
- BRINKHURST, R. O. (1966): The Tubificidae (Oligochaeta) of polluted water. – Verh. Int. Ver. Limnol. 16, 854-863.
- DZWILLO, M. (1966): Oligochaeten im marinen Raum. – Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven Sonderbd. 2: 155-160.
- GIERE, O. & PFANNKUCHE, O. (1982): Biology and ecology of marine oligochaeta. A review. – Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 20: 173-308.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G. (1996): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta.- In: DAHL, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. Teil 58, 2. Aufl. Verlag G. Fischer, Jena 648 S.
- HAYWARD, P. J. & J. S. RYLAND (1995): Handbook of the marine fauna of North-West Europe.- Oxford University Press, Oxford, 800 S.
- KRIEG, H.-J. (1996): Investigation on the occurrence and distribution of benthic fauna along a transect in the transition zone between fresh and brackish water on both sides of Lühesand at km 648,5 in the Lower Elbe. – Arch. Hydrobiol./Suppl. 110 (Unters. Elbe-Ästuar 7): 283-309.

- KRIEG, H.-J. (1999): Hydrobiologische Bestandsaufnahme zum Ist-Zustand der wirbellosen Bodenfauna auf der Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth und zwei benachbarten Referenztransekten (Unterelbe, April 1998). Beweissicherung zur Fahrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Unveröff. Gutachten i. A. Wasser- u. Schifffahrtsamt Hamburg. - HUUG Tangstedt: 33 S.
- KRIEG, H.-J. (2005): Die Entwicklung eines modifizierten Potamon-Typie-Indexes (Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna) zur Bewertung des ökologischen Zustands der Tideelbe von Geesthacht bis zur Seegrenze. Methodenbeschreibung AeTI (Aestuar-Typie-Index) und Anwendungsbeispiele. Unveröff. Gutachten i. A. FH Hamburg/BSU/WG Elbe. - HUUG Tangstedt: 38 S.
- MICHAELSEN, W. (1916): Ein eigentümlicher neuer Enchyträide der Gattung *Propappus* aus der Niederelbe. – Verh. Naturw. Ver. Hamburg 23: 51 –55.
- MOOG, O. (1995): Fauna Aquatica Austriaca – Katalog zur ökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. – Wasserwirt.kataster BLFW, Wien, Lfg. 05/95.
- ORTEGA, J., STEEGE, V. & H. KAUSCH (1994): Hydrobiologische Untersuchungen im Hamburger Hafen. Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der gewässerökologischen Situation im Hafen. Band 1-3. Unveröff. Gutachten i. A. FHH Umweltbehörde Hamburg, Amt f. Umweltschutz UB/W. - Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg.
- PFANNKUCHE, O. (1977): Ökologische und systematische Untersuchungen an naidomorphen Oligochaeten brackiger und limnischer Biotope. – Diss. FB Biologie d. Univ. Hamburg: 138 S.
- POSEWANG-KONSTANTIN, G., SCHÖL, A. & H. KAUSCH (1992): Hydrobiologische Untersuchung des Mühlenberger Lochs. – Unveröff. Gutachten i. A. Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg. - Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg: 116 S.
- REMMERT, H. (1992): Ökologie. – Springer Verlag, Berlin, New York: 358 S.
- SCELLENBERG, A. (1942): Krebstiere oder Crustacea.- In: Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands 40. Gustav Fischer, Jena.
- SCHMEDTJE, U. & M. COLLING (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. – Info-Berichte Bayer. Landesamt f. Wasserwirt. München, H. 4/96, 543 S.
- SCHÖLL, F. & A. HAYBACH (2000): Der Potamon-Typie-Index – ein indikatives Verfahren zur ökologischen Bewertung großer Fließgewässer. – Hydrol. & Wasserbewirt. Koblenz, 44 (1), 32-33.
- TISCHLER, W. (1976): Einführung in die Ökologie. – G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 307 S.
- UVU-MATERIALBAND IIb (1997): UVU zur Anpassung der Fahrerinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Fachgutachten Wasserbauliche Materialumlagerungen. I. A. der WSV Kiel, WSA Hamburg, Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - HGU Hamburg.
- UVU-MATERIALBAND IIb (1997): UVU zur Anpassung der Fahrerinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Fachgutachten Wasserbauliche Materialumlagerungen. I. A. der WSV Kiel, WSA Hamburg, Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - HGU Hamburg.

- UVU-MATERIALBAND III (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Fachgutachten Sedimente. I. A. der WSV Kiel, WSA Hamburg, Amt Strom- und Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - Inst. f. Bodenkunde d. Univ. Hamburg: 352 S.
- UVU-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 Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg und HUuG Tangstedt: 567 S.
- UVU-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 Hafenbau, Hamburg und Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. - Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg und Krieg, HUuG Tangstedt: 567 S.
- WACHS, B. (1967): Die Oligochaetenfauna der Fließgewässer unter besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Tubificidenbesiedlung und dem Substrat. – Arch. Hydrobiol. 63, 310-386.

Anhang

Anhang I:

1a: Rahmenparameter der Probenahme vom April 2003

1b: Sedimentansprache

1c: Sondenmesswerte einzelner Stationen der Unterelbe

Anhang II: Abundanzen an den untersuchten Stationen der Unterelbe

2a: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion Ausbaustrecke Fahrrinne

2b: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion Tiefwasserstationen Fahrrinne

2c: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion Referenz Fahrrinne

2d: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion Ausbaustrecke Fahrrinne

2e: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion Tiefwasserstationen Fahrrinne

2f: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion Referenz Fahrrinne

Anhang III:

Übersichtskarte zur Lage der Probenahmestationen in der Unterelbe

Anhang 1a: Rahmenparameter der Probenahme vom April 2004

Station Nr.	Position N Position E	Datum/ Uhrzeit	Wassertiefe (m) auf SKN	Tidephase	Wind	Wetter
L 18	53°37,133 9°33,116	26.04.04 9:05	15,31	fallend	NW2	bedeckt
L 19	53°36,820 9°33,380	26.04.04 9:40	12,54	fallend	NW2	bedeckt
L 20	53°36,897 9°33,532	26.04.04 10:05	14,77	fallend	NW2	bedeckt
L 21	53°36,969 9°33,664	26.04.04 10:45	14,18	fallend	NW2	bedeckt
L 22	53°36,805 9°33,830	26.04.04 12:30	14,04	fallend	NW2	bedeckt
L 24	53°36,558 9°33,982	26.04.04 13:00	10,31	fallend	NW2	bedeckt
L 25	53°36,583 9°34,170	26.04.04 13:40	14,6	fallend	NW2	bedeckt
L 26	53°36,616 9°34,240	26.04.04 14:15	14,85	fallend	NW2	bedeckt
L 27	53°36,647 9°34,383	26.04.04 14:45	13,53	fallend	NW2	bedeckt
L 28	53°36,473 9°34,550	26.04.04 15:15	14,07	steigend	NW2	heiter
L 30	53°36,307 9°34,859	26.04.04 15:55	14,61	steigend	NW2	heiter
L 31	53°36,116 9°35,114	27.04.04 8:45	15,31	steigend	O2-3	bedeckt
L 32	53°36,131 9°35,250	27.04.04 9:05	15,28	Stauwasser	O2-3	bedeckt
L 33	53°36,144 9°35,392	27.04.04 9:30	14,79	fallend	O2-3	bedeckt
L 34	53°35,949 9°35,540	27.04.04 9:55	15,41	fallend	O2-3	heiter
L 40	53°35,558 9°35,937	27.04.04 10:30	14,68	fallend	O2-3	heiter
L 41	53°35,582 9°36,120	27.04.04 11:05	15,5	fallend	O2-3	heiter
L 42	53°35,628 9°36,187	27.04.04 11:50	15,35	fallend	O2-3	sonnig
L 45	53°35,191 9°36,607	27.04.04 13:10	15,12	fallend	O2-3	sonnig
L 46	53°35,239 9°36,688	27.04.04 13:50	15,4	fallend	O2-3	sonnig
L 47	53°35,279 9°36,757	27.04.04 14:15	14,63	fallend	O2-3	sonnig
L 48	53°34,967 9°37,137	27.04.04 14:50	15,88	fallend	O2-3	sonnig

Anhang 1b: Sedimentansprache – Unterelbe 2004

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nich quantifizierbar)													Bemerkungen
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlick	Klei	Detritus	Schill	Torf	Holz	
L 18-1	50						10	30	60						verfestigtes Feinsand-Schlick-Gemisch, 1cm Mittelsandauflage
L 18-2	70						40	30	30						
L 18-3	90							80	20						
L 18-4	90				+		90	10	+						
L 18-5	60						80		20						
L 18-6	90					+	90	10							
L 19-1	90					+	70		30						
L 19-2	80				+		80		20						
L 19-3	60						100		+						
L 19-4	60				+	20	70		5				5		
L 19-5	80					10	80		10						
L 19-6	50				+	10	80	10	+						
L 20-1	60					+	40		60		+				sehr fester Schlick
L 20-2	60					10	80		10						
L 20-3	70					+	100	+	+						
L 20-4	50						90		10						
L 20-5	60						40		60						
L 20-6	90						30	20	50						
L 21-1	60							50	50		+				
L 21-2	100							20	80		++				
L 21-3	90							50	50		+				
L 21-4	60							50	50						
L 21-5	60							70	30						
L 21-6	60							70	30						
L 22-1	70							10	90						anoxisch
L 22-2	60					+	80		20						
L 22-3	50						80	+	20						
L 22-4	90							20	80						
L 22-5	70						80	20							
L 22-6	80					+	20	20	60		+				
L 24-1	80			+	5	20	70		5			+			
L 24-2	90				+	50	40		10						
L 24-3	80				+	80	20								Probe wurde aufgespült und dekantiert

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache – Unterelbe 2004

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)													Bemerkungen
		St ein e	Gr ob kie s	Mit tel kie s	Fe ink ies	Gr ob sa nd	Mit tel sa nd	Fe ins an d	Sc hli ck	Kl ei	De trit us	Sc hill	To rf	Ho lz	
L 25-1	100							30	60		10				anoxisch
L 25-2	90							20	70		10				anoxisch
L 25-3	70							50	50		+				
L 25-4	100							20	80						
L 25-5	100							15	80		5				anoxisch
L 25-6	90							40	60		+				
L 26-1	70							80	20		+				
L 26-2	70							30	70		+				
L 26-3	80							100	+						
L 26-4	80							40	60		+			+	
L 26-5	80							80	20						
L 26-6	80							35	60		5				
L 27-1	80							20	80		+				
L 27-2	70							70	30		+				
L 27-3	70							80	20		+				
L 27-4	70							20	80						
L 27-5	70							70	30		+				
L 27-6	70							80	20		+				
L 28-1	40							50	50						viele Fehlversuche
L 28-2	80							70	30						
L 28-3	70							20	75		5				
L 28-4	70							30	70						
L 28-5	70							30	70						
L 28-6	50							30	70						Anmerkung I
L 30-1	50							60	40		+				
L 30-2	70							40	60						
L 30-3	90							10	90						
L 30-4	50							20	80						
L 30-5	70							90	10						
L 30-6	80							20	80						
L 31-1	70						90		10		+				
L 31-2	90						70	10	10		10			++	
L 31-3	70						70	10	10		10			++	

15:50 wurde Verklappung des Baggers "Ostsee" von Unterhaltungsbaggergut auf dem Referenzgebiet (Klappstelle) beobachtet.

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache – Unterelbe 2004

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)												Bemerkungen	
		St ein e	Gr ob kie s	Mit tel kie s	Fe ink ies	Gr ob sa nd	Mit tel sa nd	Fe ins an d	Sc hli ck	Kl ei	De trit us	Sc hill	To rf		Ho lz
L 31-4	90						80	20	+		+				
L 31-5	80						80	10	10		+				
L 31-6	50						60	20	20		+				
L 32-1	80						50	30	20						
L 32-2	60					+	20	+	80						anoxisch
L 32-3	70					+	20	+	80						anoxisch
L 32-4	80					10	60		30						Anmerkung 2
L 32-5	90						60	10	30						
L 32-6	80					+	70	20	10						
L 33-1	70					20	60		20						
L 33-2	50					40	50		10		+				
L 33-3	80					10	30		60						
L 33-4	95					40	40		20						
L 33-5	90					30	20		50						
L 33-6	90					40	10		50						
L 34-1	70						40	40	20		+				Schlicklinsen
L 34-2	80						50	40	10						Schlicklinsen
L 34-3	50						40	50	10						Schlicklinsen
L 34-4	60						40	60	+						
L 34-5	60						10	90	+						
L 34-6	60						10	90	+						
L 40-1	50		+	5	15	70	10		+						1/2 Probe mitgeführt
L 40-2	90				10	70	20		+						
L 40-3	90				10	65	10		10		5				1/2 Probe mitgeführt
L 40-4	90	+			+	40	10		40		10				Schlicklinsen
L 40-5	90				10	70	20		+						Schlicklinsen, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 40-6	90		+	10	10	60	10		10						Schlicklinsen, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 41-1	80			+	10	60	20		10						Schlicklinsen, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 41-2	80				10	60	10	+	20						teilweise Schlicklinsen, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 41-3	80				+	70	15		10		5				Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 41-4	50				+	70	30	+	+						Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 41-5	70				10	70	20	+	+						Probe wurde aufgespült und dekantiert

Bagger "Ostsee" fährt vorbei, verlappt wohl aber deutlich außerhalb des Referenzgebietes (Tonne 98)

Fortsetzung Anhang 1b: Sedimentansprache – Unterelbe 2004

Stations Nr.	Befüllungs- grad [%]	Sedimentansprache [%]; + =vorhanden, aber nicht quantifizierbar)													Bemerkungen
		Steine	Grobkies	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Schlick	Klei	Detritus	Schill	Torf	Holz	
L 45-6	80			+	10	60	10		20						Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-1	70			+	5	85	10				+				Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-2	90				10	90	+								Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-3	50			+	5	95	+				+				viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-4	90				+	100									Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-5	90		+	20	20	60			+						Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 46-6	70				10	90			+						Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 47-1	60			+	10	70	+		20						Probe wurde aufgespült und dekantiert, Schlick mit Pflanzenresten
L 47-2	80				+	80	10		10						Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 47-3	80			10	10	80									viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 47-4	100				+	90	10								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 47-5	90				+	70	25		+					5	viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 47-6	90				+	90	10								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-1	50				+	100	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-2	90				+	100	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-3	90				+	100	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-4	80				+	100	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-5	80		+	+	10	90	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert
L 48-6	80					100	+								viele Fehlversuche wg. Kies, Probe wurde aufgespült und dekantiert

Anhang 1c: Sondenmesswerte einzelner Stationen der Unterelbe - 2004

Station	T (°C)	Lf (µS/cm)	SAL (‰)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	pH
L 25	14,2	736	0,1	5,35	51,9	-
L 30	14,5	761	0,1	5,76	58,5	-
L 45	14,2	735	0,1	5,77	59,5	-
L 48	14,9	733	0,1	5,74	68,1	-

Anhang II: Makrozoobenthosdaten an den untersuchten Stationen der Unterelbe

Anhang 2a: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion (Fahrrinne – Ausbaustrecke)

Ind/m ² -2004	BL18-04	BL20-04	BL21-04	BL22-04	BL25-04	BL26-04	BL27-04
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Corbicula fluminea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	16,7	3,3	10,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> sp. (cf. <i>viridis</i>)	21,7	11,7	11,7	48,3	10,0	18,3	40,0
<i>Hediste diversicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Bahyporeia elegans</i>	35,0	6,7	0,0	35,0	6,7	13,3	8,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	106,7	21,7	0,0	71,7	45,0	116,7	51,7
<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gammarus zaddachi</i>	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	163,3	40,0	15,0	171,7	65,0	158,3	100,0

Ind/m ² -2004	BL28-04	BL30-04	BL31-04	BL32-04	BL33-04	BL34-04
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Corbicula fluminea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> spp. juv.	10,0	1,7	5,0	11,7	5,0	11,7
<i>Marenzelleria</i> sp. (cf. <i>viridis</i>)	28,3	3,3	26,7	1,7	8,3	10,0
<i>Hediste diversicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
<i>Bahyporeia elegans</i>	73,3	40,0	61,7	18,3	11,7	46,7
<i>Bathyporeia pilosa</i>	430,0	206,7	193,3	76,7	43,3	245,0
<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
<i>Gammarus zaddachi</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	548,3	251,7	286,7	108,3	68,3	323,3

Anhang 2b: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion (Fahrrinne – Tiefwasserstationen)

Ind/m²-2004	BL19-04	BL24-04
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,0	0,0
<i>Corbicula fluminea</i>	0,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> spp. juv.	0,0	33,3
<i>Marenzelleria</i> cf. <i>viridis</i>	400,0	453,3
<i>Hediste diversicolor</i>	0,0	1,7
<i>Bahyporeia elegans</i>	41,7	5,0
<i>Bathyporeia pilosa</i>	225,0	23,3
<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	0,0	0,0
<i>Gammarus zaddachi</i>	0,0	0,0
	666,7	516,7

Anhang 2c: Makrozoobenthosdaten 1000 µm-Fraktion (Referenz)

Ind/m ² -2004	RL40-04	RL41-04	RL42-04	RL45-04	RL46-04	RL47-04	RL48-04
<i>Dreissena polymorpha</i>	5,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
<i>Corbicula fluminea</i>	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> spp. juv.	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Marenzelleria</i> cf. <i>viridis</i>	165,0	85,0	141,7	70,0	36,7	111,7	55,0
<i>Hediste diversicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Bahyporeia elegans</i>	31,7	3,3	1,7	20,0	0,0	13,3	13,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	146,7	38,3	10,0	40,0	1,7	26,7	28,3
<i>Bathyporeia</i> spp. juv.	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gammarus zaddachi</i>	0,0	1,7	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0
	365,0	133,3	153,3	135,0	38,3	151,7	96,7

Anhang 2d: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion (Fahrrinne – Ausbaustrecke)
Faunenspektrum Oligochaeta (qual.-quant.), Abundanzangabe: Mittelwert aus 6 Parallelen

	Abundanzangabe = [Ind./m²]					Ausbau-/Baggerstrecke									
FR= Fahrrinne; Ra= Rand		FR	FR	Ra	FR	Ra	FR	Ra	FR	FR	Ra	FR	Ra	FR	
Taxon	System	L 18	L 20	L 21	L 22	L 25	L 26	L 27	L 28	L 30	L 31	L 32	L 33	L 34	
Propappus volki	Propappidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Enchytraeus cf. albidus	Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Enchytraeus cf. buchholzi	Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Enchytraeus sp.	Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	
Nais elinguis	Naididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vejdovskyella intermedia	Naididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	105	
Aktedrilus monospermathecus	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Limnodrilus claparedeanus	Naididae	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Limnodrilus hoffmeisteri	Tubificidae	105	1.153	7.335	314	3.144	629	1.048	838	105	105	105	838	105	
Limnodrilus profundicola	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Limnodrilus udekemianus	Tubificidae	0	105	314	0	419	0	210	105	105	0	0	0	0	
Potamothrix moldaviensis	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	0	0	0	
Tubifex tubifex	Tubificidae	0	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tubificidae ohne Haarborsten	Oligochaeta	105	1.048	12.156	629	5.135	1.257	1.677	1.153	524	105	1.048	943	1.048	
Tubificidae mit Haarborsten	Oligochaeta	0	0	105	0	0	0	0	105	0	0	0	0	0	
Tubificidae, juvenil	Oligochaeta	0	210	943	524	1.048	629	524	419	0	0	0	210	0	
Tubificidae, Kokons	Oligochaeta	0	314	1.677	0	524	210	419	210	0	0	0	210	0	

Anhang 2e: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion (Fahrrinne – Tiefwasserstationen)

Faunenspektrum Oligochaeta (qual.-quant.), Abundanzangabe: Abundanzangabe: Mittelwert aus 6 Parallelen

Abundanzangabe = [Ind./m ²]		Tiefwasser	
Taxon	System	L 19	L 24
Propappus volki	Propappidae	105	0
Enchytraeus cf. albidus	Enchytraeidae	0	0
Enchytraeus cf. buchholzi	Enchytraeidae	0	0
Enchytraeus sp.	Enchytraeidae	0	0
Nais elinguis	Naididae	0	0
Vejdovskyella intermedia	Naididae	0	0
Aktedrilus monospermathecus	Tubificidae	0	210
Limnodrilus claparedeanus	Naididae	0	0
Limnodrilus hoffmeisteri	Tubificidae	0	0
Limnodrilus profundicola	Tubificidae	0	0
Limnodrilus udekemianus	Tubificidae	0	0
Potamothrix moldaviensis	Tubificidae	0	0
Tubifex tubifex	Tubificidae	0	0
Tubificidae ohne Haarborsten	Oligochaeta	105	0
Tubificidae mit Haarborsten	Oligochaeta	0	0
Tubificidae, juvenil	Oligochaeta	0	0
Tubificidae, Kokons	Oligochaeta	0	0

Anhang 2f: Makrozoobenthosdaten 250 µm-Fraktion (Referenz)

Faunenspektrum Oligochaeta (qual.-quant.), Abundanzangabe: Individuen pro Stechrohr, Mittelwert aus 6 Greifern

Abundanzangabe = [Ind./m²]		Referenzgebiet							
FR= Fahrinne; Ra= Rand		Ra	FR	Ra	Ra	FR	Ra	FR	
Taxon	System	L 40	L 41	L 42	L 45	L 46	L 47	L 48	
Propappus volki	Propappidae	2.096	105	1.991	7.021	314	419	210	
Enchytraeus cf. albidus	Enchytraeidae	0	0	314	419	105	629	419	
Enchytraeus cf. buchholzi	Enchytraeidae	0	0	0	210	0	314	0	
Enchytraeus sp.	Enchytraeidae	0	210	0	0	0	0	0	
Nais elinguis	Naididae	0	0	0	105	0	105	105	
Vejdovskyella intermedia	Naididae	0	0	210	105	0	0	0	
Aktedrilus monospermathecus	Tubificidae	419	419	0	0	210	5.030	838	
Limnodrilus claparedeanus	Naididae	0	0	0	0	0	0	0	
Limnodrilus hoffmeisteri	Tubificidae	105	0	0	0	0	0	0	
Limnodrilus profundicola	Tubificidae	210	105	314	210	105	210	210	
Limnodrilus udekemianus	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	
Potamotheix moldaviensis	Tubificidae	0	0	314	210	0	210	0	
Tubifex tubifex	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	
Tubificidae ohne Haarborsten	Oligochaeta	210	0	210	105	0	105	0	
Tubificidae mit Haarborsten	Oligochaeta	0	0	0	0	0	0	0	
Tubificidae, juvenil	Oligochaeta	105	0	0	210	0	0	0	
Tubificidae, Kokons	Oligochaeta	629	105	838	2.096	0	1.362	210	

Anhang III: Karte