

Diplomarbeit

Zooplankton in der Unterweser

Vergleich der saisonalen Entwicklung zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm



vorgelegt von Yasmin Khalil

Oktober 2006

Universität Bremen

Fachbereich 2 Biologie/Chemie

Erstgutachter: Prof. W. Hagen

Zweitgutachter: Dr. M. Schirmer

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. W. Hagen bedanken. Im Rahmen meines Studiums hat er mich an die besondere Tiergruppe der Zooplankter herangeführt. Mit dieser habe ich schließlich durch die vorliegende Arbeit mein Studium mit Spaß und großer Begeisterung für das Thema beenden können.

Im Besonderen möchte ich mich bei Dr. M. Schirmer bedanken, der mir das Bearbeiten dieses Thema überhaupt erst ermöglicht hat und ferner seiner Arbeitsgruppe, die für Fragen und Diskussionen immer ein offenes Ohr hatte.

In der Bearbeitungsphase hat mich Dr. Holger Auel, als Mitarbeiter von Herrn Prof. Hagen, durch wertvolle Diskussionen unterstützt. Des Weiteren gilt mein besonderer Dank Herrn Volker Steege vom Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven, der mir bei der Suche nach Informationen über den Untersuchungsraum half.

Bei Julia Foerster bedanke ich mich für die Einarbeitung in das Computerprogramm Canoco, sowie bei Jürgen Lange und Jürgen Meyerdirks, die mir bei der Korrektur der Arbeit sehr geholfen haben.

Mein Dank gilt weiterhin meinen Eltern und meiner Familie, die mir mein Studium überhaupt erst ermöglicht haben. Außerdem danke ich meinem Partner Carsten Westerholt und all jenen, die mich in meinem persönlichen Umfeld mit Aufmunterungen sowie unbequemen Fragen zum richtigen Zeitpunkt weiter getrieben und unterstützt haben.

Zooplankton in der Unterweser

Vergleich der saisonalen Entwicklung zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm

1	Einleitung	5
1.1	Das Untersuchungsgebiet	6
1.2	Zooplankton.....	9
1.3	Fragestellung.....	17
2	Material und Methoden	20
2.1	Probennahmezeitraum	20
2.2	Die Probennahmestellen	21
2.3	Probennahmenseite	23
2.4	Abiotische Daten	23
2.5	Quantitative Erfassung des Zooplanktons	24
2.6	Taxonomische Bearbeitung.....	24
2.7	Statistische Auswertung	25
3	Ergebnisse	32
3.1	Abiotische Parameter	32
3.2	Artenliste	39
3.3	Vergleich der Habitate bei Hochwasser.....	42
3.4	Vergleich der Zooplankterverteilung bei verschiedenen Tiden	58
4	Diskussion.....	64
4.1	Methodendiskussion.....	64
4.2	Entwicklung der Zooplanktonzönose im Jahresverlauf.....	65
4.3	Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm	73
4.4	Bedeutung der Flachwasserzone für die Zooplanktonzönose der Unterweser	78

5 Zusammenfassung	81
6 Ausblick.....	83
7 Literatur.....	84
8 Anhang.....	93

Titelbild: Rotator, *Brachionus* cf. *angularis*

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Einteilung der Salinitäten im Brackwasser
- Tab. 2: Einteilung der Größenklassen im Plankton
- Tab. 3: Probennahmetage
- Tab. 4: Liste der nachgewiesenen Arten und Taxa
- Tab. 5: Vergleich der Präsenz der Taxa in den Strömen im zeitlichen Verlauf
- Tab. 6: Vergleich der Dominanz der Taxa in den Strömen im zeitlichen Verlauf
- Tab. 7: Vergleich der 42 Taxa in Hauptstrom und Rechtem Nebenarm anhand des Shannon-Weaver-Index und der Eveness
- Tab. 8: Sörensen-Quotient und Renkonen-Zahl für die Probennahmezeit
- Tab. 9: Vergleich der Präsenz der Taxa im zeitlichen Verlauf bei verschiedenen Tiden
- Tab. 10: Vergleich der Dominanz der Taxa im zeitlichen Verlauf bei verschiedenen Tiden
- Tab. 11: Vergleich der Taxa in Hauptstrom anhand des Shannon-Weaver-Index und der Eveness
- Tab. 12: Dominante Taxa nach Abundanzklassen im Jahresverlauf
- Tab. 13: Dominante Taxa nach Abundanzklassen im Vergleich der Gewässer

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Verlauf der Unterweser mit Markierung der Brackwassergrenze
- Abb. 2: Verteilung der marinen, süßwasser- und brackwasserangepassten Tiere im Ästuar
- Abb. 3: Rotatoriengattungen im Pelagial
- Abb. 4: Zyklomorphose am Beispiel von *Keratella quadrata*
- Abb. 5: Der Entwicklungszyklus von *Eurytemora affinis*
- Abb. 6: Veligerlarve von *Dreissena polymorpha*
- Abb. 7: Karte des Untersuchungsgebietes mit den Probenahmestationen
- Abb. 8: Mittelwerte der Wassertemperatur
- Abb. 9: Mittelwerte des Sauerstoffs
- Abb. 10: Mittelwerte der pH-Werte
- Abb. 11: Mittelwerte der Salinität
- Abb. 12: Mittelwerte der Sichttiefen
- Abb. 13: Abundanzen der großen Tiergruppen im Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm
- Abb. 14: Hauptkomponentenanalyse der Taxaverteilung
- Abb. 15: Redundanzanalyse über den Jahresverlauf
- Abb. 16: Vergleich der Längen von Veligerlarven am 4.6.
- Abb. 17: Vergleich der Längen von Veligerlarven am 30.6.
- Abb. 18: Vergleich der Längen von Naupliuslarven am 4.6.
- Abb. 19: Vergleich der Längen von Nauplien am 30.6.
- Abb. 20: Vergleich der Längen von *Keratella cochlearis* am 4.6.
- Abb. 21: Vergleich der Längen von *Keratella cochlearis* am 30.6.
- Abb. 22: Abundanzen der großen Tiergruppen im Hauptstrom
- Abb. 23: Entwicklung der Salinität nach Tagesmittelwerten
- Abb. 24: Durchschnittliche Oberwasserabflussmengen am Pegel Intschede
- Abb. 25: Temperaturentwicklung nach Tagesmittelwerten
- Abb. 26: *Diffugia spec.*

1 Einleitung

In einem Fließgewässer wie der Weser unterscheiden sich die Regionen von der Quelle bis zur Mündung auf vielfältige Weise. Dabei sind die wichtigsten ökologischen Merkmale eines typischen Fließgewässers Strömung und Turbulenz, Fließgeschwindigkeit, Temperatur sowie Chemismus (KALBE 1997). Im Unterlauf, dem Potamal, kommt es vor der Mündung zu einer mehr oder weniger weiten vom Meer beeinflussten Vermischungszone, die als Ästuar bezeichnet wird. Das Ästuar wird nach den Mischungsverhältnissen von Süßwasser aus dem Fluss und Salzwasser aus dem Meer eingeteilt. Mit dem Venedigsystem in Tabelle 1 hat CASPERS (1959) diesen Vermischungsbereich in Brackwasserregionen gegliedert.

Tab. 1: Einteilung der Salinitäten im Brackwasser nach CASPERS 1959

>18 ‰	Polyhaline Zone		
18 – 5 ‰	Mixo – Mesohaline Zone	18 - 10 ‰	α-mesohalin
		10 - 5 ‰	β-mesohalin
5 - 0,5 ‰	Mixo- Oligohaline Zone	5 - 3 ‰	α-oligohalin
		3 - 0,5 ‰	β-oligohalin
< 0,5 ‰	limnische Zone		

Die unterschiedlichen Salinitäten führen zu stark divergierenden Anforderungen an Flora und Fauna. Die Ästuarare der norddeutschen Küste werden besonders durch die Tiden und die damit verbundenen Wasserstands- und Salzgehaltsschwankungen beeinflusst. Das Mixohalinikum (vgl. Tab. 1) ist für eine Reihe von Tieren ein wichtiger Lebens- und Reproduktionsraum, der durch anthropogene Nutzung und Veränderungen heute nicht mehr als naturnah zu bezeichnen ist (SCHIRMER 1996, KAUSCH 1995).

In der vorliegenden Untersuchung geht es um die besondere Bedeutung der am limnischen Rand der Brackwasserzone in der Unterweser befindlichen Flachwasserbereiche für das Zooplankton. Kleine Organismen oder auch Jungtiere nutzen Flachwassergebiete als Aufwuchs- und Nahrungsgründe. In Ästuaren als biologisch besonders produktive Gebiete kommt ihnen zusätzlich eine hohe Bedeutung zu, da Tiere gezielt in diese Bereiche einwandern. Für die Flachwasserzone im Rechten

Nebenarm des Harrier Sandes wurde diese hervorgehobene Bedeutung für verschiedene Tiergruppen der Flachwasserzone bereits nachgewiesen (SCHIRMER & LANGE 2006). In Anlehnung hieran wird in dieser Arbeit das Zooplankton untersucht. Zur Einführung wird zunächst in Kapitel 1.1 der Lebensraum Unterweser mit den Besonderheiten im Untersuchungsgebiet vorgestellt. Das Kapitel 1.2 führt in den Untersuchungsgegenstand, das Zooplankton mit seinen Besonderheiten als Organismengemeinschaft ein. In Kapitel 1.3 schließlich wird die Fragestellung der Arbeit vorgestellt.

1.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet bilden um die Weser-Flussinsel Harrier Sand der Hauptstrom der Weser sowie der Nebenarm, der die größte deutsche Flussinsel vom Festland trennt. Die Insel liegt an der oberen Brackwassergrenze in der Unterweser und wird vom Hauptstrom sowie von einem etwa 12 km langen Nebenarm (Rechter Nebenarm) umflossen. Durch Eingriffe auf Grund anthropogener Nutzungsbedürfnisse werden Landschaften schon seit vielen Jahrhunderten verändert. Bei Flusssystemen führen die menschliche Inanspruchnahme und die Veränderungen in den Ästuaren zu tief greifenden Wandlungen.

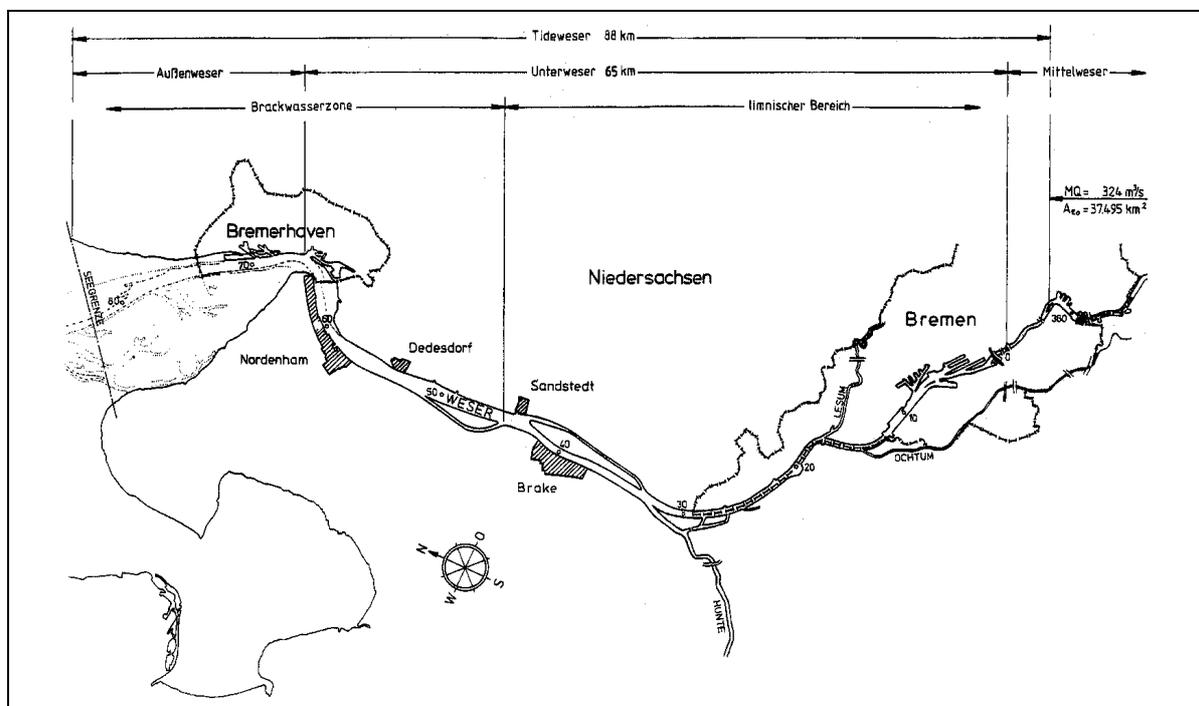


Abb. 1: Verlauf der Unterweser mit Markierung der Brackwassergrenze (bearbeitet nach SCHIRMER 1995).

Die Unterweser beschreibt, wie Abbildung 1 zeigt, ein Ästuar im norddeutschen Tiefland. Sie hat ein Einzugsgebiet von 6400 km². Der Flusslauf reicht mit 70 km Länge vom Hemelinger Wehr in Bremen bis zur Mündung bei Bremerhaven (KÖNIG & WITTIG 2005). Als Transportweg für Seeschiffe kommt ihr eine hohe Bedeutung zu, ebenso wird sie als Vorfluter für Abwasser und Abwärme genutzt (GRABEMANN et al. 2005).

Für die wirtschaftliche Nutzung als Wasserstraße war es notwendig, die Unterweser den Erfordernissen entsprechend anzupassen. Dabei stand in den letzten 100 Jahren die Schiffbarmachung im Vordergrund (SCHIRMER 1995). Das bedeutete unter anderem Begradigungen, die eine Verkürzung der Ufer zur Folge hatten. Außerdem wurden Vertiefungen notwendig, die besondere Befestigungen der Ufer erforderten. Wo vorher Röhrichte oder andere ökologisch bedeutsame Litoralbereiche waren, wurden diese durch Steinschüttungen ersetzt. Insgesamt reduzierte sich die Uferlänge seit 1885 durch Beseitigung von Stromspaltungen, Alt- und Nebenarmen sowie durch Begradigungen um 50 km (KÖNIG & WITTIG 2005). Diese Maßnahmen haben die morphologischen und hydrologischen Gegebenheiten in der Unterweser stark verändert. Die Vertiefungen führten gleichzeitig zu Querschnittserweiterungen mit deutlich höheren Abflussgeschwindigkeiten. Die Tidewelle pflanzt sich heute ungehindert schneller und weiter ins Landesinnere fort (LUCKER et al. 1995). In Bezug auf die Hydrologie bedeutet dies Veränderungen im Tidehub, der heute in Brake bei 3,9 m liegt (WSA BREMERHAVEN 2006). Die Pegelveränderungen haben zu einer Ausweitung des Mixohalinikums geführt, es pendelt über eine Strecke von 10 - 15 km (GRABEMANN et al. 2005), wobei die obere Grenze heute bei Brake (UW-km 40) liegt. In der mixohalinen Zone sind kleinräumige Salinitätsschwankungen von großer Bedeutung. Wasser mit höherem Salzgehalt sinkt nach unten und gelangt durch Turbulenzen wieder in höhere Schichten. Durch diesen Effekt lagern häufig unterschiedliche Salinitätsschichten übereinander (TISCHLER 1993). Der Einfluss der Tidewelle in die Unterweser hinein ist von dem sich im Jahresverlauf verändernden Oberwasserabfluss abhängig (GRABEMANN et al. 2005). Dieser ergibt sich aus dem Zufluss, den Niederschlägen und dem Gewässerprofil (KALBE 1997). So dringt mit der Brackwassergrenze die Trübungszone, insbesondere im Sommer, weiter flussaufwärts vor.

Bei Brake teilt sich der Strom entlang des Harrier Sands. Der Rechte Nebenarm ist deutlich flacher und wird tiderhythmisch zwei Mal täglich bis zu 90% entleert (STEEGE

& LANGE 2003), wodurch fast acht Kilometer der zwölf Kilometer langen Strecke trocken fallen. Im Gegensatz zum Hauptstrom hat der Rechte Nebenarm eine geringere Tiefe, da hier kaum Vertiefungen vorgenommen wurden, und es sind noch Röhrichtbestände am Ufer vorhanden. Strömungsarme Flachwasserzonen sind durch veränderte Uferstrukturen und den stark erhöhten Tidehub in der Unterweser selten geworden (SCHIRMER 1993). Die veränderte Hydrographie hat zu verschiedenen dynamischen Prozessen geführt. So findet eine erhöhte Schlickablagerung in den Seitengewässern der Weser statt. Die oben beschriebene Tidewelle ist durch die strombau-lichen Maßnahmen deformiert. Sie führt zu starken Strömungen und Turbulenzen mit vollständiger Durchmischung des Wasserkörpers, die damit sowohl den Rechten Nebenarm als auch den Hauptstrom der Weser prägen. Weiterhin führt die mit den Veränderungen verbundene Querschnittserweiterung zu erhöhter Verweildauer des Wasserkörpers. Bei niedrigem Oberwasserabfluss kann das zu Abflusszeiten von Bremen bis Bremerhaven von bis zu 40 Tagen führen, gegenüber hohem Oberwasserabfluss mit nur 1,5 Tagen Verweilzeit (GRABEMANN et al. 2005). Hauptsächlich im Sommer führt das zusammen mit hohen Nährstofffrachten zu extremen Algenblüten mit Sauerstoffzehrungsprozessen - diese kamen besonders vor der Einführung der biologischen Klärstufe in kommunalen Abwässern häufig vor (SCHIRMER 1995, SCHUCHARDT & SCHIRMER 1988). Der Wasserkörper wird heute noch durch Entwässerungen aus den vor- und binnendeichs genutzten landwirtschaftlichen Flächen beeinflusst (SCHIRMER 1995). Die Unterweser weist, wie alle Potamale, erhöhte Nährstoffgehalte durch Einträge aus dem gesamten oberen Flusslauf auf. Der Zustand ist heute als meso- bis eutroph einzustufen (WETJEN 1998). Ästuare sind für sich schon nährstoffreich und damit produktive Gebiete. In der Unterweser treffen beide Nährstofffrachten - die des Flusswassers und die des Ästuars - aufeinander, trotzdem hat sich die Wasserqualität der Unterweser in den vergangenen Jahren deutlich verbessert.

Das Untersuchungsgebiet umfasst damit, wie oben beschrieben, verschiedene Einflussfaktoren, die mit der besonderen Lage der Flachwasserzone zusammentreffen.

1.2 Zooplankton

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht das Zooplankton. Im Folgenden werden zunächst die Besonderheiten der Tiergruppe und ihre Rolle im Flusssystem erläutert.

Als Plankter bezeichnet man Organismen, die im freien Wasserkörper, dem Pelagial, leben. Die Organismen haben scheinbar die Fähigkeit im Wasserkörper zu schweben. Daher auch der Name „Plankton“, er kommt aus dem Griechischen und steht für „das Schwebende“ (STEINECKE 1958).

1.2.1 Einteilung nach Größe

Plankter werden unter verschiedenen Gesichtspunkten wie Größe, Ernährungstyp, Lebenszyklus oder auch über die Position im Tierreich kategorisiert. Im Verlauf dieses Kapitels wird zunächst die Einteilung nach Größenklassen erläutert. Anschließend wird auf den Lebenszyklus eingegangen, und schließlich werden die wichtigsten Zooplankter beschrieben.

Mit dem menschlichen Auge sind die meisten Plankter nicht wahrzunehmen. Eine Einteilung nach Größenklassen dieser mikroskopisch kleinen Organismen erscheint sinnvoll, da mit der Größe physiologische Fähigkeiten, wie zum Beispiel der Aktionsradius, verbunden sind, und die verschiedenen Gruppen sich zum Teil anhand dieser Klassen aufspalten. Das Plankton zeichnet sich, wie erwähnt, durch geringe Körpergrößen aus, eine Ausnahme sind die Medusen.

Das planktische Leben erfordert spezielle Anpassungen der Organismen an den Lebensraum. Die verschiedenen Strategien führen zum Teil zu bizarrem Aussehen der Organismen. Für die Fähigkeit, sich im Wasserkörper zu halten, haben die meisten Plankter lange Körperfortsätze ausgebildet und/ oder ihr spezifisches Gewicht durch physiologische Anpassungen reduziert, wie zum Beispiel durch Einlagerung von Öltröpfen (DONNER 1973) oder Panzerverstärkungen mit möglichst leichtem Material, wie Keratineinlagerungen bei den Rotatorien (VOIGT 1972). Anderenfalls würden sie schnell durch Absinken in ungünstige Bereiche verfrachtet. Die Größenklassen des Planktons nach SOMMER (1998) sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Einteilung der Größenklassen im Plankton nach SOMMER 1998

Größe	Name	Hauptgruppen
< 0,2 µm	Femtoplankton	Viren, Phagen
0,2 – 2 µm	Picoplankton	Bakterien, kleinste Phytoplankter
2 – 20 µm	Nanoplankton	Phytoplankter, Protozoen
20 – 200 µm	Mikroplankton	Phytoplankter, Protozoen
200 – 2000 µm	Mesoplankton	größte Einzeller, Koloniebildende Phytoplankter, Zooplankter
2 mm – 2 cm	Makroplankton	große Zooplankter
> 2 cm	Megaplankton	größte Zooplankter (z.B. Quallen)

Im Gegensatz zum Nekton, dem Fische zugezählt werden, die durch eigenen Antrieb ihre Position im Wasserkörper verändert, ist das Zooplankton nur in geringem Maße zu aktiver Positionsveränderungen fähig und wird vorwiegend mit den Strömungen verdriftet (UHLMANN 1988, BICK 1993). Daraus resultiert die weitestgehend durch hydrografische Verhältnisse beeinflusste, heterogene Verteilung der Plankter im Wasserkörper. Dieses wolkenartige Auftreten wird als Patchiness bezeichnet (SOMMER 1994).

Im Nahrungsnetz stellen Zooplankter als Sekundärproduzenten ein wichtiges Bindeglied zwischen der autotrophen Primärproduktion und den Räubern innerhalb der Nahrungsketten bis hin zu den Topprädatoren wie Fischen, Vögeln oder Menschen, dar (DAY et al. 1989).

1.2.2 Das Plankton zwischen Fluss und Ästuar

Im Ästuar trifft die Planktongemeinschaft aus dem Fluss auf euryhaline Plankter, die mit Salzgehaltsschwankungen gut zurecht kommen. Das Artenspektrum des Mixohalinikum wird dadurch maßgeblich beeinflusst und das Arteninventar des Wassers verändert sich. Die Abbildung 2 zeigt, wie sich dieser Wandel über ein vorübergehendes Artenminimum vollzieht.

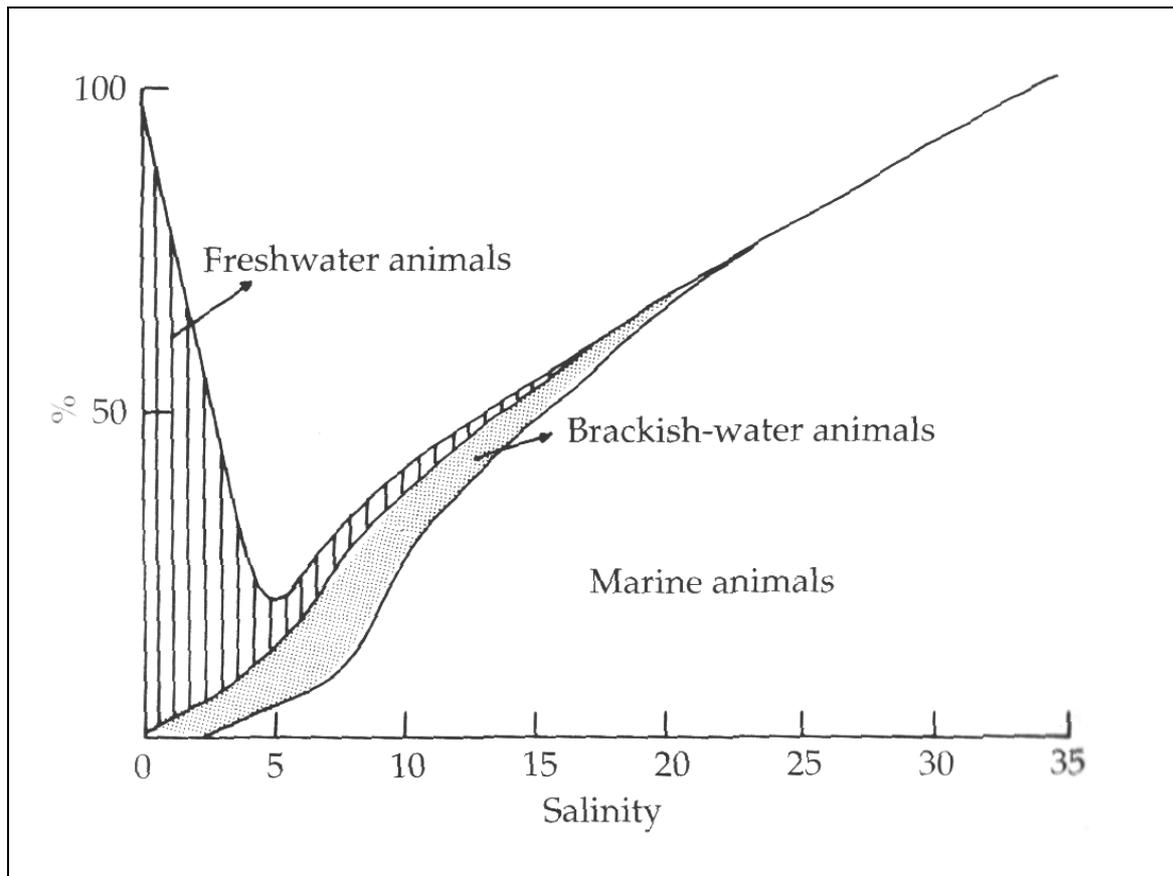


Abb. 2: Verteilung der marinen, süßwasser- und brackwasserangepassten Tiere im Ästuar, letztere bilden hier eine Untergruppe der marinen Arten. Nach REMANE und SCHLIEPER 1958 aus MCLUSKY & ELLIOTT 2004.

Ästuare werden, wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, als Nahrungsgründe und Kinderstuben der Prädatoren genutzt. Als Nährtiere sind für die Plankter spezielle Strategien als Fraßschutz erforderlich. Zu den physiologischen Anpassungen gehört die Fähigkeit verschiedener Plankter, geeignete Orte durch Wanderverhalten aufzusuchen. So ist beispielsweise von calanoiden Copepoden, insbesondere der Meere, bekannt, dass die diurnale Vertikalwanderungen durchführen. Die Tiere sind bei Tage durch Abwanderung in tiefere Regionen in der Lage, visuellen Jägern zu entgehen. Andere Crustaceen - Phyllopoden - führen horizontale Wanderungen durch, die sie in geschützte, flache Uferregionen bringen (SIEBECK 1980). Es gibt aber auch morphologische Anpassungen. Auf die hierzu zählenden Zylo- und Chemomorphosen wird in Kapitel 1.2.4 detailliert eingegangen, sie seien hier nur erwähnt. Es ist aus Untersuchungen des limnischen Planktons, wie zum Beispiel Rotatorien und Copepoden, bekannt, dass die Muttertiere ihre Eier häufig am Körper tragen (SOMMER 1994). Dies bietet Vorteile: Neben der Sicherheit, dass die Eier nicht un-

günstig verdriftete werden, sind die Tiere mit anhängenden Eiern größer und sperriger. Sie fallen damit als Beutetiere durch die Volumenzunahme aus dem Schema der Räuber (GILBERT 1980).

Die Artenzusammensetzung und Individuendichte der Plankter ist stark von den Jahreszeiten im Gewässer abhängig. Die Entwicklung der ausnahmslos poikilothermen Tiere startet im Frühjahr mit der ersten Algenblüte bei zunehmenden Lichtintensitäten und steigender Temperatur des Oberwassers. Daraufhin entwickelt sich ein komplexes Geflecht aus Reproduktionszyklen, Reproduktionsmaxima, Nahrungspräferenzen und -konkurrenzen, sowie Räuber- Beute-Beziehungen. Der Zusammenhang der Fress- und Fraßbeziehungen im Plankton ist meist abhängig von der Partikelgröße. Viele Plankter sind omnivor und können in Mangelsituationen beispielsweise vom Phytoplankton auf Detritus oder Bakterioplankton ausweichen (LAMPERT & SOMMER 1993). Es gibt nur wenige Spezialisten, die durch Konkurrenz Nahrungsmangel im Fluss erleiden, da die Flüsse und insbesondere Ästuare sehr produktiv sind.

Für das Flussplankton wird angenommen, dass die Verweildauer in geeigneten Flussabschnitten für eigenes Populationswachstum im Potamal zu gering ist (BICK 1998). Für die Populationsentwicklung sind daher strömungsberuhigte Zonen wie Altarme besonders wichtig (POURRIOT et al. 1997).

1.2.3 Einteilung des Planktons nach Lebenszeitspannen

Das Plankton wird in drei Gruppen eingeteilt. Die Kategorien beruhen auf der Lebensphase, in der die Organismen im Pelagial aufzufinden sind. Die Gruppe der selten bzw. eher zufällig als Planktonorganismen im Pelagial anzutreffenden Plankter sind die so genannten Tychoplankter. Sie geraten zum Beispiel durch Strömung und Turbulenzen aus ihrem eigentlichen Lebensraum ins Plankton. Dazu gehören insbesondere benthische Tiere, die kurzzeitig vom Boden aufgespült werden und keine Gelegenheit haben, sich im Pelagial zu vermehren. Die zweite Gruppe stellen Tiere, die einen Teil des Lebenszyklus als Plankter verbringen. Diese Gruppe der Meroplankter ist häufig mit planktischen Larven vertreten, die sich über weite Flächen hinaus verteilen und so geeignete neue Habitate erschließen können. Im Ästuar können Meroplankter zeitweise, zu ihrer Hauptreproduktionszeit einen erheblichen Anteil der planktischen Biomasse stellen (DAY et al. 1989). Die dritte wichtige Gruppe Plankter sind die Holoplankter, die gebildet wird von Organismen, die ausschließlich das Pelagial besiedeln. Viele verschiedene Tierstämme haben planktische Vertreter.

Die Bedeutung der einzelnen Gruppen unterscheidet sich je nach Gewässertyp. Im Meer sind zum Beispiel Medusen, Chaetognathen oder unter den Crustaceen neben den Copepoden auch Euphausiaceen wichtige Vertreter (SOMMER 1994). Im Süßwasser dagegen nimmt die Bedeutung der Rotatorien und Cladoceren deutlich zu.

1.2.4 Wichtige Tiergruppen im Untersuchungsgebiet

Im folgenden Abschnitt werden verschiedene systematische Gruppen der zu erwartenden Plankter des Untersuchungsgebietes kurz vorgestellt.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich an der oberen Brackwassergrenze. Dadurch finden sich hier vorwiegend limnische Vertreter des Planktons, aber auch Vertreter aus dem Brackwasser. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf dem Mesozooplankton (vgl. Tab. 2). Es umfasst eine große "phylogenetisch" heterogene Gruppe von Organismen:

Die planktischen Ciliaten gehören, weil sie Protisten sind, nicht im eigentlichen Sinne zum Zooplankton, werden aber als Mesoplankter häufig mit einbezogen. Sie erreichen mit bis zu 40 % der Biomasse eine wichtige Bedeutung in den Stoffkreisläufen und somit im Energiefluss der limnischen Ökosysteme (KRAUSE-DELLIN 1997). Allerdings ist das Protozooplankton allgemein fragil und bei sehr großer Artenvielfalt durchaus schwierig zu bestimmen, da auch die Fixierung aufwändig ist (DENEKE 2002). Demgegenüber stellen die zu den Rhizopoda gehörenden Testacea eine Ausnahme dar. Sie sind durch ihre Beschalung gut an Strömung und Turbulenzen angepasst und leicht nachzuweisen. Eventuell gehören die planktischen Testacea nur zeitweise zum Pelagial und verbringen einen Teil ihres Lebens benthisch (GROSPIETSCH 1972).

Aus dem Reich der Animalia gehören verschiedene Stämme, wie zum Beispiel Nematelminthen, Mollusken und Anneliden, jeweils mit verschiedenen Klassen zum Plankton. Das Mesozooplankton im engeren Sinne setzt sich nahezu ausschließlich aus zwei Großgruppen zusammen. Es sind die monogononten Rotatorien und die Crustaceen, letztere werden hauptsächlich durch Copepoden und Cladoceren gestellt (KRAUSE-DELLIN 1997).

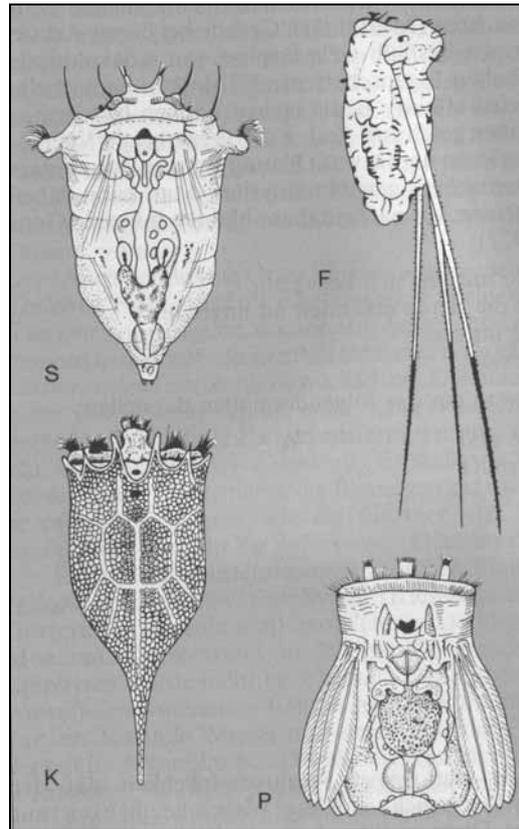


Abb.: 3: Verschiedene Rotatoriangattungen im Pelagial; S = *Synchaeta*, F = *Filinia*, K = *Keratella*, P = *Polyarthra* aus Lampert & Sommer 1993.

Die in Abbildung 3 dargestellten Tiere gehören zu den Rotatorien (Nematelminthen). Es sind die kleinsten Metazoa. Mittels Heterogonie vermehren sie sich überwiegend asexuell und können innerhalb kurzer Zeit große Populationen ausbilden. Gleichzeitig mit Populationsmaxima treten dann auch Männchen auf (WULFERT 1969). Die Männchen sind in der Regel kleiner und haben nur eine kurze Lebensdauer, in der sie meist nicht in der Lage sind Nahrung aufzunehmen. Die miktischen Eier einer sexuellen Befruchtung sind meist Dauereier. Rotatorien sind unter günstigen Bedingungen in der Lage sich nahezu explosionsartig zu vermehren. Auf Grund der kurzen Reproduktionszeit vermutet UHLMANN (1988), dass Rotatorien die einzigen Mesozooplankter sind, die sich trotz des schnellen Flussabtransports im Potamal vermehren können.

Bei bepanzerten Rotatorien kann eine Chemomorphose beobachtet werden. Diese morphologische Umgestaltung wird durch die Präsenz von Prädatoren wie räuberische Rotatorien der Gattung *Asplanchna* ausgelöst. Die Beutetiere stoßen, wenn sie gefressen bzw. gefangen werden, bestimmte Stoffe aus, die bei der Bildung von

Nachkommen zur Verlängerung der dornförmigen Panzerfortsätze führen, wie in Abbildung 4 dargestellt (GILBERT 1980, GREEN & LAN 1974).

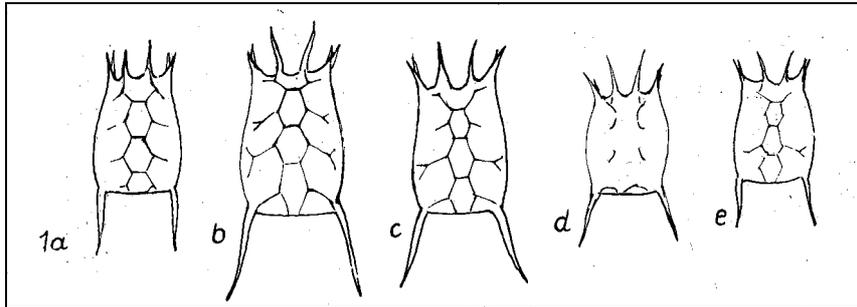


Abb. 4: Zykломorphose am Beispiel des Rädertiers *Keratella quadrata* (a Jan, b Mai, c Jul, d,e Aug) aus WULFERT 1969.

Bei den zu den Crustaceen gehörenden Cladoceren kommen nur kurz im Jahr Männchen und Sexualweibchen vor. Die meiste Zeit des Jahres wachsen die parthenogenetischen Eier im Brutraum asexueller Weibchen innerhalb des Carapax heran. Mit der Häutung werden die Jungtiere entlassen, sodass innerhalb kurzer Zeit viele Nachkommen hervorgebracht werden. Die Cladoceren unterscheiden sich nicht nur durch Sexualmorphismen, sie haben auch saisonal bedingt unterschiedliche Körperformen (KRAUSE-DELLIN 1997). Insbesondere der Kopfschild (Helmbildung) unterliegt einer Zykломorphose (BICK 1993), was vor Fraß durch Räuber schützt, vergleichbar mit der Dornenbildung bei Rotatorien.

Zur zweiten Großgruppe der Zooplankter gehören ferner die Copepoden. Die beiden pelagisch bedeutsamen Familien sind die calanoiden und cyclopoiden Copepoden (KRAUSE-DELLIN 1997). Copepoden pflanzen sich ausschließlich sexuell fort, und sie haben im Vergleich zu den Cladoceren und Rotatorien eine relativ lange Entwicklungszeit, meist mit annulärem Rhythmus. Dabei durchlaufen sie verschiedene Stadien einer vollständigen Metamorphose. Die Weibchen tragen Eipakete mit sich. Nach dem Schlupf gibt es sechs Larvenstadien, die als Naupliuslarven (Nauplien) bezeichnet werden (vgl. Abb. 5). Die sechs darauf folgenden Copepodidstadien verändern ihre Gestalt zunehmend zum adulten Tier (KRAUSE-DELLIN 1997). Grob lassen sich die beiden Unterklassen dadurch unterscheiden, dass es unter den Cyclopoiden vorwiegend räuberische Vertreter gibt, während die Calanoiden eher herbivore und detritivore Filtrierer sind. Copepodengesellschaften sind in der Regel artenarm (KRAUSE-DELLIN 1997).

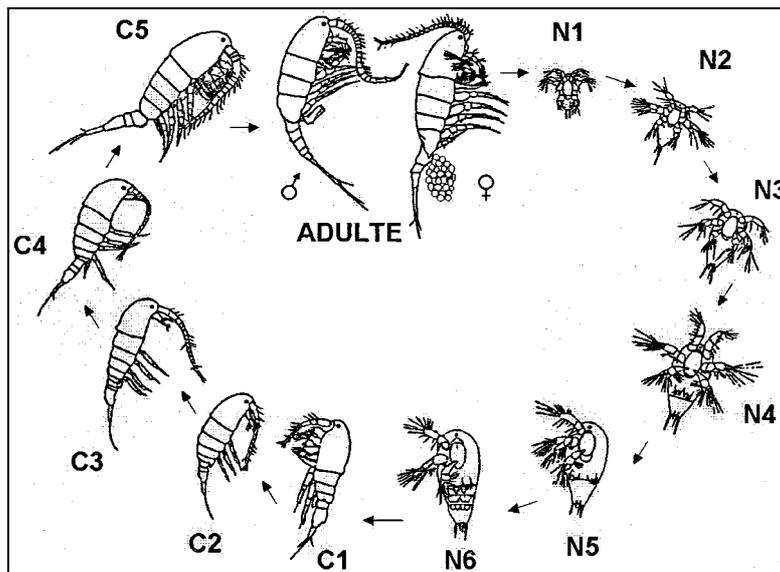


Abb. 5: Der Entwicklungszyklus von *Eurytemora affinis* aus KÖPCKE 2002 (verändert nach KATONA 1971 und PEITSCH 1992). N = Naupliusstadien, C = Copepodidstadien.

In Ästuaren sind speziell euryhaline Familien anzutreffen, unter den Copepoden gehören dazu zum Beispiel *Acratia* oder *Eurytemora* (MCLUSKY & ELLIOTT 2004). Insbesondere die Gattung *Eurytemora* ist für den limnisch-brackigen Bereich charakteristisch (HAESLOOP & SCHUCHARDT 1995, SOLTANPOUR-GARGARI & WELLERSHAUS 1985, KÜHL & MANN 1962).

Eine weitere wichtige Gruppe im Lebensraum Ästuar sind die Meroplankter. Für sie, wie auch für viele andere Organismen, birgt das Ästuar große Mengen an Nahrung, daher wird es vielfach als Brutstätte oder Kinderstube genutzt. Im Plankton nehmen beispielsweise planktische Larven katadromer Fische (Ichthyoplankton) oder auch Muschellarven vorübergehend eine bedeutsame Rolle ein. Im limnischen Bereich erreicht unter den Mollusken nur *Dreissena polymorpha*, die Zebrauschel, mit ihren Larven (vgl. Abb. 6) hohe Relevanz (BREITIG 1972). Die Veligerlarven sind beim Eintritt ins Pelagial etwa 70 - 100 µm lang (SPRUNG 1993). Es sind aber auch Larven von 30 µm Länge aus dem Bodensee und dem Züricher See bekannt (DALL & HAMBURGER 1996). Mit dem Wachstum verbunden verändert sich die Form der Schale, bis die Larven groß genug zur Ansiedlung sind. Schlamm und Sand sind ungeeignet zur Ansiedlung. Die jungen Muscheln haften im Litoral an Hartsubstraten oder Blattunterseiten, Adulte dringen bis in 15 m Tiefe vor. Finden die Larven kein geeig-

netes Substrat, verlängert sich der Lebensabschnitt als Plankter, sie können dabei Längen von bis zu 300 µm erreichen (DALL & HAMBURGER 1996). Als Adulte sind sie Filtrierer und zu ihrer vorwiegend durch die Partikelgröße bestimmten Nahrung gehören auch Veligerlarven (KARATAYEV et al. 2002). Darüber hinaus üben Fische und *Cyclops* Fraßdruck auf die Larven aus (SPRUNG 1993). Der größte Teil der Larven stirbt jedoch während der Ansiedlungsphase ab (JACK & THORP 2000), nach SPRUNG (1993) sind es bis zu 99 %.



Abb. 6: Veligerlarve von *Dreissena polymorpha*.

1.3 Fragestellung

In diesem Kapitel wird der Schnittbereich zwischen Untersuchungsgebiet und Zooplanktongemeinschaft in die Fragestellung der vorliegenden Arbeit einführen.

Zooplanktondaten können einen Aufschluss über den Zustand eines Fließgewässers geben. Veränderungen der Zooplanktongemeinschaft, die sich beispielsweise im Wechsel des Arteninventars sowie der Besiedlungsdichte widerspiegeln, sind auf Grund der Schlüsselposition der Zooplankter in Nahrungsketten von besonderer Bedeutung (LAIR & REYES-MARCHANT 1997).

Das Plankton - als maßgeblich durch Strömungen verfrachtet - ist, wie in Kapitel 1.2 beschrieben, besonderen Dynamiken unterworfen. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass es ein selbstständiges Potamoplankton nicht gibt (LÓZAN & KAUSCH 1996). Es wird angenommen, dass auf der einen Seite die Verweilzeiten für eigenes Populationswachstum im Potamal zu gering sind (BICK 1998). Auf der anderen Seite werden die Plankter auf Grund starker Strömung und Durchmischungsvorgänge in

ungünstige Höhenbereiche des Wasserkörpers verfrachtet (UHLMANN 1988). Das Potamoplankton rekrutiert sich dann vorwiegend aus Populationen, die sich in Altarmen, Seen und Flachwasserregionen ausbilden und durch Advektionsvorgänge in den Fluss gelangen (POURRIOT et al. 1997).

Vor diesem Hintergrund erfasst die Arbeit das Mesozooplankton des oberen Ästuars in der Unterweser. Dabei wird der Fokus auf die Bedeutung des Rechten Nebenarmes als Flachwasserzone gegenüber dem Hauptstrom der Weser im jahreszeitlichen Verlauf vom Frühjahr bis zum Sommer gelegt.

Dazu wird zunächst der Lebensraum betrachtet. Es ist sicher, dass die tiderhythmisch wechselnden Fließrichtungen und starken Turbulenzen im Lebensraum für die Plankter eine große Bedeutung haben. Im Untersuchungsgebiet sind die Verweilzeiten des Wasserkörpers gegenüber den weiter flussaufwärts gelegenen Bereichen erhöht, was auch zu einer längeren Verweilzeit der enthaltenen Planktonorganismen des Flussunterlaufs führt. Für die Plankter könnte dies bereits bedeuten, dass trotz des Abflusses im Potamal Populationszuwachs stattfindet. Insgesamt zeichnet sich der Lebensraum für Zooplankter vor allem durch die genannten Einflüsse - hohe Durchmischung, wechselnde Salinitäten und verringerte Advektion durch tiderhythmischeres Hin- und Herpendeln des Wasserkörpers - aus. Ob die Plankter an dieser Stelle das Potamal durch besondere Entwicklung im Rechten Nebenarm mit Teilpopulationen versorgen können, wird im Einzelnen zu betrachten sein.

Des Weiteren wird die Rolle der brackwasserendemischen Copepodenart *Eurytemora affinis* untersucht. Diese euryhaline Art ist in verschiedenen Arbeiten als die das Zooplankton dominierende Art der oberen Brackwassergrenze, speziell in Elbe und Weser, beschrieben worden (PEITSCH 1990, KÖPCKE 2002, Friedrich 1960, SOLTANPOUR-GARGARI & WELLERSHAUS 1987). Ob der Rechte Nebenarm für diese Art von besonderer Bedeutung ist, wird dabei die leitende Fragestellung sein.

Neben den Copepoden ist, wie unter 1.2 beschrieben, eine Reihe weiterer Zooplanktonorganismen zu erwarten. Es ist zu vermuten, dass sich während der Hochwassersituation im Haupt- und im Nebenarm derselbe Wasserkörper befindet und sich folglich nur geringe Unterschiede im Vorkommen der Zooplanktonorganismen zwischen den Gewässern zeigen. Allerdings ist für andere Tiergruppen bereits eine besondere ökologische Bedeutung der Flachwasserzone im Rechten Nebenarm als Nahrungsgrund nachgewiesen worden (SCHIRMER & LANGE 2006). In der vorliegenden Arbeit

wird daher untersucht, ob diese besondere Bedeutung trotz der speziellen Bedingungen auch für die Zooplankter zutrifft.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich wie folgt. Kapitel 2 beschreibt den Material- und Methodenteil. Hier werden neben der Datenaufnahme die statistischen Methoden zur Erfassung der Gemeinschaftsstruktur vorgestellt. Kapitel 3 gliedert sich in die den Naturraum bestimmenden Umweltparameter, eine Liste aller erfassten Taxa, sowie die Beschreibung der Zooplanktonzönose im Untersuchungsgebiet. In Kapitel 4 werden abschließend die unterschiedlichen Ströme zusammen mit ihrer Besiedlung diskutiert.

2 Material und Methoden

Im Folgenden werden zunächst die Feldarbeiten zur Erlangung des Untersuchungsmaterials und dessen Bearbeitung aufgezeigt (Kapitel 2.1 bis 2.4). Im Anschluss werden die Methoden zur Erfassung des Zooplanktons und deren Bestimmung beschrieben (Kapitel 2.5 und 2.6). Abschließend werden in Kapitel 2.7 die statistischen Auswertungsverfahren dargelegt.

2.1 Probennahmezeitraum

Die Probennahme fand von Mai bis August 2004 statt. Das Material für die vorliegende Arbeit wurde je Tide an jeweils verschiedenen Tagen im Jahr 2004 gesammelt. Begonnen wurde jeweils etwa zwei Stunden vor dem Kenterzeitpunkt. An Niedrigwasserprobetagen wurde ausschließlich der Hauptstrom beprobt, wie die Tabelle 3 zeigt.

Tab. 3: Probenahmetage. HW = Hochwasser, NW = Niedrigwasser, HS = Hauptstrom der Weser, RN = Rechter Nebenarm der Weser bei Brake, KW = Kalenderwoche der Probenahme

Probenahmetag	Tide	Station	Strom	KW
06.05.2004	NW	5-8	HS	19
14.05.2004	HW	1-8	RN & HS	20
27.05.2004	NW	5-8	HS	22
04.06.2004	HW	1-8	RN & HS	23
16.06.2004	NW	wegen Unwetter abgebrochen		25
30.06.2004	HW	1-8	RN & HS	27
06.07.2004	NW	5-8	HS	28
04.08.2004	NW	5-8	HS	32
04.08.2004	HW	1-8	RN & HS	32

Die Probenahmetage wurden nach Tide und Jahreszeiten ausgewählt, um die Frühjahres- und Frühsommerentwicklung zu erfassen. Die Probennahmetermine resultie-

ren aus dem Zusammenspiel technischer, witterungsbedingter und personalbedingter Gegebenheiten im Untersuchungszeitraum.

2.2 Die Probennahmestellen

Es wurde je Strom (Hauptstrom und Rechter Nebenarm) vier Stellen beprobt. Die Stationen befinden sich auf zwei Transekten, ihre Lage ist auf der Karte in Abbildung 7 abgebildet. Auf den Transekten wurden jeweils im Seitenarm und im Hauptstrom ein ufernaher Probenahmepunkt sowie einer in Fahrwassernähe beprobt. Zu Niedrigwasser fanden die Probennahmen ausschließlich an den Stationen des Hauptstromes statt, da der Rechte Nebenarm mit der Tide weitgehend trocken fällt.

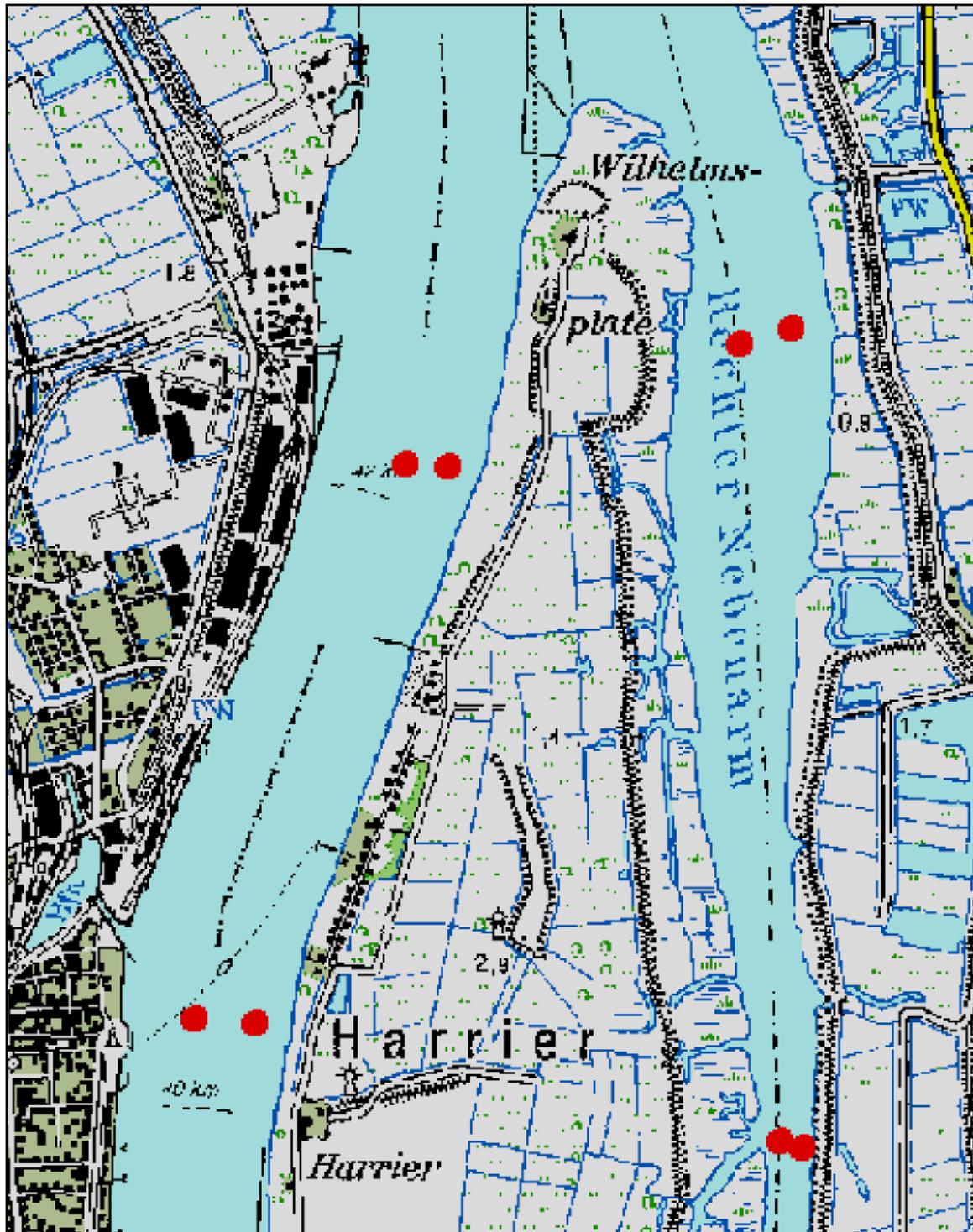


Abb. 7: Karte des Untersuchungsgebietes mit den Probenahmestationen im Hauptstrom und im Rechten Nebenarm in der Unterweser (UW-km 39-43).

2.3 Probennahmemethode

Das Zooplankton wurde mit einem Trichternetz der Firma HYDROBIOS mit einer 55 µm- Maschenweite filtriert und aufkonzentriert. In den ufernahen Bereichen wurden mit einem Eimer - wie bei KRAUSE-DELLIN (1997) beschrieben - oberflächennah bis etwa 50 cm Tiefe 50 l geschöpft, durch das Netz filtriert und aufkonzentriert. An uferfernen Stationen wurde das Netz vertikal auf zwei Meter Tiefe abgelassen und langsam heraufgezogen. Damit die Züge vertikal erfolgen konnten, trieb das Boot während der Züge mit dem Wasserkörper. Zusätzlich wurde das Netz beschwert, um eine möglichst vertikale Holrichtung bei hoher Strömungsgeschwindigkeit (insbesondere innerhalb der ersten 1,5 Stunden, nach dem Kenterzeitpunkt) zu gewährleisten. Die aufkonzentrierten Proben wurden in Polyethylen-Rundhalsflaschen (PET) überführt.

Im Labor wurden die Proben je nach Aufkonzentration für den Transport (0,2 – 1 l) zwei bis fünf Minuten mit reinem Kohlenstoffdioxid versetzt, um die Zooplankter zu narkotisieren. Die Betäubung erfolgt, um insbesondere bei bepanzerten Rotatorien, zur Bestimmung notwendige charakteristische Merkmale zu erhalten. Anderenfalls, wenn sie getötet und fixiert werden, blieben insbesondere einziehbare Körperteile wie die Korona oder den Fuß nicht gestreckt. Dennoch gibt es viele Arten, die trotz dieser Methode nicht ohne weitere Präparationsschritte bis auf das Artniveau zu bestimmen sind (vgl. RUTTNER-KOLISKO 1972). Im Rahmen der Probennahme an die Betäubung anschließend wurden die Plankter mit 4%iger Formollösung fixiert (KRAUSE-DELLIN 1997).

Dieses Gemisch wurde vor der mikroskopischen Bearbeitung erneut aufkonzentriert, sodass sich schließlich das Material in 50 ml PET- Flaschen in 4%iger Formollösung befand.

2.4 Abiotische Daten

Pro Probennahmestelle wurden an jedem Probennahmetag zusätzlich Gewässerparameter erfasst. Der Sauerstoff und die Temperatur wurden mit einem MICROPROCESSOR OXIMETER 96 der Firma WTW gemessen. Die Leitfähigkeit und die pH-Werte wurden mit einem MULTILINE P4 UNIVERSAL METER von WTW gemessen. Mit einer SECCHI-SCHEIBE wurde die Sichttiefe erfasst (SCHWOERBEL 1999).

Die Messdaten der Leitfähigkeit [mS/cm] wurden zur besseren Vergleichbarkeit in Salzgehaltswerte (S) [‰] nach LANGE (2002) umgerechnet.

$$S [\text{‰}] = 0,4615 \cdot [\text{Leitfähigkeit bei } 25 \text{ °C} (\text{Lf}_{25})]^{1,0921}$$

Lf₂₅ = Leitfähigkeit bei 25 °C [mS/cm]

2.5 Quantitative Erfassung des Zooplanktons

Zur taxonomischen Bearbeitung wurde jeweils eine Unterprobe aus dem zuvor homogenisierten Flascheninhalt entnommen und verdünnt. In 10 ml- Volumina wurde diese Unterprobe auf verschiedene Utermöhlkammern verteilt (siehe hierzu Foto im Anhang G III).

Nach einer Absenkezeit von mindestens acht Stunden wurden die Röhrenkammern mit einem UTERMÖHL-UMKEHRMIKROSKOP (SCHWOERBEL 1994) durchgesehen und das Zooplankton bestimmt und gezählt. Die Dichten werden in Individuen pro Liter angegeben (SOMMER 1994).

2.6 Taxonomische Bearbeitung

Die Copepoden wurden in einem zweiten Bearbeitungsschritt gesondert untersucht. Hierfür wurde nach einer Homogenisierung eine größere Unterprobe an einem Bino-kular Modell SZH 10 RESEARCH STEREO BINOKULAR der Firma OLYMPUS durchgeführt. Es wurden sämtliche Copepoden gezählt und nach Altersstadien der Copepodide bestimmt. Die jeweils ersten 30 Tiere jeder Art wurden ausgemessen.

Zur Bestimmung der Plankter wurde folgende Literatur herangezogen:

<u>KLASSEN</u>	<u>FAMILIE</u>	<u>LITERATUR</u>
Ciliaten		KRAUSE-DELLIN 1997, MATTHES & WENZEL 1966, BICK H 1972
Rhizopoda		STREBLE & KRAUTER 1988, GROSPIETSCH 1972
Tardigrada		STREBLE & KRAUTER 1988
Crustacea	calanoide Copepoden	KIEFER 1978, PESTA 1928
	cyclopoide Copepoden	EINSLE 1993
	harpacticoide Copepoden	JANETZKY et al. 1996
	Cladocera	FLÖBNER 2000, SCOURFIELD & HARDING 1966
	Ostracoda	STREBLE & KRAUTER 1988, LÖFFLER 1972
Acarina		STREBLE & KRAUTER 1988
Rotatoria		RUTTNER-KOLISKO 1972, VOIGT 1957
Mollusken		BREITIG 1972

Zur taxonomischen Bestimmung wurde von folgenden Personen Expertenrat eingeholt: Crustacea: Dipl. biol. K. Giersch (ehem. Arbeitsgruppe Dr. Schirmer Universität Bremen), Dr. T. Glatzel (Universität Oldenburg); Rotatoria: Dr. W. Ahlrichs (Universität Oldenburg); Molluska: Dr. M. Zettler (Institut für Ostseeforschung, Warnemünde).

2.7 Statistische Auswertung

Zur Auswertung und Einschätzung wurden zunächst „Einführung in die Ökologie“ (TISCHLER 1993) und „Synökologie: Struktur, Funktion und Produktivität mehrartiger Tiergemeinschaften“ (SCHWERDTFEGER 1975) herangezogen. Die Auswahl der statistischen Analysen wurde vorwiegend auf den Grundlagenwerken für ökologische Arbeiten von „Freilandökologie“ (MÜHLENBERG 1993), „Biostatistik“ (KÖHLER et al. 2002) und „Angewandte Statistik“ (SACHS 2004) ausgewählt. Die erhobenen Daten wurden mit den nachfolgenden Formeln in dem Programm Microsoft Excel bearbeitet. In späteren Unterkapiteln wurden spezielle Auswertungsverfahren mit den Programmen SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) und Canoco durchgeführt, die an der Stelle entsprechend erläutert werden.

2.7.1 Vorkommen der Zooplankter

Zunächst werden die statistischen Verfahren zur Erfassung und Beschreibung der Zoozönose erläutert.

Die Datenerfassung erfolgte mittels Auszählung und taxonomischer Zuordnung.

Durch die taxonomische Bearbeitung ist es möglich, die Artenzahl verschiedener Standorte zu erfassen. Arten reagieren durch Abundanzschwankungen empfindlich auf Habitatveränderungen oder Umweltbelastungen, dadurch ist das Maß der Organismendichte (Abundanz) für den unmittelbaren Vergleich geeignet (MÜHLENBERG 1993). Kurzfristige Veränderungen wie hinsichtlich eines Massenvorkommens oder in Teilen zyklische Entwicklungen lassen sich damit erfassen. Für die Erfassung grundlegender Änderungen in der Besiedlungsdichte oder in der Häufigkeit von Blüten sind nach SOMMER (1994) langfristige Datenerhebungen notwendig.

2.7.2 Präsenz

Die Präsenz beschreibt die Nachweishäufigkeit einer bestimmten Art innerhalb des untersuchten Biotops. Dies wurde zunächst für das Untersuchungsgebiet während des gesamten Probenahmezeitraumes berechnet, anschließend getrennt für die Bereiche Hauptstrom und Rechter Nebenarm und schließlich für jeden einzelnen Probenahmetag berechnet.

Für die mindestens bis zur Gattungsebene nachgewiesenen Taxa wurde die jeweilige Präsenz mit untenstehender Formel berechnet (SCHWERDTFEGER 1975):

$$F = 100 \cdot (b/a)$$

- F = Präsenz
- a = Gesamtzahl der Proben
- b = Zahl der Proben, in denen das Taxon gefunden wurde

Die Einteilung der Präsenzklassen erfolgt nach TISCHLER (1993):

Präsenz:	100 – 75 %	sehr häufiges Taxon
	75 – 50 %	häufiges Taxon
	50 – 25 %	verbreitetes Taxon
	25 – 0 %	seltenes Taxon

2.7.3 Dominanz

Als weiteres Bewertungskriterium wurde die Individuendominanz herangezogen. Sie beschreibt die relative Häufigkeit, d.h. die Individuenzahl eines Taxons in Relation zur Gesamtindividuenzahl in Prozent. Die Berechnung für die Ströme wurde entsprechend den Berechnungen der Präsenz durchgeführt. Berechnung nach

SCHWERDTFEGER 1975 (siehe auch BICK 1998):

$$D = 100 * (a/b)$$

D = Dominanzgrad
 a = Vorkommen sämtlicher Arten
 b = Vorkommen der betreffenden Art

Die Einteilung erfolgt nach BICK 1998:

Dominanz :	100 – 10 %	eudominantes Taxon
	10 – 5 %	dominantes Taxon
	5 – 2 %	subdominantes Taxon
	2 – 1 %	rezedentes Taxon
	1 – >0 %	subrezedentes Taxon

2.7.4 Diversität

Zur weiteren Strukturanalyse wurde zudem die Diversität von Hauptstrom und Rechtem Nebenarm im Jahresverlauf sowie über den gesamten Zeitraum ermittelt. Der hierzu herangezogene Shannon-Weaver-Index (SHANNON & WEAVER 1949, in MÜHLENBERG 1993) basiert auf der Dominanzdiversität und berücksichtigt sowohl Artenzahlen als auch Individuenabundanzen verschiedener Standorte. Der Diversitätswert ist umso höher, je größer die Artenzahl und je gleichmäßiger die Verteilung der Individuen auf die Arten ist. In der Natur sind Arten jedoch nie gleich verteilt, der Indexwert beträgt meist 1,5 – 3,5 (MÜHLENBERG 1993).

Sofern aus dem entsprechenden Taxon keine Artangaben für den jeweiligen Standort vorlagen, wurde die Bestimmungsebene der Ordnung, Familie oder Gattung einbezogen. Somit bleiben in der Berechnung zur Diversität die höhere Taxa enthalten, die Diversität wird dadurch tendenziell jedoch unterschätzt.

$$H_S = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{mit} \quad p_i = n_i/N \quad \text{und} \quad \sum_{i=1}^S p_i = 1$$

H_S = Diversität bezogen auf Artenzahlen
 S = Gesamtzahl der Arten
 p_i = Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Art i, d.h. die relative Häufigkeit der i-ten Art
 N = Gesamtindividuenzahl
 n_i = Individuenzahl der Art i

2.7.5 Eveness

Die Eveness ermöglicht Rückschlüsse auf die Gleichverteilung der Taxa, die aus der Berechnung der Diversität nicht hervorgeht. Hier wird der errechnete Diversitätswert in Relation zu dem maximal möglichen Diversitätswert gesetzt (MÜHLENBERG 1993). Die Eveness, oder auch die Homogenität, kann Werte zwischen Null und Eins annehmen (MÜHLENBERG 1993, KÖHLER et al. 2002).

$$E_S = H_S / H_{\max} = H_S / \ln S$$

E_S = Eveness (bezogen auf den Shannon-Weaver-Diversitätsindex)
 H_S = Diversitätsindex
 H_{\max} = theoretisch maximal mögliche Diversität
 S = Gesamtzahl der Taxa

2.7.6 Sörensen-Quotient

Der Sörensen-Quotient beschreibt die Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung. Er wird ausgedrückt in 0 - 100 % Prozent. Je höher die Prozentzahl, desto ähnlicher sind sich die verglichenen Gemeinschaften (MÜHLENBERG 1993).

$$QS (\%) = \frac{2G}{S_A + S_B} \times 100$$

QS = Sörensen-Quotient in %
 G = Zahl der in beiden Gebieten gemeinsam vorkommenden Arten
 S_A, S_B = Zahl der Arten in Gebiet A bzw. B

2.7.7 Renkonen Zahl

Die Renkonen Zahl bezieht die Dominanzverhältnisse mit ein. Sie berechnet die Übereinstimmung der Artengemeinschaften an verschiedenen Standorten (MÜHLENBERG 1993).

$$Re (\%) = \sum_{i=1}^G \min D_{A,B} \quad D = n_A/N_A \quad \text{bzw.} \quad n_B/N_B$$

$Re =$	Renkonen-Zahl in %
$\min D_{A,B} =$	Summe der jeweils kleineren Dominanzwerte der gemeinsamen Arten von zwei Standorten A und B
$i =$	Art i
$G =$	Zahl der gemeinsamen Arten
$n_A/N_A =$	Individuenzahl der Art i in Gebiet A bzw. B
$n_B/N_B =$	Gesamtindividuenzahl aus Gebiet A bzw. B

2.8 Multivariate Verfahren

Multivariate Verfahren dienen in der Statistik der Aufdeckung von Abhängigkeitsstrukturen im gleichzeitigen Zusammenwirken mehrerer Variablen. Mittels „Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung“ (BACKHAUS et al. 2000), „Multivariate Analysis of Ecological Communities“ (DIGBY & KEMPTON 1987), sowie „Multivariate Analysis in community ecology“ (GAUCH 1982) wurde als Verfahren die Hauptkomponentenanalyse ausgewählt und interpretiert.

Ziel der Hauptkomponentenanalyse (principle components analysis, PCA) ist es, eine große Zahl miteinander korrelierter Variablen auf eine kleine Zahl signifikanter, nicht miteinander korrelierter Variablen, die Hauptkomponenten, zu reduzieren (MÜHLENBERG 1993). Im Gegensatz zu einer Regressions- oder Korrelationsanalyse kann hier eine große Zahl von Variablen zur Aufdeckung nicht offensichtlicher Zusammenhänge beitragen, die in der Gesamtheit unabhängig voneinander scheinen (BACKHAUS et al. 2000). Es werden Faktoren ermittelt, welche die Fälle, hier also die Verteilung der Taxa, möglichst vollständig erklären sollen (BACKHAUS et al. 2000). Die multivariate Analyse der ermittelten Daten (gezählte und gemessene Werte) wurde in verschiedenen Modellen berechnet.

Zunächst wurde eine „Detrended Component Analysis“ (DCA) durchgeführt. Die ermittelte Gradientenlänge hilft bei der Entscheidung, welche Analysen durchgeführt werden. Dabei sind mit einer Gradientenlänge von 2,7 die vorliegenden Daten nicht eindeutig. Im Allgemeinen gilt, bei einer Gradientenlänge größer als drei sollten Verfahren gewählt werden, die eine unimodale Verteilung der Daten beschreiben. Ist der Gradient kleiner als zwei, werden lineare Modelle zugrunde gelegt. Zur Absicherung der Methodenwahl wurden verschiedene Teilmengen des vorliegenden Datensatzes zusätzlich mit einer DCA berechnet. Die meisten Teilmengen legten lineare Modelle nahe, damit waren die Daten im Ergebnis mit einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) anstelle einer Kanonischen Komponentenanalyse (CCA) zu analysieren.

Die Datenbasis der PCA enthält die Abundanzen der Taxa, aufgeschlüsselt nach Stationen und Tagen. Das berechnete Modell besteht aus ebenso vielen Achsen wie Taxa. Die gewählte Darstellungsform enthält nur zwei Achsen. Diese erklären sich durch die Eigenwerte, die etwa dem Anteil der Gesamtvarianz der Daten entsprechen, die durch die jeweilige Achse erklärt wird (GAUCH 1982).

In der anschließenden Redundanzanalyse (RDA) sind zusätzlich die gemessenen Umweltdaten (Temperatur, Salinität, pH-Wert, Sichttiefe und Sauerstoff [mg/l]) enthalten. Außerdem wurden „Faktoren“ (MÜHLENBERG 1993) eingeführt, deren Relevanz überprüft werden sollte. Der erste Faktor beschreibt die Habitate als „HS“ für den Hauptstrom und „RN“ für den Rechten Nebenarm. Wie aus Abbildung 7 hervorgeht, befinden sich an jedem Hochwasserprobetag die Stationen eins bis vier im Rechten Nebenarm und die Stationen fünf bis acht im Hauptstrom. Um den saisonalen Aspekt zu erfassen, wurde der Faktor „Tag“ eingeführt, der sich im Jahresverlauf von eins bis vier erhöht. Und schließlich ein Faktor für die Verteilungsunterschiede im Pelagial, ist die Unterscheidung nach „ufernah“ und „uferfern“. Mit diesem Faktor wurden die Unterschiede zur Position im Wasserkörper erfasst. Die ufernahen Proben (Stationen mit ungerade Zahlen) wurden, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, gleichzeitig bodennah gezogen. Damit ist es zugleich möglich, die methodischen Unterschiede in der Probenahmen als relevanten Faktor zu prüfen. Eine Hauptkomponentenanalyse mit Faktoren zu versehen, die Vorannahmen verifizieren sollen, wird als konformatorische Faktorenanalyse bezeichnet. Bei der RDA errechnet das Programm über 499 mögliche Modelle und wählt schließlich dasjenige mit der höchsten Erklärungsbreite für die Daten.

Für die multivariate Analyse wurde das Computerprogramm Canoco eingesetzt. Das Modell wird in graphischer Form als Vektordiagramm mit zwei Achsen dargestellt. Die Probenahmen werden durch Zahlen betitelt, diese geben Auskunft über die Station und den Probenahmetag. Die Zusammenhänge mit den Taxa ergeben sich aus dem Winkel der beiden Vektoren, der den jeweiligen Korrelationskoeffizient beschreibt (BACKHAUS et al. 2000).

In beiden Darstellungen der Hauptkomponentenanalyse werden nur Bestandteile mit einer Erklärungssicherheit größer als 5 % angezeigt.

2.9. Längenmessungen ausgesuchter Taxa

Es wurden von den nachgewiesenen Tieren die Längen der ersten 30 Tiere je Probe (nach Station und Tag) aufgenommen. Die Unterproben enthielten zum Teil geringe Anzahlen an Individuen einer Art, oder die Gattungen veränderten sich im Laufe der Zeit. Anhand dreier Beispiele abundanter Taxa wird hier exemplarisch ein Vergleich des Größenspektrums zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm an zwei aufeinander folgenden Hochwassertagen durchgeführt. Die Taxa sind *Keratella cochlearis*, Larven von *Dreissena polymorpha* und Naupliuslarven der calanoiden Copepoden vom 4.6. und vom 30.6.

Das Programm SPSS 12.0 für Windows wurde für die Analyse der Längendaten verwendet, unterstützend wurde hier „SPSS 12. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows“ von BÜHL & ZÖFEL (2004) herangezogen.

Zur Entscheidung, mit welchem Testverfahren die Längendaten analysiert werden können, war zunächst ein Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung durchzuführen. Eine Normalverteilung liegt bei einem Signifikanzwert $\geq 0,05$ vor. Sind die Daten normalverteilt, werden sie mit einem parametrischen Test wie dem t-Test weiter analysiert, anderenfalls kommen nichtparametrische Test wie der u-Test zur Anwendung. Beide Tests sind auf Unterschiede zwischen zwei Grundgesamtheiten anzuwenden. Der t-Test, für normalverteilte Daten, vergleicht dabei zwei Stichproben anhand ihrer Mittelwerte. Ein signifikanter Unterschied ergibt sich, wenn $p < 0,05$ ist. Der u-Test nach Mann und Whitney ermittelt die Unterschiede zwischen zwei Grundgesamtheiten. Die Signifikanzgrenze liegt hier ebenfalls bei $< 0,05$.

Die Längenverteilungen werden bezüglich der Habitate Hauptstrom und Rechter Nebenarm sowie im zeitlichen Verlauf auf signifikante Unterschiede getestet.

3 Ergebnisse

In diesem Teil werden zunächst die Sondenparameter und die Sichttiefe im Kapitel 3.1 zur Abiotik dargestellt. In 3.2 findet sich die systematische Artenliste aller im Untersuchungsgebiet mittels Planktonnetz gezogenen Organismen. Das Kapitel 3.3 stellt sodann einen Vergleich der Organismengemeinschaft zwischen den Habitaten, Hauptstrom und Rechter Nebenarm, mittels verschiedener Schwerpunktsetzungen - Präsenz, Dominanz, Größenverteilungen - an. Den Abschluss dieses Vergleiches bildet eine Hauptkomponentenanalyse. Hierbei werden Organismenverteilung und -vorkommen an den Stationen verglichen. Im zweiten Schritt fließen hier zusätzlich die Umweltdaten ein. Zuletzt wird im Kapitel 3.4 ein exkursorischer Vergleich des Hauptstromes bei verschiedenen Tidesituationen durchgeführt.

3.1 Abiotische Parameter

In diesem Kapitel werden die Messwerte der Umweltdaten zu den Probennahmezeitpunkten dargestellt. Jede Grafik beschreibt sowohl die Hochwasser- als auch die Niedrigwassersituation: Der linke Teil enthält Daten zum Rechten Nebenarm und zum Hauptstrom, während die rechte Seite nur Daten zum Hauptstrom im Tidenvergleich enthält. Die Messdatentabelle befindet sich im Anhang A.

3.1.1 Wassertemperatur

Die Wassertemperatur steigt im Jahresverlauf während der Probennahmen von 12,9°C (Min.) auf 23,9°C (Max.) an. Die Abbildung 8 zeigt beim Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm, dass der Hauptstrom im Mittel geringfügig wärmer ist. Es wäre zu erwarten gewesen, dass die Wassertemperatur durch den Einfluss der Wattflächen im Rechten Nebenarm stärker vom Grundwasserkörper, der mit der Tidewelle in den Rechten Nebenarm vordringt, beeinflusst wird, wodurch sich hier die Temperatur deutlicher vom Hauptstrom unterscheiden müsste.

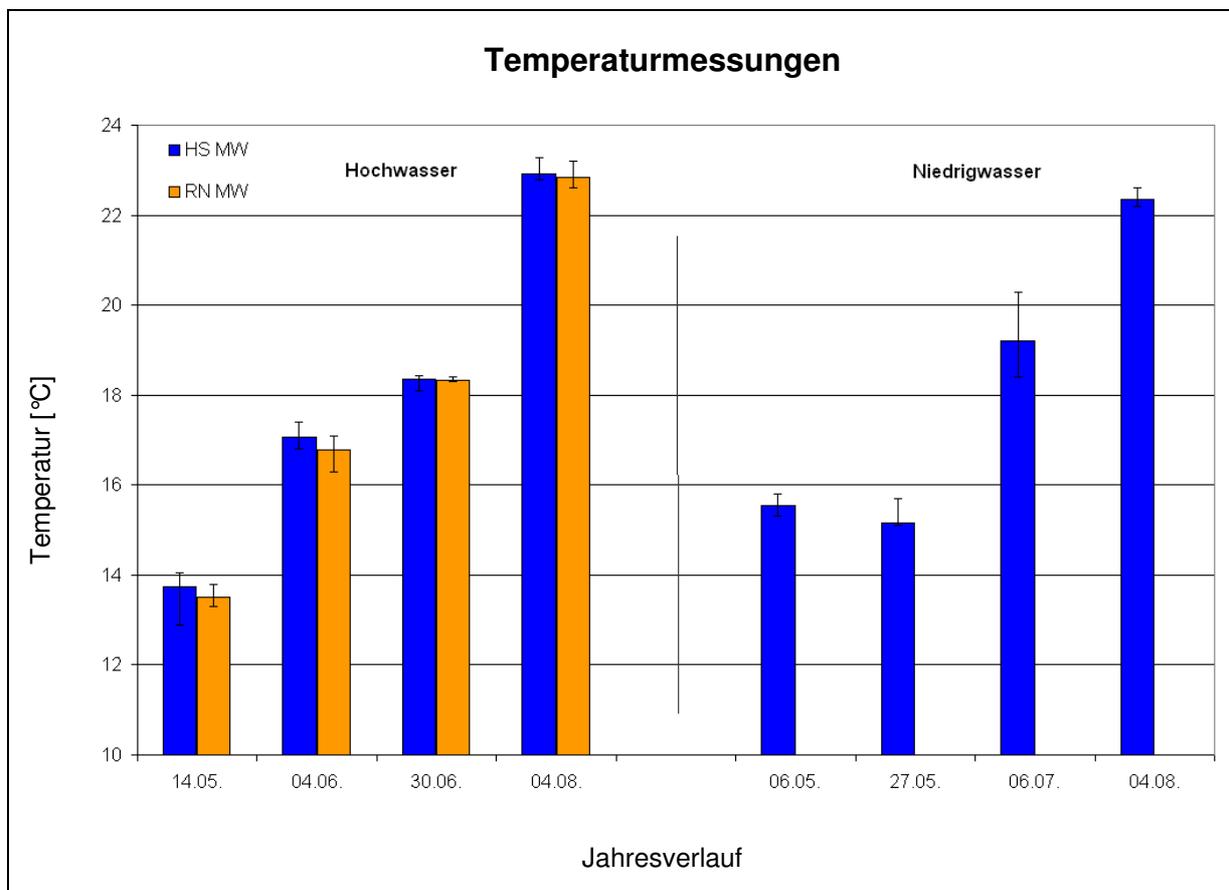


Abb. 8: Mittelwerte (MW) der Wassertemperatur mit Minimum und Maximum bei Hochwasser im Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN) sowie bei Niedrigwasser im Hauptstrom, im Jahresverlauf.

3.1.2 Sauerstoff

Der Anteil gelösten Sauerstoffs sinkt im Jahresverlauf sowohl bei Hochwasser als auch bei Niedrigwasser. Die Abbildung 9 zeigt im Vergleich zwischen Hauptstrom und Nebenarm keinen durchgehenden Unterschied. An die kontinuierliche Abnahme des Sauerstoffgehaltes über die Zeit ist die Löslichkeit des Sauerstoffs mit der Wassertemperatur gekoppelt.

In den vorliegenden Daten ist die Erfassung von kleinräumigen Unterschieden im Wasserkörper zu vermuten, wie Vergleiche mit Untersuchungen aus dem selben Jahr belegen (SCHIRMER & LANGE 2006, SCHÖL & KRINGS 2005).

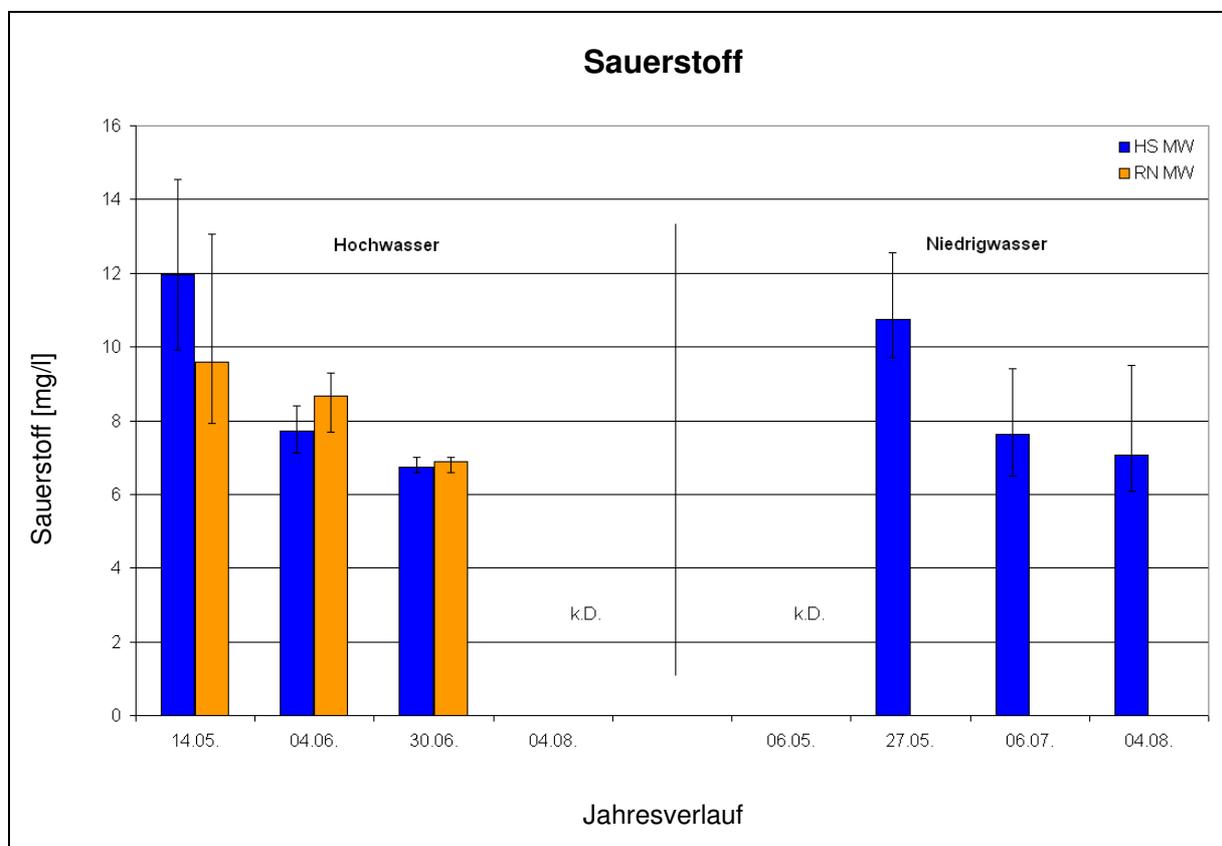


Abb. 9: Mittelwerte (MW) des Sauerstoffs mit Minimum und Maximum bei Hochwasser im Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN) sowie bei Niedrigwasser im Hauptstrom, im Jahresverlauf; k.D. = keine Daten.

3.1.3 pH-Wert

Abbildung 10 zeigt, dass der pH-Wert im Untersuchungsgebiet während der Probenahmen meist zwischen 7,5 und 8,5 schwankt. Der Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm zeigt, dass der pH-Wert im Rechten Nebenarm geringeren Schwankungen unterliegt, gemittelt ist er an allen Probenahmetagen höher als im Hauptstrom.

Der pH-Wert steht in enger Verbindung zur Photosyntheseleistung der Algen, sowie zu der Salinität im Wasserkörper. Bei der Photosynthese der Phytoplankter (BEGON et al. 1998) wird dem Wasser Kohlendioxid entzogen und es werden verstärkt OH^- -Ionen ins Wasser abgegeben. Dabei steigt der pH-Wert durch hohe Photosyntheseleistungen der Phytoplankter. (FGG WESER 2005)

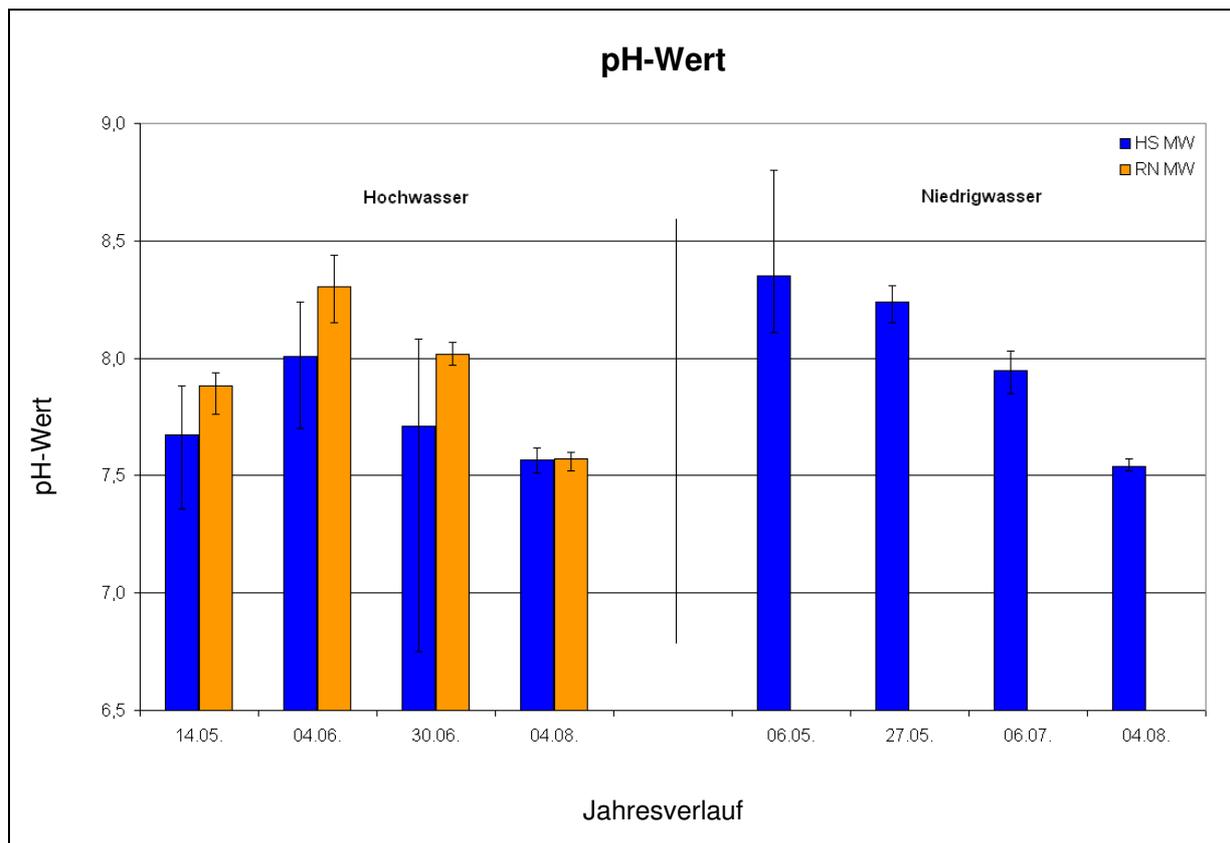


Abb. 10: Mittelwerte (MW) der pH-Werte mit Minimum und Maximum bei Hochwasser im Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN) sowie bei Niedrigwasser im Hauptstrom.

3.1.4 Salinität

Die Salzgehalte im Untersuchungsgebiet ändern sich tiderhythmisch zwei mal am Tag. Die Leitfähigkeitswerte schwanken am Harrier Sand zwischen 0,4 ‰ und 2,2 ‰. Die Salinitäten in Abbildung 11 zeigen, dass sie zum Hochwasserzeitpunkt im Hauptstrom am höchsten sind. Darauf folgt mit einem deutlichen Abstand der Mittelwerte an den jeweiligen Tagen der Rechte Nebenarm. Der Vergleich der Salinitäten bei Niedrigwasser hierzu zeigt, dass die Messungen im Rechten Nebenarm gedämpft erscheinen.

Im Sommer nimmt die Menge des vom Oberlauf kommenden Wassers ab. Damit kann das Brackwasser weiter ins Landesinnere vordringen. Dies zeigt sich in der Untersuchung durch einen Anstieg der Salinitäten im zeitlichen Verlauf. Insgesamt reicht die Spannweite der Messdaten - anhand des Venedigsystems - von limnischem Wasser bis zu oligohalinem Wasser (vgl. Tabelle 1).

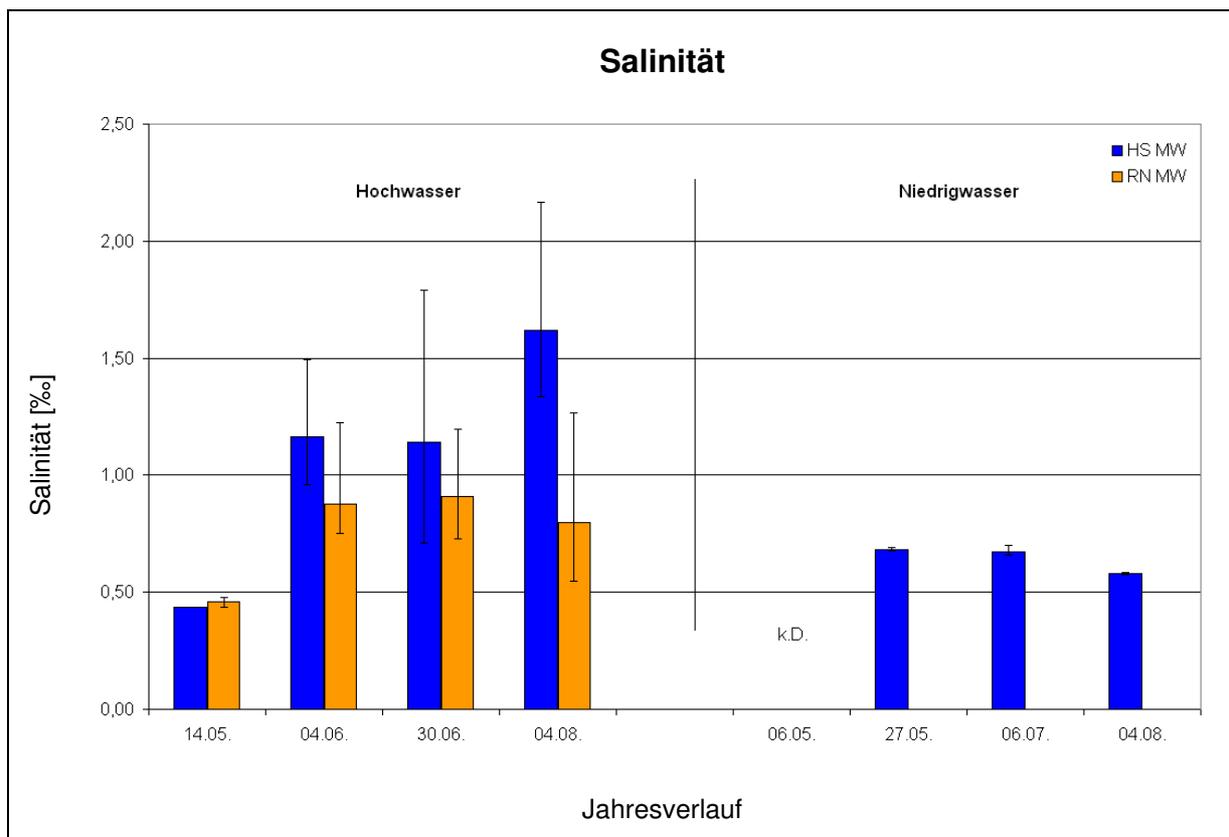


Abb. 11: Mittelwerte (MW) der Salinität mit Minimum und Maximum bei Hochwasser im Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN) sowie bei Niedrigwasser im Hauptstrom; k.D.= keine Daten.

3.1.5 Sichttiefe

In Abbildung 12 zeigt sich, dass die Sichttiefe im gesamten Untersuchungszeitraum zwischen 13 und 99 cm schwankt. Die höchsten Sichttiefen werden bei Niedrigwasser im Hauptstrom erreicht.

Der Vergleich der Ströme verdeutlicht, dass gemittelt die Sichttiefe im Rechten Nebenarm größer ist. Im Jahresverlauf scheint die Trübung im Hochwasser-Wasserkörper tendenziell zuzunehmen, bis das Wasser im Spätsommer im Hauptstrom wieder ein wenig klarer wird. Im Jahresverlauf wird die Sichttiefe geringer. Im Rechten Nebenarm ist sie etwas höher als bei Hochwasser im Hauptstrom. Die Probenahmen haben immer etwa zwei Stunden vor dem Kenterzeitpunkt im Rechten Nebenarm begonnen. Damit war die Hochwasserwelle hier zum Zeitpunkt der Probenahmen fast zum Erliegen gekommen. Im Hauptstrom dagegen wurden die Proben mit einsetzendem Ebbstrom gezogen. Der Ebbstrom ist zu Beginn der Tidephase am stärksten, was zu hohen Turbulenzen im Wasser führen kann.

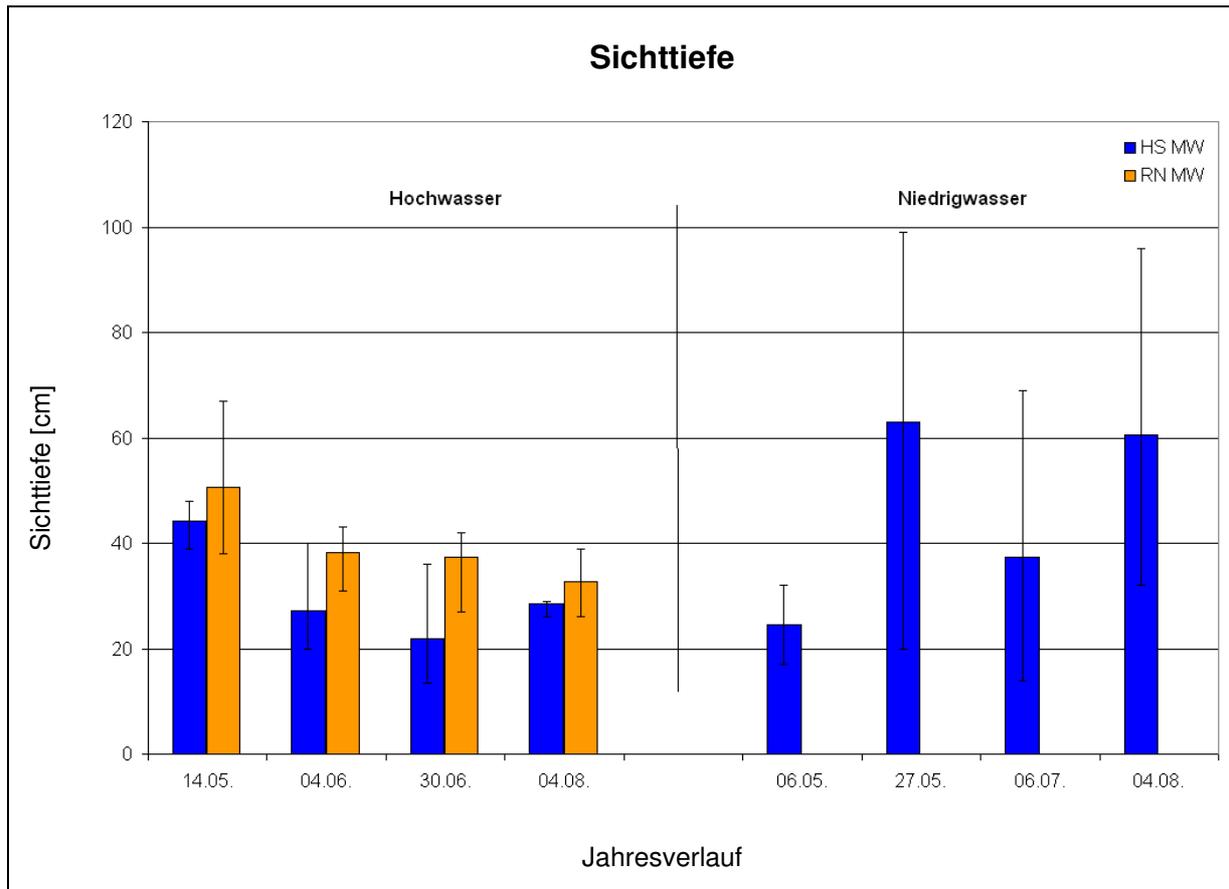


Abb. 12: Mittelwerte (MW) der Sichttiefen mit Minimum und Maximum bei Hochwasser im Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN) sowie bei Niedrigwasser im Hauptstrom.

3.1.6 Zusammenfassung

Die Punktmessungen der Sondenparameter beschreiben eine für das Untersuchungsgebiet erwartete Situation. Der Anstieg der Wassertemperatur entspricht der Entwicklung, die BICK (1998) für den Sommer in Potamalen beschreibt. Dies gilt im Untersuchungsgebiet sowohl für den Hauptstrom als auch für den Nebenarm. Der pH-Wert steigt normalerweise mit erhöhter Primärproduktion. Die Sichttiefen zeigen hohe Variabilität auf Grund der Wasserdurchmischung und der wechselnden Fließrichtung. Diese Lichtundurchlässigkeit kann ein Grund für eine eingeschränkte Primärproduktion sein, auf die der ausbleibende pH-Wertanstieg im Verlauf der Vegetationsperiode zurückzuführen ist. Schließlich sind die Salinitäten durch die den Lebensraum bestimmenden Tiden von hoher Bedeutung. Im Untersuchungsgebiet ist die Trennung zwischen limnischem Oberwasser bei Niedrigwasser und der oberen Brackwassergrenze bei Hochwasser deutlich zu erkennen. Bei geringerem Oberwasser im Sommer dringt deutlich brackigeres Wasser bis in den Untersuchungsraum vor. Der Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm zeigt, dass das Brackwasser nicht gleich stark in beiden Strömen vordringt, die Salinitäten sind im Rechten Nebenarm niedriger. Hier ergibt sich ein Zusammenhang zu den sinkenden Sichttiefen bei Hochwasser im Hauptstrom, denn mit dem Brackwasser geht eine erhöhte Trübung einher.

3.2 Artenliste

Nachfolgend werden die gefundenen Taxa mindestens auf Gattungsebene gelistet. In einigen Fällen, bei denen eine genaue taxonomische Auswertung nicht möglich war, werden höhere Ebenen benannt, wie zum Beispiel die Ordnung oder sogar der Stamm. Die Ebenen resultieren aus der Bearbeitungstiefe, die unter anderem der Bewertung entspricht, die die Taxa als pelagische Plankter ausweist.

Insgesamt wurden in der Unterweser 72 Taxa aus sechs verschiedenen Tierstämmen nachgewiesen, hiervon konnten 40 bis zur Art bestimmt werden. Diese wurden zur weiteren Bearbeitung zu 42 Taxa aggregiert, die niedrigste Ebene ist die der Gattung. Den größten Anteil stellen die Rotatorien und die Crustaceen. Unter den 58 Rotatorientaxa konnten 31 bis zur Art identifiziert werden. Die Crustaceen gliedern sich in Phyllopoden und Copepoden. Insgesamt stellen sie 8 Taxa, die calanoiden Copepoden treten mit zwei identifizierten Arten auf, bei den Phyllopoden konnte eine Art bestimmt werden. Die vollständige Artenstationstabelle befindet sich im Anhang B.

Tab. 4: Liste der nachgewiesenen Arten und Taxa. Das Kürzel „spec.“ steht für den Nachweis einer einzigen Art, „spp.“ steht für mehr als eine eindeutig identifizierte Art innerhalb der Gattung

Reich	Stamm	Klasse	Art / Taxon	Ö	
Protozoa	Protozoa	Rhizopoda	<i>Arcella</i> spp. <i>Centropyxis aculeata</i> <i>Centropyxis</i> spp. <i>Diffugia fragosa</i> <i>Diffugia</i> spp. Testacea spp.	bp	Perty, 1852 Ehrenberg, 1830 Stein, 1857 Hempel 1898 LeClerc, 1815
		Ciliata	<i>Colpidium</i> spp. <i>Strombidium</i> spp. Tintinnidiidae spp. <i>Tintinnopsis lacustris</i> <i>Cothurina annulata</i>	A	Stein Claparède & Lachmann, 1859 Stein, 1867 Entzensberger sen. 1901
Animalia	Nemathelminthes	Nematoda	Nematoda spp.	b	Rudolphi, 1808
		Rotatoria	Brachionidae <i>Brachionus angularis</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Brachionus quadridentatus</i> <i>Brachionus rubes</i> <i>Brachionus urceolaris</i> <i>Keratella cochlearis</i>	S/B S/B B/ben S/B/fl B u/B	Gosse, 1851 Pallas, 1766 Hermann, 1783 Ehrenberg, 1838 O.F. Müller, 1773 Gosse, 1851

Reich	Stamm	Klasse	Art / Taxon	Ö	
Animalia	Nemathelminthes	Rotatoria	<i>Keratella quadrata</i>	S/B	O.F. Müller, 1786
			<i>Keratella testudo</i>		Ehrenberg, 1832
			<i>Notholca</i> spp.		Gosse, 1886
			<i>Notholca acuminata</i>	B	Ehrenberg, 1832
			<i>Notholca squamula</i>	B	O.F. Müller, 1786
			<i>Notholca striata</i>	B/Salz	O.F. Müller, 1786
			<i>Kellicottia bostoniensis</i>		Rousselet, 1908
			<i>Kellicottia longispina</i>	B	Kellicott, 1879
			<i>Lepadella</i> spec.		Bory de St. Vincent, 1826
			<i>Lepadella rhomboides</i>	Lit	Gosse 1886
			<i>Mytilina</i> spp.		Bory de St. Vincent, 1826
			<i>Colurella adriatica</i>	ben	Ehrenberg, 1831
			<i>Epiphanes</i> spp.		Ehrenberg 1832
			<i>Trichotria pocillum</i>	B/Lit	O.F. Müller, 1776
			<i>Trichotria tectratis</i>	Moor	Ehrenberg, 1830
			<i>Platyias</i> spp.	S/B	Harring, 1913
					Lecanidae
			<i>Lecane</i> spp.	b	Nitzsch, 1827
			<i>Lecane luna</i>		O.F. Müller, 1776
			<i>Lecane flexilis</i>		Gosse, 1889
					Notommatidae
			<i>Cephalodella</i> spec.	b	Bory de St. Vincent, 1826
			<i>Notommata</i> spec.		Ehrenberg, 1830)
					Trichocercidae
			<i>Trichocerca</i> spp.		Lamarck, 1801
			<i>Trichocerca porcellus</i>		Gosse, 1886
					Gastropodidae
			<i>Ascomorpha</i> spp.		Perty, 1850
			<i>Ascomorpha ovalis</i>		Bergendal, 1892
			<i>Chromogaster ovalis</i>		Bergendal, 1892
			<i>Gastropus</i> spec. ♂		Imhof, 1898
					Asplanchnidae
			<i>Asplancha priodonta</i>	peren- nierend Früh- sommer	Gosse, 1850
			<i>Asplanchna</i> spec.		Gosse, 1850
<i>Asplanchnopus multiceps</i>	selten	Schrank, 1793			
		Synchaetidae			
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	kst	Idelson 1925			
<i>Polyarthra major</i>	So	Burckhardt, 1900			
<i>Polyarthra remata</i>	pl	Skorikov, 1896			
<i>Polyarthra vulgaris</i>		Carlin, 1943			
<i>Polyarthra</i> spp.		Ehrenberg, 1834			

Reich	Stamm	Klasse	Art / Taxon	Ö					
Animalia	Nemathelminthes	Rotatoria	<i>Synchaeta</i> spp. Testudinellidae <i>Filinia limnetica</i> <i>Filinia longiseta</i> <i>Filina terminalis</i> <i>Filina</i> spec. <i>Pompholyx sulcata</i> <i>Pompholyx</i> spec.	eu über 15 °C über 15 °C B	Ehrenberg, 1832 Zacharias 1893 Ehrenberg, 1834 Plate 1886 Bory de St. Vincent, 1824 Hudson 1885 Gosse 1851				
			Mollusca	Veligerlarve von <i>Dreissena polymorpha</i>		Pallas, 1771			
					Annelida	Oligochaeta spp.	b		
			Arthropoda	Crustacea	Arachnida	Prostigmata spec.	T		
					Unterklasse Phyllopoda Daphniidae Cladocera spec. <i>Bosmina longirostris</i> <i>Daphnia</i> spec. Unterklasse Copepoda Calanoida <i>Eurytemora affinis</i> Calanoida spp. Cyclopoida Cyclopoida spec. Harpacticoida Harpacticoida spec. Unterklasse Ostracoda Ostracoda spp.	P P eu b	O.F. Müller, 1785 Poppe 1880 G. O. Sars G. O. Sars		
						Tardigrada	Tardigrada spp		Spallanzani, 1777

Zeichenerklärung: Ökologie (Ö), Aufwuchs (A), Brackwasservertreter (B), benthisch (b), benthopelagische Zyklus (bp), euryhalin (eu), kaltstenotherm (kst), limnisch (l), Litoralbewohner (Lit), pelagisch (P), Salzwasserbewohner (S), Sommerart (So)

3.3 Vergleich der Habitate bei Hochwasser

In diesem Kapitel wird das Vorkommen der Zooplankter im Unterschied zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm bei Hochwasser dargestellt. Dafür sind die Probenahmestationen der Gewässer aufsummiert worden (vgl. Abb. 7). Im Kapitel 3.4 wird dann der Hauptstrom zu Niedrigwasser und zu Hochwasser verglichen.

3.3.1 Häufigkeiten der Tiergruppen

Die Abbildung 13 zeigt die Gesamtabundanz der gefundenen Taxa und ihre Verteilung auf die wichtigsten Zooplanktongruppen. Der Vergleich der Individuendichte zwischen den Gewässern zeigt die Unterschiede der Tierdichte im Wasser.

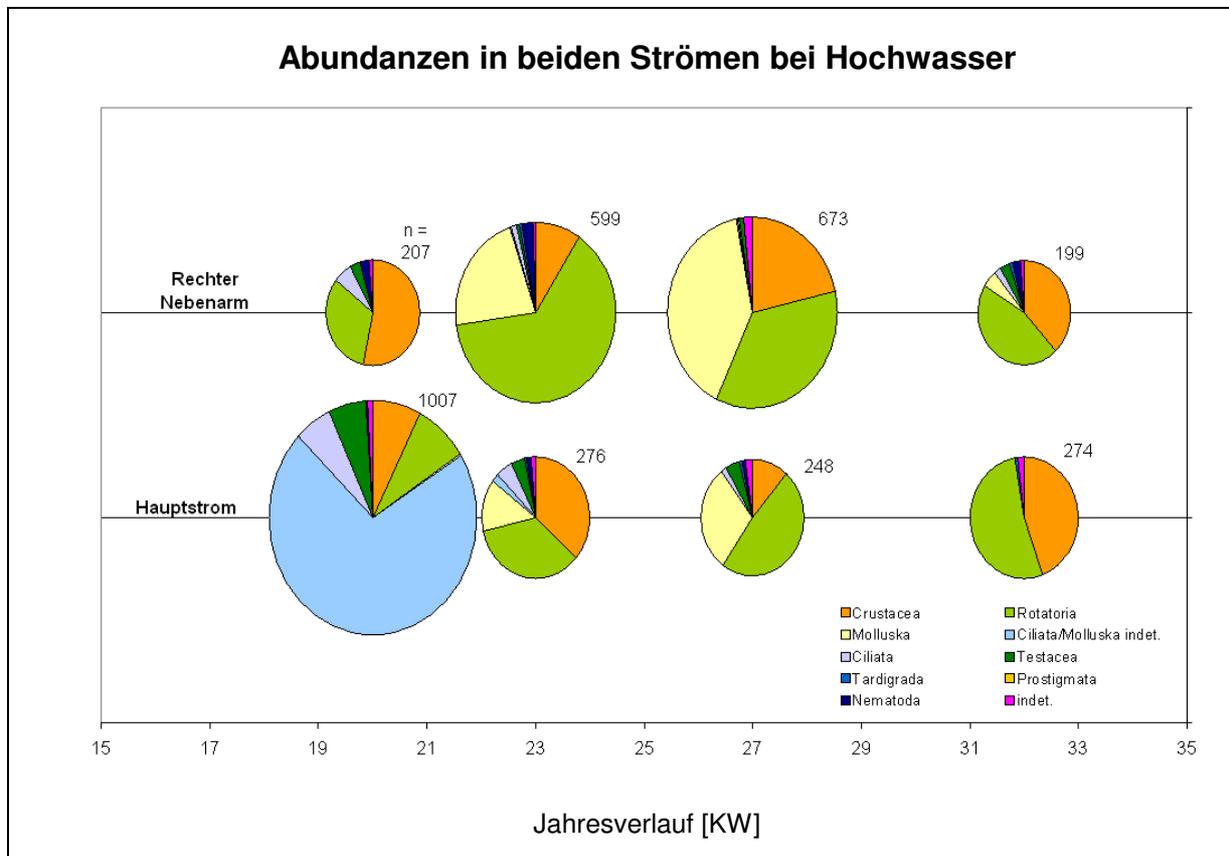


Abb. 13: Gemittelte Abundanzen [Ind./l] der großen Tiergruppen im Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm im Jahresverlauf nach Kalenderwochen (KW).

Am ersten und am letzten Untersuchungstag sind im Hauptstrom mehr Tiere vorhanden als im Rechten Nebenarm, am zweiten und dritten Tag ist im Rechten Nebenarm die Tierdichte höher als im Hauptstrom. Der extreme Unterschied am ersten Hochwassertag resultiert aus dem massenhaften Auftreten nicht eindeutig identifizierba-

rer cilienbesetzter Plankter. Diese Gruppe der „Ciliata/Molluska indet.“ beinhaltet vermutlich einen Teil sehr junger Veligerlarven von *Dreissena polymorpha*. Aus diesem Grund geht diese Gruppe nicht weiter in die folgenden Auswertungen ein. Das Maximum am ersten Probenahmetag (14.5.) mit 1007 Ind./l Tieren im Hauptstrom steht dem Minimum von 199 Ind./l Tieren am letzte Probenahmetag (4.8.) im Rechten Nebenarm gegenüber.

Der Vergleich der Tiergruppen zeigt einen kontinuierlich hohen Einfluss von Rotatorien und Crustaceen. Die Bedeutung der Ciliaten nimmt im Jahresverlauf ab. An ihre Stelle treten ab dem 4.6. die Larven von *Dreissena polymorpha* in hohen Dichten. Sie erreichen mit 172 Ind./l am 30.6. die höchste Individuendichte eines einzelnen Taxon aller untersuchten Proben.

3.3.2 Präsenz

Die Präsenz beschreibt hier im Vergleich Hauptstrom (HS) zu Rechtem Nebenarm (RN) im Jahresverlauf. „HS gesamt“ und „RN gesamt“ umfassen jeweils 16 Stationen, die Spalte „HS + RN gesamt“ beschreibt die Präsenz über den gesamten Probenahmezeitraum von insgesamt 48 Proben.

Die Tabelle 5 zeigt, dass insgesamt 38 der 42 Taxa in den Hochwasserproben nachgewiesen wurden. Hiervon traten fünf ausschließlich im Hauptstrom und acht ausschließlich im Rechten Nebenarm auf.

Die Crustaceen sind durch die calanoiden Copepoden mit ihren Larven und Jugendstadien in beiden Strömen über den gesamten Untersuchungszeitraum an vielen Stationen vertreten. Die übrigen Crustaceen sind nur vereinzelt nachzuweisen. Unter den Rotatorien ist die Gattung *Keratella* fast überall nachzuweisen, die Hälfte der Rotatorientaxa zeigt sehr seltenes Auftreten. Die Veligerlarve scheint im Juni am stärksten aufzutreten. Und schließlich die Protisten, die im Hauptstrom mit höherer Sicherheit nachzuweisen waren.

3 Ergebnisse

Tab. 5: Vergleich der Präsenz der Taxa in den Strömen im zeitlichen Verlauf. HS = Hauptstrom, RN = Rechter Nebenarm

Präsenz											
Tide	Hochwasser										
	Strom			HS				RN			
Probenahmetag	HS+ RN	HS	RN	HS				RN			
	gesamt	gesamt	gesamt	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.
Crustacea											
Nauplius (calanoide Copepoden)	97	94	100	100	100	75	100	100	100	100	100
<i>Eurytemora</i> spp. (calanoide Copepoden)	66	81	50	100	75	75	75	100	25	25	50
Calanoidea spp. (calanoide Copepoden)	63	56	69	50	75	25	75	50	50	75	100
Harpacticoida spp. (harpacticoiden Copepoden)	22	19	25	25		25	25	25	25	25	25
Ostracoda spp.	9	13	6		25		25	25			
<i>Bosmina</i> spp. (Phyllozoa)	9	13	6	25			25	25			
Cladocera spec. (Phyllozoa)	6	6	6				25	25			
Cyclopoida spp. (cyclopoide Copepoden)	3		6					25			
Rotatoria											
<i>Keratella</i> spp.	91	94	88	100	100	75	100	100	100	100	50
<i>Brachionus</i> spp.	66	50	81	100	25	50	25	75	50	100	100
<i>Polyarthra</i> spp.	53	44	63	75	25		75	50	100	50	50
<i>Synchaeta</i> spp.	34	13	56		25	25			75	100	50
<i>Kellicottia</i> spec.	16	25	6	25	25	50		25			
<i>Notholca</i> spp.	16	25	6	100				25			
<i>Lecane</i> spp.	16	13	19			25	25		50		25
<i>Filina</i> spp.	9	6	13		25						50
<i>Platylas</i> spp.	6	13				25	25				
<i>Lepadella</i> spp.	6	6	6	25					25		
<i>Asplanchna</i> spp.	6		13						25		25
<i>Mytilina</i> spec.	6		13							25	25
<i>Trichocera</i> spp.	6		13					25			25
<i>Chromogaster</i> spec.	3	6		25							
<i>Collurella</i> spec.	3	6		25							
<i>Asplanchnopus</i> spec.	3		6						25		
<i>Notommata</i> spec.	3		6					25			
<i>Pomphlox</i> spec.	3		6					25			
<i>Trichotria</i> spp.	3		6					25			
Molluska											
Veligerlarve	59	50	69	25	100	75			100	100	75
Nematoda											
Nematode spp.	38	31	44	50	50	25		50	50		75
Ciliata											
<i>Tintinnopsis</i> spp.	47	50	44	100	50	50		50	25	50	50
<i>Colpidium</i> spp.	22	25	19		50	50			50		25
<i>Strombidium</i> spp.	13	19	6	75				25			
Rhizopoda											
<i>Arcella</i> spp.	31	25	38	75		25		25	25	50	50
<i>Diffugia</i> spec.	25	31	19	75	25	25		25	50		
<i>Centropyxis</i> spp.	22	44		100	25	50					
Testacea spec.	9	13	6		25	25					25
Tardigrada											
Tardigrada spec.	19	19	19		25	25	25		50		25
Acarina											
Prostigmata spec.	3	6		25							

75,1 – 100 %
50,1 – 75 %
25,1 – 50 %
0 – 25 %

3.3.3 Dominanz

Die Tabelle 6 zur Dominanz beschreibt hier ebenso wie die Präsenz in Kapitel 3.3.2 einen Vergleich der Ströme („HS gesamt“ und „RN gesamt“ mit jeweils 16 Proben) sowie über den gesamten Probennahmezeitraum („HS + RN gesamt“ mit 48 Proben).

Hier zeigt sich, dass sich die Gemeinschaft an jedem Tag durch - im Verhältnis zur Gesamttaxazahl - wenige eudominate und dominante Taxa beschreiben lässt. Es kommen jeweils maximal drei bis vier eudominante zusammen mit maximal zwei dominanten Taxa vor. Die meisten Taxa, insbesondere unter der vielfältigen Klasse der Rotatorien, treten nur mit wenigen Individuen auf.

Die höchsten Dominanzen erreichen die Nauplien der calanoiden Copepoden, sowie *Keratella cochlearis*, die den größten Anteil an den Keratellen stellt. Die Veligerlarven, die über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen mit 20 % das dritte eudominante Taxon stellen, haben im Juni ein deutliches Maximum. Die Protisten treten mit jeweils einem Taxon zu Beginn der Untersuchung am 14.5. hervor.

3 Ergebnisse

Tab. 6: Vergleich der Dominanz der Taxa in den Strömen im zeitlichen Verlauf. HS = Hauptstrom, RN = Rechter Nebenarm

Dominanz											
Tide	Hochwasser										
				HS				RN			
Strom	HS + RN	HS	RN								
Probenahmetag	gesamt	gesamt	gesamt	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.
Crustacea											
Nauplius (calanoide Copepoden)	23,1	23,3	23	25,1	18,2	10,6	37,9	53,5	9,5	21,6	36,8
Calanoida spp. (calanoide Copepoden)	1,8	3,4	0,7	0,2	8,9	0,6	3,6	0,5	0,2	1	1,5
<i>Eurytemora</i> spp. (calanoide Copepoden)	1,6	3,6	0,3	0,5	10,6	0,4	2,8	1		0,1	0,8
<i>Bosmina</i> spp. (Phyllozoa)	0,3	0,5	0,1	0,9			0,9	1			
Ostracoda spp.	0,2	0,4	0,1		0,8		0,9	0,5			
Cladocera spec. (Phyllozoa)	0,1	0,2	0,1				0,9	0,5			
Harpacticoida spp. (harpacticoid Copepoden)		0,1		0,1		0,1		0,1			0,1
Cyclopoida spp. (cyclopoide Copepoden)								0,1			
Rotatoria											
<i>Keratella</i> spp.	26,9	30,5	24,5	10,6	32,1	40,1	41,3	13,4	32,6	26	6,4
<i>Synchaeta</i> spp.	6,7	0,3	10,9		0,4	1,1			23,1	1,8	15,5
<i>Brachionus</i> spp.	3,4	2,9	3,7	6,9	0,8	3,2	0,4	9	1,3	3,9	4,8
<i>Polyarthra</i> spp.	2,5	2,3	2,7	3,1	0,8		5,1	1,8	2	0,9	11,5
<i>Lecane</i> spp.	1,2	1,5	1			1,3	4,7		1,9		2,7
<i>Notholca</i> spp.	0,8	1,8	0,2	6,9				1,6			
<i>Kellicottia</i> spec.	0,2	0,5	0,1	0,4	0,4	1,5		0,5			
<i>Asplanchna</i> spp.	0,2		0,4						0,4		2,1
<i>Mytilina</i> spec.	0,2		0,4							0,8	0,5
<i>Filina</i> spp.	0,2	0,2	0,1		0,8						1,1
<i>Lepadella</i> spp.	0,1	0,1	0,2	0,4					0,4		
<i>Trichocera</i> spp.	0,1		0,2					1			0,5
<i>Collurella</i> spec.	0,1	0,2		0,9							
<i>Asplanchnopus</i> spec.	0,1		0,2						0,4		
<i>Platyas</i> spp.	0,1	0,2				0,4	0,4				
<i>Chromogaster</i> spec.		0,1		0,4							
<i>Notommata</i> spec.			0,1					0,5			
<i>Pomphlox</i> spec.			0,1					0,5			
<i>Trichotria</i> spp.			0,1					0,5			
Molluska											
Veligerlarve	20	10,9	26	0,4	14,5	31,9			23,1	42,5	5,6
Rhizopoda											
<i>Diffugia</i> spec.	1,7	3,6	0,5	11,7	1,5	0,4		2,1	0,6		
<i>Centropyxis</i> spp.	1,1	2,7		7,6	1,1	1,5					
<i>Arcella</i> spp.	0,8	0,8	0,8	1,6		1,7		1,6	0,2	0,7	1,9
Testacea spec.	0,4	0,6	0,2		1,5	1,1					1,6
Ciliata											
<i>Tintinnopsis</i> spp.	3,1	6,3	0,9	18,9	4,2	0,9		3,9	0,4	0,5	1,1
<i>Colpidium</i> spp.	0,5	0,5	0,5		1,1	0,9			0,8		1,6
<i>Strombidium</i> spp.	0,4	0,4	0,4	1,6				3,1			
Nematoda											
Nematoda spp.	1,4	1,1	1,5	1,6	1,5	1,1		3,4	2,2		2,9
Tardigrada											
Tardigrada spec.	0,5	0,7	0,3		0,8	1,1	0,9		0,6		1,1
Acarina											
Prostigmata spec.		0,1		0,4							

> 10,1 %	eudominantes Taxon
5,1 – 10,0 %	dominantes Taxon
2,1 – 5,0 %	subdominantes Taxon
1,1 – 2,0 %	rezedentes Taxon
< 1,0	subrezedentes Taxon

3.3.4 Multivariate Analyse

3.3.4.1 Hauptkomponentenanalyse

Die Hauptkomponentenanalyse (PCA) in Abbildung 14 beschreibt die Distanzen der Tierabundanzen in ihrer Verteilung über den gesamten Probenahmezeitraum hinweg. Die Standorte und Tage ergeben sich aus den laufenden Nummern, eine Liste befindet sich im Anhang C. Der Übersichtlichkeit halber wurden die Benennungen der Taxa im Diagramm gekürzt, „spp.“ und „spec.“ entfallen hier. Die als Tychoplanktoner identifizierten Nematoden und harpacticoiden Copepoden wurden aus der Analyse ausgeschlossen, ebenso wie Taxa, die nur ein einziges Mal nachgewiesen wurden. Das Auftreten dieser Taxa ist als zufällig zu bewerten und ermöglicht keine Erklärbarkeit in dem nachfolgenden Rechenmodell. Die Rechenprotokolle der multivariaten Analyse befinden sich im Anhang C.

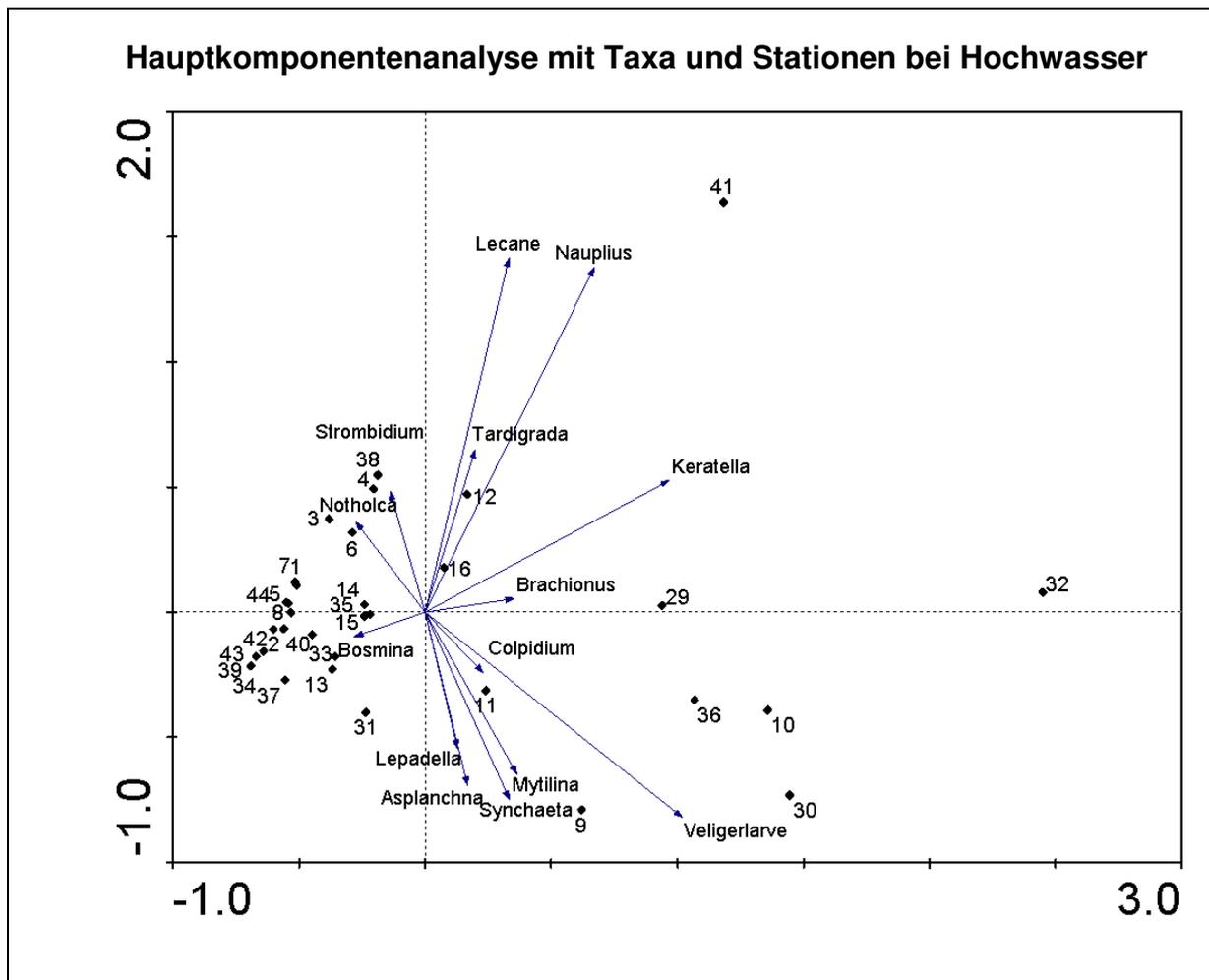


Abb. 14: Hauptkomponentenanalyse der Taxaverteilung auf die Stationen im Jahresverlauf.

Das ermittelte Modell enthält zwei Achsen. Das Zentrum wird durch die Mittelwerte aller Artdaten gebildet. Der wichtigste Faktor fällt mit der größten Ausdehnung der Punktwolke (= größte Varianz) zusammen. Das Eigenvalue der ersten Achse liegt hier bei 0,589 (horizontale Achse). Die zweite Hauptkomponente liegt orthogonal dazu, auf der y - Achse (MÜHLENBERG 1993), das Eigenvalue von 0,185 ist hier im Gegensatz zur ersten Achse nur noch relativ klein.

Die Abbildung 14 zeigt, dass im Modell die meisten Stationen auf der linken Seite, die meisten Taxa auf der rechten Seite der zweiten Achse angelegt wurden. Die Länge der ersten Achse wird bestimmt durch die Distanz zwischen den Stationen. Sie reicht von Station 3 und 6 am 4.8. (Code 39/34) bis Station 4 am 30.6. (Code 32). Die Achse orientiert sich an der Gesamttierdichte. Station 4 weist am 30.6. mit 1087 Ind./l die höchste Tierdichte im Rahmen der gesamten Untersuchung auf. Die Verteilung der Stationen deutet insgesamt eine saisonale Entwicklung im Uhrzeigersinn von Quadrant I (links oben) bis Quadrant IV (links unten) an. Im ersten Quadranten sind die meisten Stationen des 14.5. angeordnet. Im zweiten Quadranten folgen vor allem Stationen des 4.6., gefolgt vom dritten Quadranten mit Stationen sowohl vom 4.6. als auch vom 30.6. Im vierten Quadranten sind die meisten Stationen des 30.6. und 4.8. Die Position der Stationen ergibt sich aus der Gesamtheit aller Taxa mit ihren Abundanz, daher entstehen die Anordnungen aus einer Kombination der abgebildeten (Erklärungssicherheit in diesem Modell mind. 5 %) und der nicht abgebildeten Taxa (geringere Erklärungssicherheit).

Die Taxa Veligerlarve, *Keratella* und Nauplius sind durch die längsten Vektoren im Diagramm gekennzeichnet. Sie weisen die höchsten Abundanz mit gleichzeitig den größten Differenzen zwischen maximaler und minimaler Abundanz auf. Die Winkel zwischen den Vektoren der Taxa ergeben deren Korrelationskoeffizient. So begründet sich die Nähe der Veligerlarve zu *Colpidium* durch eindeutig saisonales Auftreten, ebenso wie bei *Notholca* und *Strombidium*.

3.3.4.2 Redundanzanalyse

In der Redundanzanalyse (RDA) in Abbildung 15 wurde, wie auch in der PCA, die Taxabeschreibungen gekürzt. Die Beschreibung E.spp. erklärt die Gattung *Eurytemora*. Die Taxa-Gruppe *Notommata* bis Cladocera wurde manuell durch Nachbearbeitung links der zweiten Achse positioniert. Im Modell lagen diese Taxa visuell nicht unterscheidbar auf den beiden Vektoren zwischen Nauplius und Strombidium.

Hier werden die Verteilung der Taxa und der Stationen im Zusammenhang mit den Umweltdaten sowie den eingeführten Faktoren beschrieben. Der Mittelpunkt des Modells wird gebildet durch die Mittelwerte aller Umweltdaten. Die abgebildeten Faktoren haben in dem Modell signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Arten. Der Faktor „Tag“ beschreibt die Saisonalität, er hat den größten Einfluss auf die Artengemeinschaft. Der Eigenwert von 0,312 beschreibt dessen hohe Relevanz. Der Test auf Signifikanz des Faktors ergab ein P-value von 0,008, womit er als höchst signifikant einzuordnen ist. Das errechnete Modell erklärt die Gemeinschaftsstruktur der Tiere am besten anhand des Jahresverlaufes. Die zweitwichtigste Komponente stellt der Faktor zum Habitat. Die Zooplanktongemeinschaft lässt sich ebenfalls signifikant über die Verteilung auf die Gewässer, hier dargestellt durch „HS“ (Hauptstrom) und „RN“ (Rechten Nebenarm), erklären. Der Eigenwert beträgt 0,024, die Signifikanz liegt für beide Faktoren jeweils bei 0,012 und ist damit signifikant.

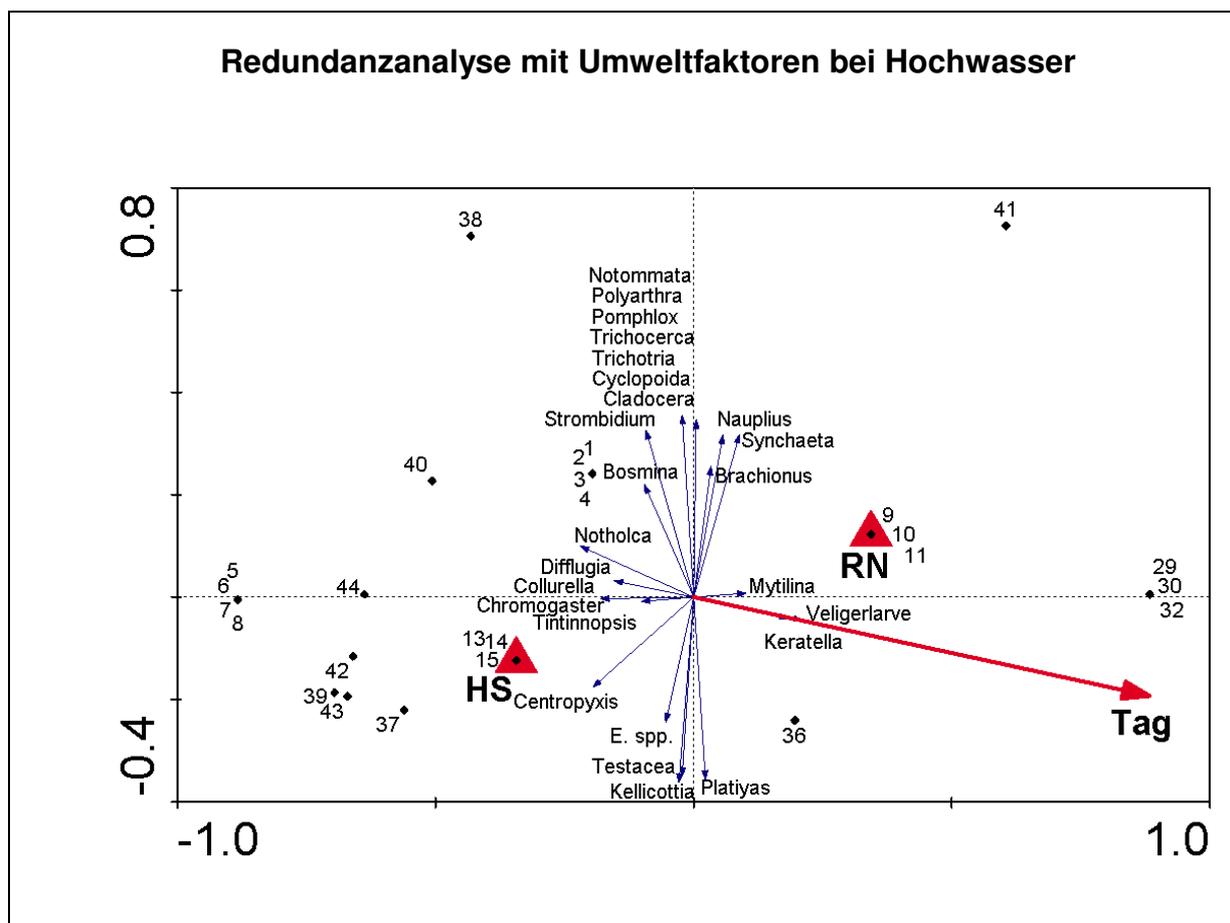


Abb. 15: Redundanzanalyse - inklusive der Umweltdaten - über den Jahresverlauf während Hochwasser, HS = Hauptstrom, RN = Rechter Nebenarm.

Die Stationen der ersten drei Tage sortieren sich auf der Tagachse von links (14.5.)

nach rechts (30.6.). Die Anordnung der ersten drei Untersuchungstage verläuft auf oder parallel zur Geraden durch „HS“ und „RN“. Am 30.6. fallen die Hauptstromstationen aus dem Modell. Der 4.8. stellt dann im Ganzen eine Ausnahme dar. Die Stationen reihen sich nicht entsprechend der vorangegangenen Probenahmetage in die saisonale Entwicklung ein. Die meisten Stationen des vierten Tages sind zwischen den Stationen des ersten und zweiten Tages in der Abbildung, oder am Rand wie Station 2 am 4.8. (Code 38) oder Station 4 am 4.8. (Code 41). Nicht im Diagramm enthalten ist der Standortfaktor („ufernah“, „uferfern“), er zeigt, ebenso wie die Messdaten der Abiotik, keine Signifikanz.

Taxa mit hohen Individuendichten und deutlicher Präferenz für den Rechten Nebenarm sind rechts der zweiten Achse angeordnet. Links davon sind Taxa wie Testacea, *Eurytemora* (E. spp.), *Notholca* mit gehäuftem oder sogar ausschließlichem Auftreten im Hauptstrom.

3.3.5 Diversität und Artengemeinschaft

Die Tabelle 7 zeigt den Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm anhand des Shannon-Weaver-Diversitätsindex und der Eveness. Die Werte zur Erfassung der Artengemeinschaft wurden für jeden Tag einzeln mit der Summe der Stationen je Strom berechnet.

Tab. 7: Vergleich der 42 Taxa in Hauptstrom und Rechtem Nebenarm anhand des Shannon-Weaver-Index und der Eveness. UW = Unterweser, HS = Hauptstrom, RN = Rechter Nebenarm

Strom	UW	HS	RN	HS				RN			
	ges	ges	ges	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.
Shannon	2,2	2,3	2,0	2,3	2,1	1,7	1,5	1,8	1,8	1,4	2,2
Eveness	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7

Der Shannon-Weaver-Diversitätsindex ist im Jahresverlauf im Rechten Nebenarm durchgehend geringer als im Hauptstrom. Über die ersten drei Tage verläuft der Trend abwärts nahezu parallel. Am 4.8. erreicht er dann im Hauptstrom mit 1,5 sein Minimum, hingegen im Rechten Nebenarm steigt er auf ein für das Untersuchungsgebiet sehr hohes Niveau an.

Die Werte der Eveness sind sich sehr ähnlich (0,6 - 0,7), doch auch hier dreht sich das Verhältnis zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm am 4.8. um, nachdem

es im Rechten Nebenarm an den vorangegangenen Untersuchungstagen konstant bei 0,6 lag.

Anhand des Sørensen-Quotient und der Renkonen-Zahl in Tabelle 8 wird die Ähnlichkeit der Ströme ermittelt.

Tab. 8: Sørensen-Quotient (QS) und Renkonen-Zahl (RE) für die Probennahmezeit im Hauptstrom = HS und Rechtem Nebenarm = RN

Strom	HS + RN				
Zeit	ges	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.
Sørensen-Quotient [%]	81	70	72	60	50
Renkonen-Zahl [%]	0,8	0,6	0,7	0,9	0,5

Der Sørensen-Quotient beschreibt die Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung am 14.5. und 4.6. als relativ hoch. Sie nimmt dann ab und erreicht am 4.8. mit 50 % die geringste Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung zwischen den Strömen. Auch die Renkonen-Zahl beschreibt am 4.8. die geringste Übereinstimmung zwischen den Strömen, allerdings beschreiben die Werte vom 14.5. bis zum 30.6. zunächst einen Anstieg. Die größte Ähnlichkeit in der Besiedlung der Wasserkörper von Hauptstrom und Rechtem Nebenarm zeigt sich am 30.6. mit über 90 %.

3.3.6 Größenverteilung ausgewählter Taxa auf die Gewässer

Wie Kapitel 3.3.2 bis 3.3.4 gezeigt haben, kommt wenigen Taxa konstant eine besondere Rolle in der Unterweser zu. Zu diesen Taxa gehören die Veligerlarve von *Dreissena polymorpha*, Naupliuslarven der calanoiden Copepoden und *Keratella cochlearis*. In diesem Kapitel werden beispielhaft die Größenverteilungen verglichen. Die statistische Prüfung ist im Einzelnen im Anhang D nachzuvollziehen. Zunächst wurden die Größen auf Normalverteilung geprüft. Da die Längen der Tiere allesamt nicht normalverteilt waren, wurden sie nachfolgend mit Mann und Whitney auf signifikante Unterschiede getestet.

3.3.6.1 Veligerlarve

Das gefundene Größenspektrum der Veligerlarven liegt zwischen 45 μm und 185 μm , wie die Abbildung 16 zeigt.

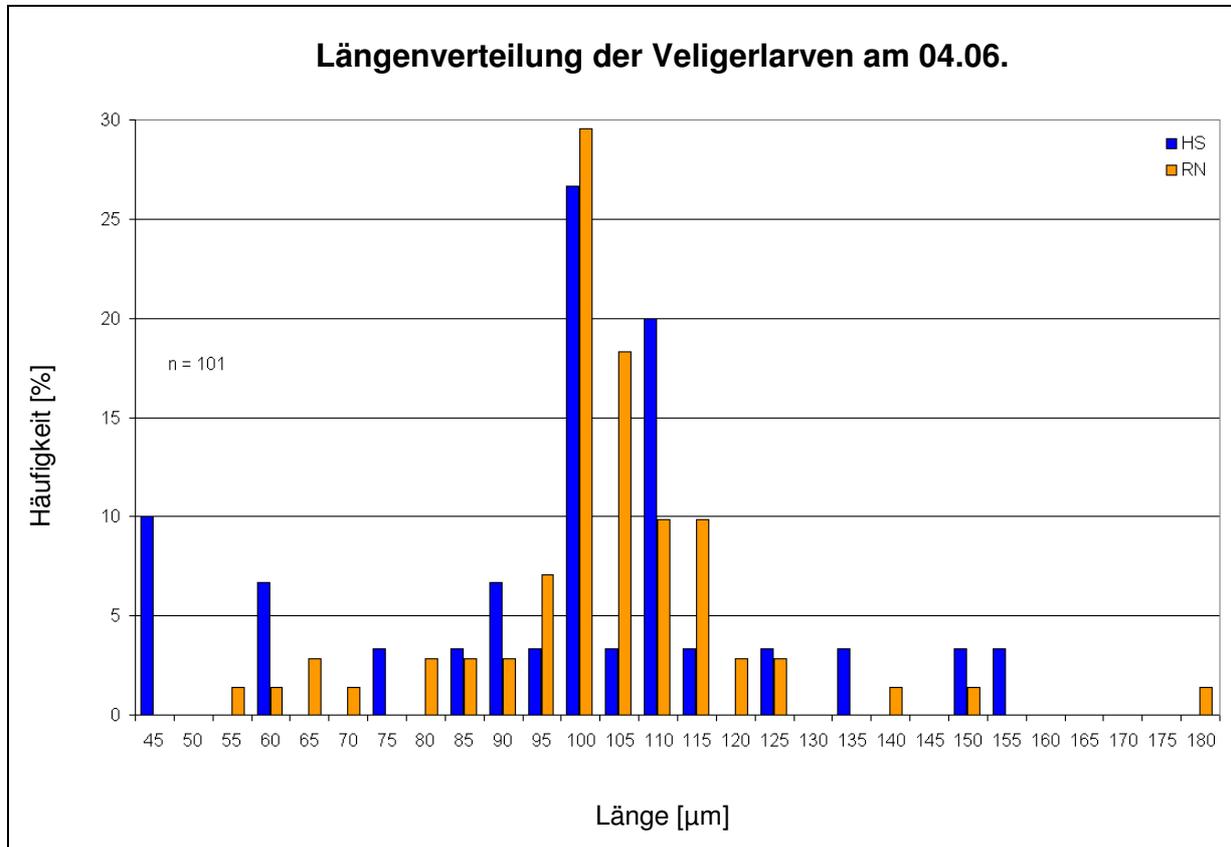


Abb. 16: Vergleich der Längen von Veligerlarven am 4.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

Am 4.6. kommen anteilig mehr kleinere Veligerlarven vor, am 30.6. dagegen ist der Durchschnitt größer als zuvor, wie in Abbildung 17 ersichtlich. Der Unterschied in den Größen zwischen den Probenahmetagen beschreibt allerdings nur einen Trend und ist nicht signifikant. Die Größenverteilung der Individuen auf die Ströme ergab ebenfalls an beiden Tagen keinen signifikanten Unterschied. Weiterhin sind hier tendenziell mehr Tiere im Hauptarm, wenn in beiden Strömen Tiere vertreten sind. Größere Tiere finden sich aber eher im Rechten Nebenarm. Hier kommen gleich große Tiere kaum oder gar nicht mehr vor.

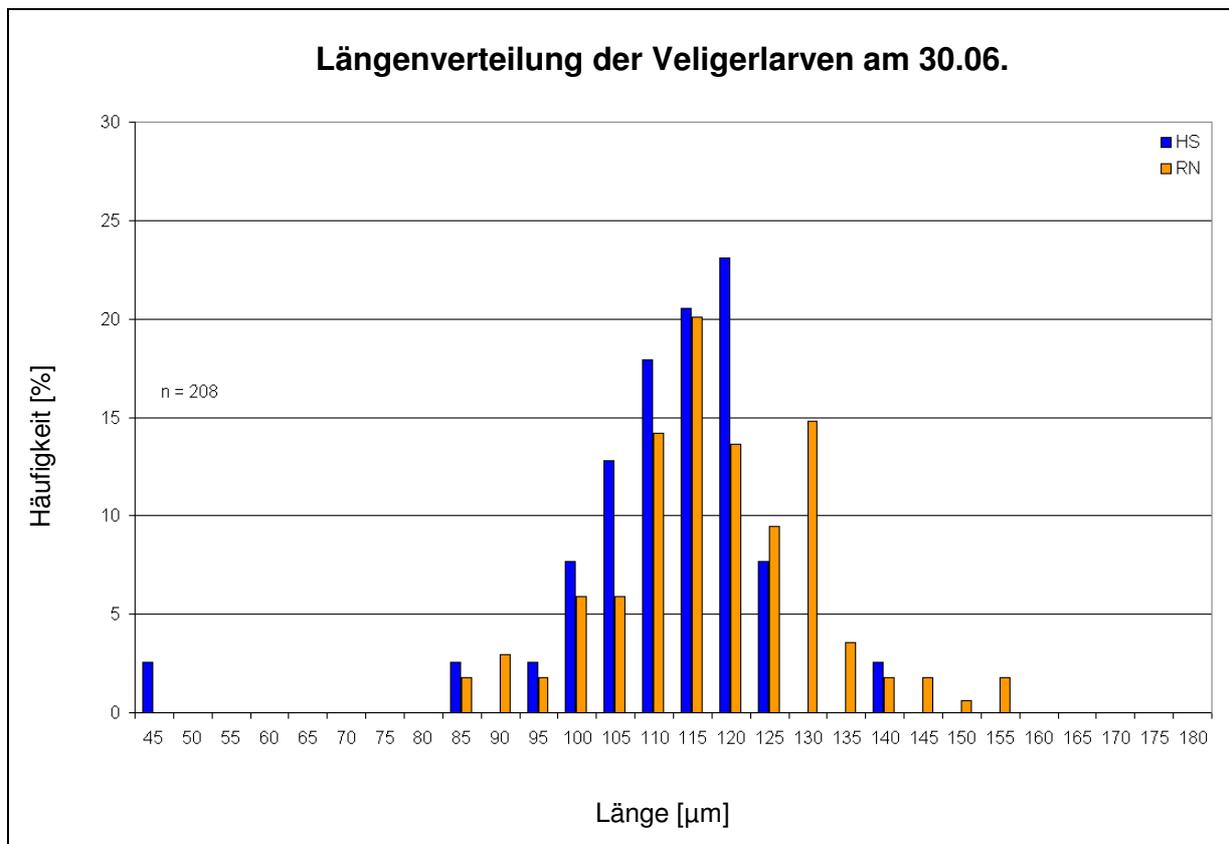


Abb. 17: Vergleich der Längen von Veligerlarven am 30.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

3.3.6.2 Naupliuslarven

Bei den Nauplien kommen während der Beprobung vom 4.6. ebenso vermehrt kleine als auch größere Exemplare vor, wie in Abbildung 18 dargestellt. Das Größenspektrum reicht von 60 μm bis 315 μm . Am 4.6. sind die Größen weit verteilt.

Der Unterschied bei der Längenverteilung zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm ist an beiden Tagen nicht signifikant. Gleiches gilt für den Unterschied der Größen vom 4.6. bis zum 30.6.

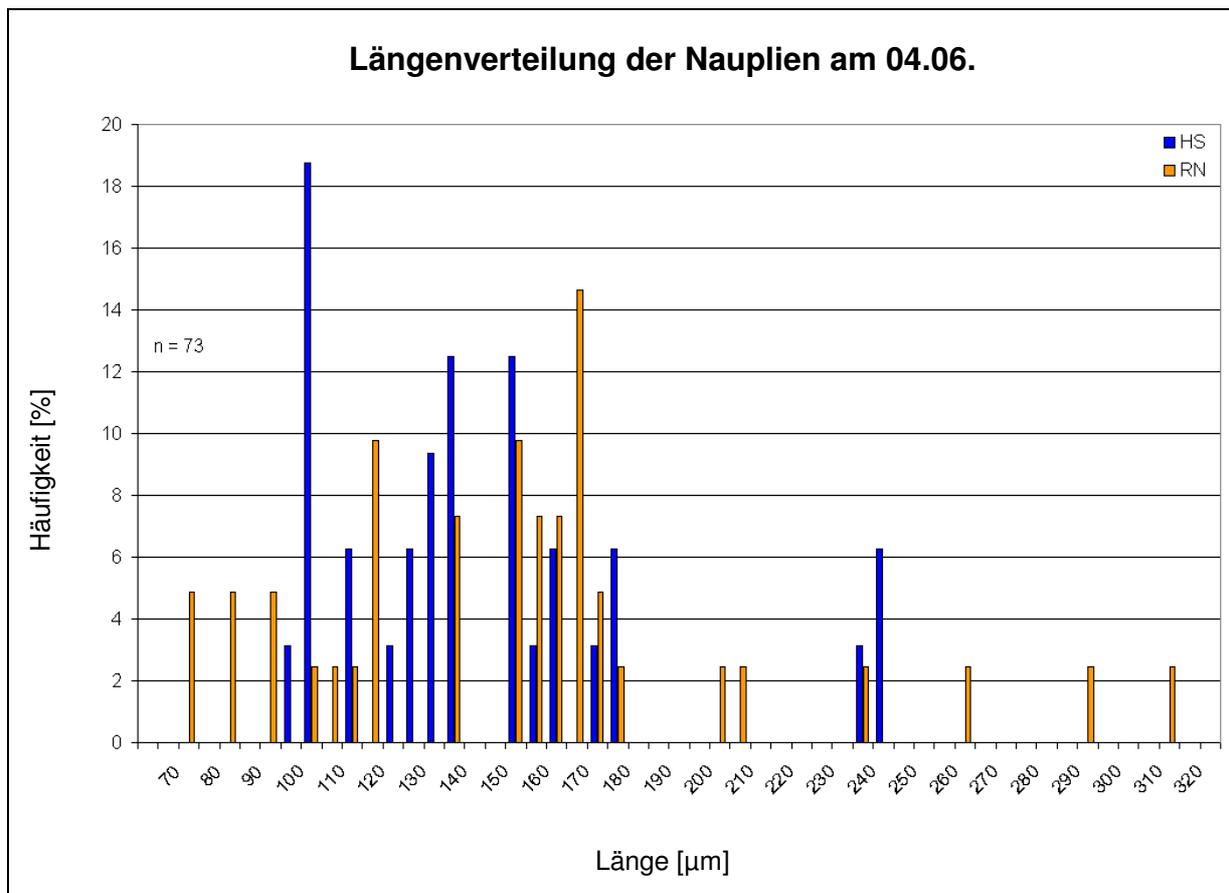


Abb. 18: Vergleich der Längen von Naupliuslarven am 4.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

Bei der Beprobung vom 30.6. kommen größere Tiere nur noch im Rechten Nebenarm vor, wie Abbildung 19 zeigt. Die häufigsten Größenfraktionen kommen fast ausschließlich im Hauptstrom vor. Anhand der Abbildung ist sind Kohorten der Nauplienstadien nicht ermittelbar.

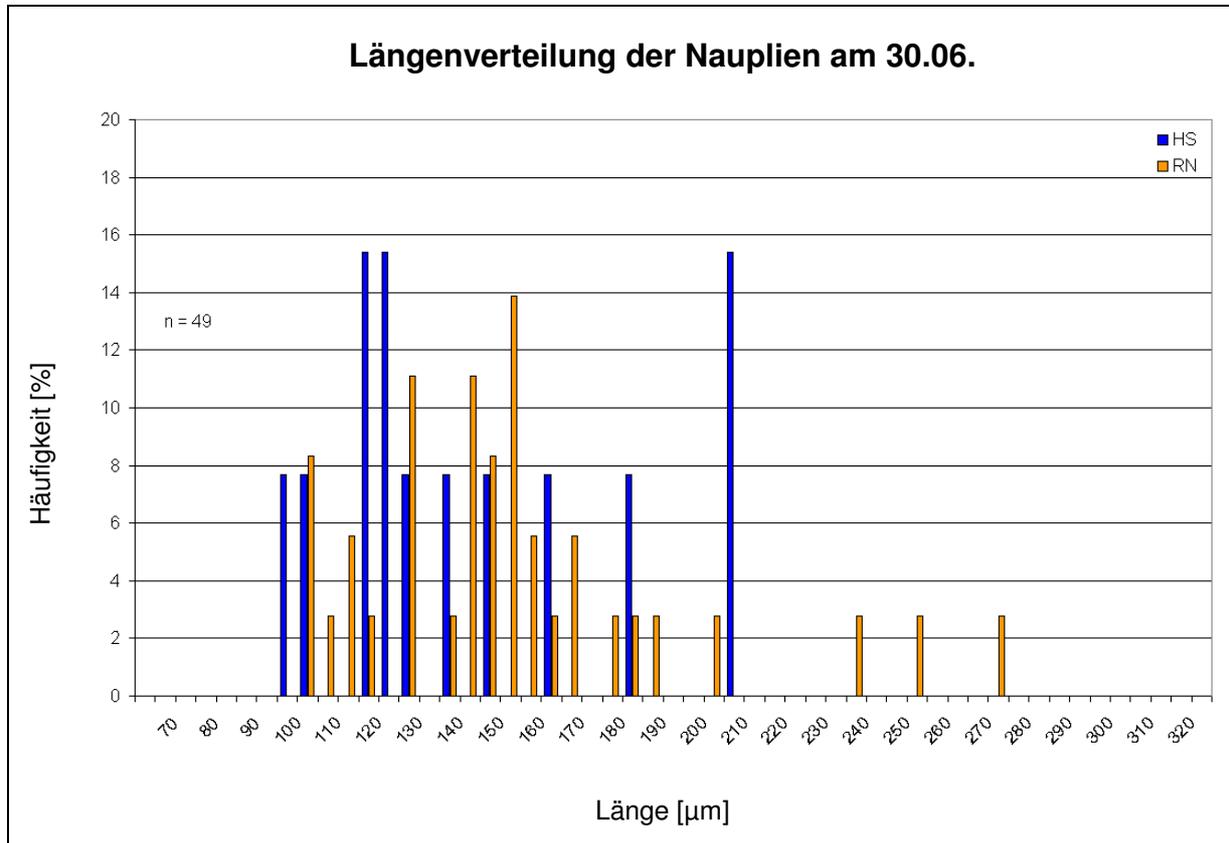


Abb. 19: Vergleich der Längen von Nauplien am 30.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

3.3.6.3 *Keratella cochlearis*

Die Art *Keratella cochlearis* stellt die meisten Tiere mit einer Größe zwischen 105 μm und 210 μm .

Am 4.6. wechseln sich die Strompräferenzen ab, kleinere Tiere treten eher im Hauptstrom auf, die größeren Tiere sind eher im Rechten Nebenarm anzutreffen (Abb. 20). Ab einer Länge von 140 μm ist allerdings eine Umkehrung zu beobachten, da Tiere in beiden Stromarmen auftreten. Der Unterschied ergibt jedoch keine signifikanten Präferenzen größerer oder kleinerer Tiere für den Hauptstrom oder den Rechten Nebenarm.

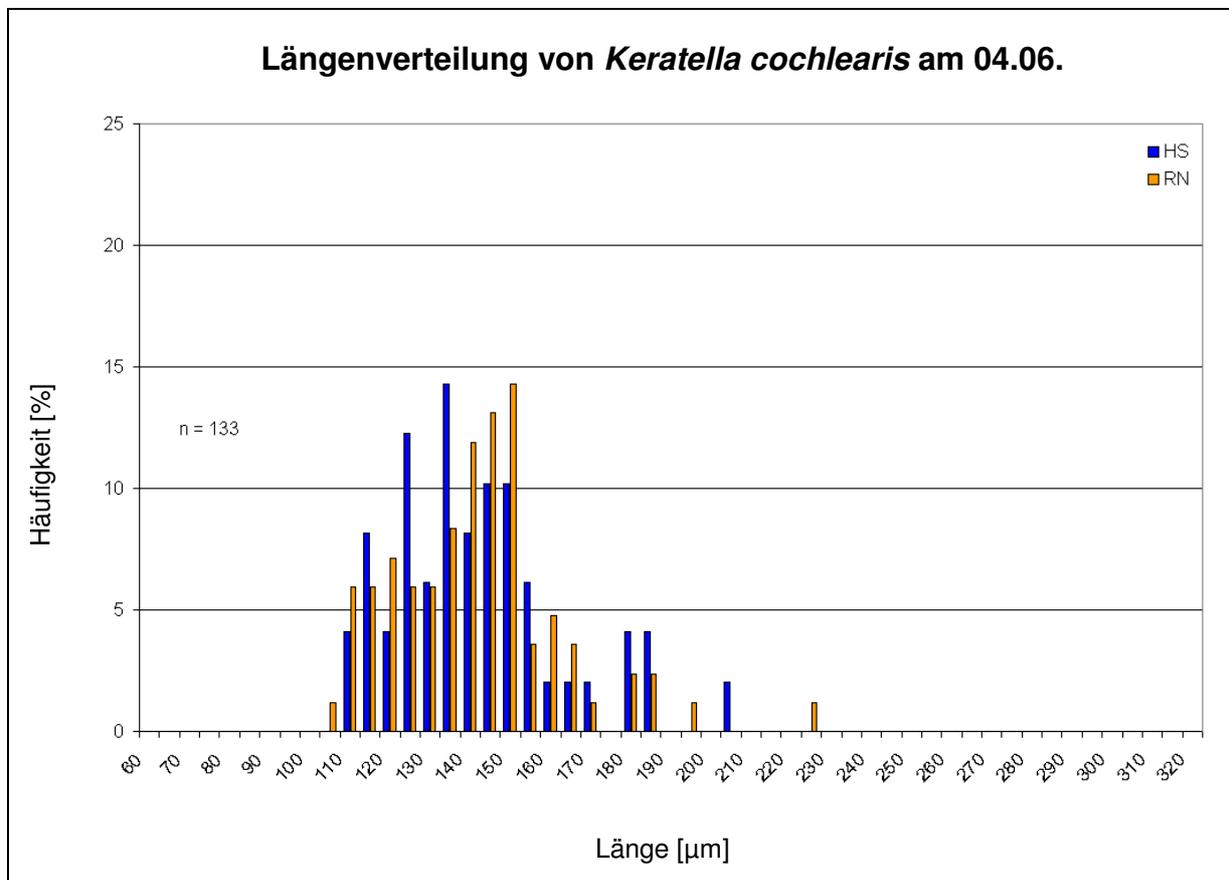


Abb. 20: Vergleich der Längen von *Keratella cochlearis* am 4.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

Abbildung 21 zeigt, dass am 30.6. der beschriebene Trend erhalten bleibt. Das Spektrum der Längenverteilung erscheint enger. Doch auch hier ergibt der Test nach Mann und Whitney keine signifikanten Unterschiede zwischen den Strömen oder dem jahreszeitlichen Verlauf.

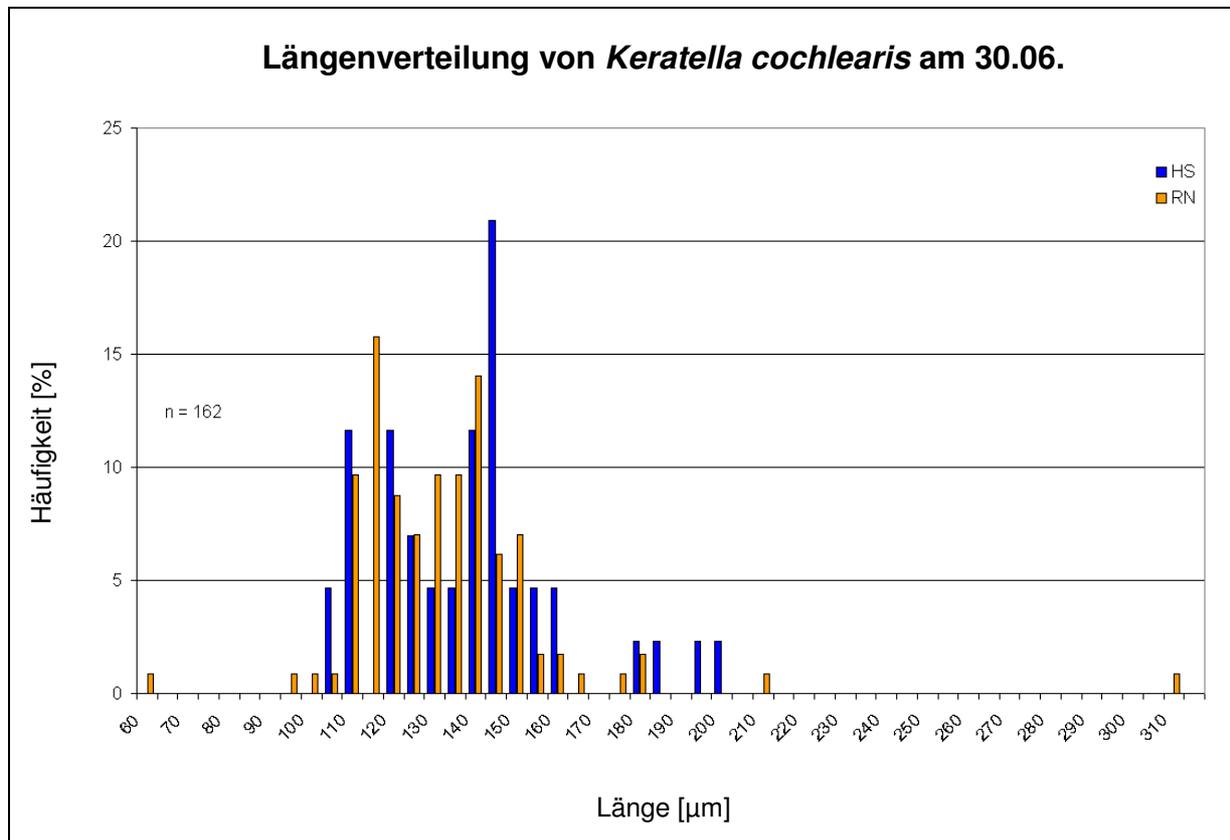


Abb. 21: Vergleich der Längen von *Keratella cochlearis* am 30.6. zwischen Hauptstrom (HS) und Rechtem Nebenarm (RN).

3.3.7 Zusammenfassung

Die Untersuchung beschreibt mit 72 identifizierten Taxa für das Untersuchungsgebiet eine für Ästuarien und Flussunterläufe vergleichsweise artenreiche Zooplanktongemeinschaft. Die Planktonzönose verändert sich erheblich unter dem Einfluss der Jahreszeiten, wie die Redundanzanalyse gezeigt hat. Diese Veränderung ist auch anhand der Diversität zum jeweiligen Untersuchungstag und der Verteilung der Dominanzverhältnisse abzulesen. Dabei wird die Artengemeinschaft maßgeblich von drei Taxa dominiert: *Keratella cochlearis*, Naupliuslarven und den Larven von *Dreissena polymorpha*. Die Redundanzanalyse ergab des Weiteren einen signifikanten

Unterschied zwischen den Gewässern anhand der Taxa und deren Häufigkeiten. Auch hier verändern sich die Gemeinschaften unter dem jahreszeitlichen Aspekt, so dass sich die Zooplanktonzönosen der Gewässer am 4.8. am unähnlichsten sind. Die Verteilung der Größenklassen der drei Haupttaxa spiegelt diesen Unterschied in der zeitlichen Abfolge durch Abwachsen oder durch die Verteilung auf die Ströme nicht wider, was einen Hinweis auf den hohen Grad der Durchmischung der Wasserkörper von Hauptstrom und Rechtem Nebenarm sein könnte.

3.4. Vergleich der Zooplankterverteilung bei verschiedenen Tiden

Nachdem in Kapitel 3.3 der Vergleich der Ströme bei Hochwasser erfolgt, wird in diesem Kapitel die Besiedlung bei Niedrigwasser im Vergleich zum Hochwasser betrachtet. Hier ist, wie in Kapitel 2.2 erläutert ausschließlich der Vergleich im Hauptstrom möglich. Die Probenahmetage sind je Tide zeitlich versetzt genommen worden. Dieser zeitliche Abstand ist beim Vergleich der Populationen und Tage zu beachten.

3.4.1 Häufigkeiten der Tiergruppen

Die Abbildung 22 zeigt die höchsten Tierdichten zu Beginn des Untersuchungszeitraums. Die Tiergemeinschaft wird deutlich durch die Ciliaten beeinflusst, die später von der Veligerlarve der Zebamuschel abgelöst werden. Über den gesamten Zeitraum ist der Einfluss der Rotatorien sehr hoch, sie stellen durchschnittlich ein Drittel bis zur Hälfte der Gemeinschaft. Weiterhin zeigen Crustaceen eine hohe Präsenz. Ihre Maxima wurden am 6.5. und am 4.8. verzeichnet.

Der Vergleich der Tiden zeigt im Jahresverlauf die Abundanzspitze der Ciliaten zu Beginn der Probennahme, die anschließend durch das abundante Auftreten der Veligerlarven abgelöst wird. Diese Beobachtung stützt die Vermutung aus Kapitel 3.3.1, dass die Gruppe der „Ciliata/Molluska indet.“ vom 14.5. einen beträchtlichen Anteil an kleinen Veligerlarven enthalten könnte. Die Hochwasserprobe vom 14.5. stellt ein Individuenmaximum mit 1007 Ind./l Tieren pro Liter. Das Minimum findet sich am 4.8. bei Niedrigwasser mit 40 Ind./l.

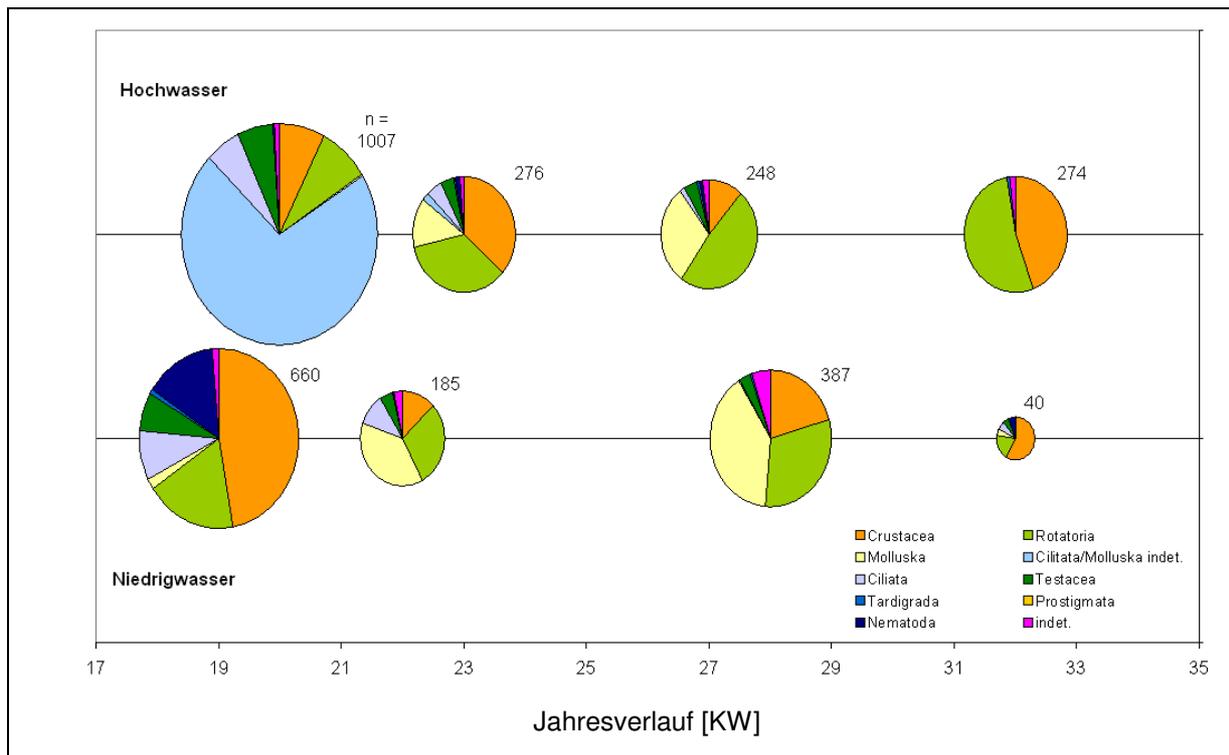


Abb. 22: Gemittelte Abundanzen [Ind./l] der großen Tiergruppen im Hauptstrom im Vergleich zwischen Hochwasser und Niedrigwasser im Jahresverlauf nach Kalenderwochen (KW).

3.4.2 Präsenz

Die Tabelle 9 zeigt, dass im Hauptstrom 36 Taxa nachgewiesen wurden. Von diesen sind neun ausschließlich bei Hochwasser im Hauptstrom nachzuweisen und sechs bei Niedrigwasser.

Die calanoiden Copepoden zusammen mit ihren Nauplien treten durchgehend häufig auf. Die harpacticoiden Copepoden kommen zusammen mit *Bosmina* spp. häufiger bei Niedrigwasser vor als bei Hochwasser. Unter den Rotatorien ist die Gattung *Keratella* fast überall nachzuweisen. *Synchaeten* sind vorwiegend bei Niedrigwasser im Wasser anzutreffen. Die Rhizopoden sind vorwiegend bei Hochwasser präsent. Die Ausnahme stellt hier die Gattung *Arcella*, sie ist am 6.7. durchgehend im Hauptstrom vertreten.

Die jahreszeitliche Entwicklung zeigt auch im Niedrigwasserkörper eine deutliche Abnahme der Taxaanzahl vom Beginn der Untersuchung bis zum 4.8.

3 Ergebnisse

Tab. 9: Vergleich der Präsenz der Taxa im zeitlichen Verlauf bei verschiedenen Tiden. HS = Hauptstrom, HW = Hochwasser, NW = Niedrigwasser

Präsenz											
Strom	Hauptstrom										
	Tide			HW				NW			
Probenahmetag	HW + NW gesamt	HW gesamt	NW gesamt	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Crustacea											
Nauplius (calanoide Copepoden)	94	94	94	100	100	75	100	100	75	100	100
<i>Eurytemora</i> spp. (calanoide Copepoden)	72	81	63	100	75	75	75	100	50	50	50
Calanoidea spp. (calanoide Copepoden)	63	56	69	50	75	25	75	75	75	75	50
Harpacticoida spp. (harpacticoiden Copepoden)	28	19	38	25		25	25	75	25	25	25
<i>Bosmina</i> spp. (Phyllozoa)	19	13	25	25			25	25		75	
Ostracoda spp.	6	13			25		25				
Cladocera spec. (Phyllozoa)	3	6					25				
<i>Daphnia</i> spec. (Phyllozoa)	3		6					25			
Rotatoria											
<i>Keratella</i> spp.	88	94	81	100	100	75	100	100	100	100	25
<i>Brachionus</i> spp.	59	50	69	100	25	50	25	75	25	100	75
<i>Polyarthra</i> spp.	34	44	25	75	25		75	50	25	25	
<i>Synchaeta</i> spp.	34	13	56		25	25		50	50	75	50
<i>Notholca</i> spp.	22	25	19	100				75			
<i>Kellicottia</i> spec.	13	25		25	25	50					
<i>Lecane</i> spp.	13	13	13			25	25	25	25		
<i>Platias</i> spp.	6	13				25	25				
<i>Filina</i> spp.	6	6	6		25			25			
<i>Epiphanes</i> spp.	6		13							50	
<i>Chromogaster</i> spec.	3	6		25							
<i>Collurella</i> spec.	3	6		25							
<i>Lepadella</i> spp.	3	6		25							
<i>Ascomorpha</i> spp.	3		6						25		
<i>Gastropus</i> spec.	3		6						25		
<i>Trichocera</i> spp.	3		6					25			
<i>Trichotria</i> spp.	3		6							25	
Molluska											
Veligerlarve	63	50	75	25	100	75		75	100	100	25
Ciliata											
<i>Tintinnopsis</i> spp.	38	50	25	100	50	50		50	25		25
<i>Colpidium</i> spp.	13	25			50	50					
<i>Strombidium</i> spp.	13	19	6	75						25	
Rhizopoda											
<i>Arcella</i> spp.	34	25	44	75		25		50		100	25
<i>Centropyxis</i> spp.	31	44	19	100	25	50			25	25	25
<i>Diffugia</i> spec.	25	31	19	75	25	25		50	25		
Testacea spec.	9	13	6		25	25		25			
Tardigrada											
Tardigrada spec.	19	19	19		25	25	25	25		50	
Nematoda											
Nematode spp.	28	31	25	50	50	25		50	25		25
Acarina											
Prostigmata spec.	3	6		25							

75,1 - 100 %
50,1 - 75 %
25,1 - 50 %
0 - 25 %

3.4.3 Dominanz

Die Tabelle 10 zeigt, dass sich im Jahresverlauf bei Niedrigwasser die Gemeinschaftszusammensetzung von vier eudominante Taxa am 6.5. bis auf zwei eudominate Taxa am 4.8., dann allerdings mit drei dominanten Taxa verändert. Am letzten Tag treten die Nauplien mit einer Dominanz von über 55 % hervor und *Keratella* sinkt einmalig auf ein subdominantes Niveau ab. Der Anteil der Ciliaten und auch der Nematoden fällt bei Niedrigwasser höher ins Gewicht. Mit dem Wasser erfolgt offenbar ein erhöhter Eintrag von *Keratella* und *Brachionus*, sowie von Nauplien, aus weiter flussaufwärts gelegenen Bereichen. Weitere eudominante Taxa anderer Stämme treten nur vereinzelt, aber häufiger bei Niedrigwasser als bei Hochwasser auf.

3 Ergebnisse

Tab. 10: Vergleich der Dominanz der Taxa im zeitlichen Verlauf bei verschiedenen Tiden. HS = Hauptstrom, HW = Hochwasser, NW = Niedrigwasser

Strom	Dominanz										
	HS										
	Tide			HW				NW			
Probenahmetag	gesamt	gesamt	gesamt	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Crustacea											
Nauplius	24,5	23,3	25,6	25,1	18,2	10,6	37,9	35,7	7,3	15,2	55,5
Calanoida spp.	3,1	3,4	2,8	0,2	8,9	0,6	3,6	3,3	3,5	1,8	1,7
<i>Eurytemora</i> spp.	2,8	3,6	2,1	0,5	10,6	0,4	2,8	2,2	4,4	0,8	2,6
<i>Bosmina</i> spp. (Phyllopoda)	0,7	0,5	0,8	0,9			0,9	0,2		2,4	
Ostracoda spp.	0,2	0,4			0,8		0,9				
Cladocera spec. (Phyllopoda)	0,1	0,2					0,9				
Harpacticoida spp. (harpacticoides Copepoden)	0,1	0,1	0,2	0,1		0,1		0,2	0,1	0,1	0,4
<i>Daphnia</i> spec. (Phyllopoda)			0,1					0,2			
Rotatoria											
<i>Keratella</i> spp.	22,7	30,5	15,7	10,6	32,1	40,1	41,3	12,3	13,1	23,8	2,4
<i>Brachionus</i> spp.	3,3	2,9	3,6	6,9	0,8	3,2	0,4	3	1,4	5	10,8
<i>Synchaeta</i> spp.	1,6	0,3	2,8		0,4	1,1		0,6	9,5	2,6	4,8
<i>Notholca</i> spp.	1,5	1,8	1,2	6,9				2,5			
<i>Polyarthra</i> spp.	1,4	2,3	0,6	3,1	0,8		5,1	0,8	0,5	0,3	
<i>Lecane</i> spp.	0,9	1,5	0,4			1,3	4,7	0,4	1,1		
<i>Filina</i> spp.	0,3	0,2	0,3		0,8			0,7			
<i>Kellicottia</i> spec.	0,3	0,5		0,4	0,4	1,5					
<i>Ascomorpha</i> spp.	0,2		0,4						2,7		
<i>Epiphanes</i> spp.	0,2		0,3							1	
<i>Collurella</i> spec.	0,1	0,2		0,9							
<i>Gastropus</i> spec.	0,1		0,2						1,4		
<i>Platyas</i> spp.	0,1	0,2				0,4	0,4				
<i>Chromogaster</i> spec.		0,1		0,4							
<i>Lepadella</i> spp.		0,1		0,4							
<i>Trichocera</i> spp.			0,1					0,2			
<i>Trichotria</i> spp.			0,1							0,3	
Ciliata											
Veligerlarve	16	10,9	20,6	0,4	14,5	31,9		2,2	38,4	42,6	4,8
Rhizopoda											
<i>Diffugia</i> spec.	3,2	3,6	2,8	11,7	1,5	0,4		5,2	1,1		
<i>Centropyxis</i> spp.	1,8	2,7	1	7,6	1,1	1,5			4,1	0,8	2,4
<i>Arcella</i> spp.	1,5	0,8	2	1,6		1,7		2,3		2,5	2,4
Testacea spec.	0,4	0,6	0,2		1,5	1,1		0,4			
Ciliata											
<i>Tintinnopsis</i> spp.	6,7	6,3	7	18,9	4,2	0,9		10,2	10,9		6
<i>Strombidium</i> spp.	0,3	0,4	0,1	1,6						0,3	
<i>Colpidium</i> spp.	0,2	0,5			1,1	0,9					
Nematoda											
Nematode spp.	5	1,1	8,5	1,6	1,5	1,1		16,5	0,5		6
Tardigrada											
Tardigrada spec.	0,6	0,7	0,6		0,8	1,1	0,9	0,9		0,6	
Acarina											
Prostigmata spec.		0,1		0,4							

> 10,1 %	eudominantes Taxon
5,1 - 10,0 %	dominantes Taxon
2,1 - 5,0 %	subdominantes Taxon
1,1 - 2,0 %	rezedentes Taxon
< 1,0	subrezedentes Taxon

3.4.4 Diversität und Artengemeinschaft

Die Diversität ist, wie Tabelle 11 zeigt, bei den Niedrigwasserprobenahmen - mit Ausnahme des 4.8. - geringer als zu den Hochwasserprobenahmen. Im Vergleich der Tiden unter dem fortschreitenden Jahresverlauf nimmt sie stetig ab. Ebenso nimmt die Eveness ab, sie ist zu Beginn des Probenahmezeitraumes höher und sinkt mit fortschreitender Zeit deutlich ab.

Tab.: 11: Vergleich der Taxa in Hauptstrom anhand des Shannon-Weaver-Index und der Eveness. HS = Hauptstrom, HW = Hochwasser, NW = Niedrigwasser

Tide	HW + NW	HW	NW	HW				NW			
Datum	ges	ges	ges	14.5.	4.6.	30.6.	4.8.	6.5.	27.5.	6.7.	4.8.
Shannon	2,26	2,19	2,28	2,26	2,06	1,72	1,47	2,11	2,05	1,70	1,66
Eveness	0,61	0,60	0,69	0,74	0,71	0,58	0,57	0,69	0,74	0,61	0,67

3.4.5 Zusammenfassung

Im generellen Vergleich der Tiden enthält der Wasserkörper am Harrier Sand bei Niedrigwasser in der Tendenz weniger Tiere als bei Hochwasser. Allerdings treten bei Niedrigwasser mehr Taxa in der Planktonzönose auf. Der Einfluss benthischer Organismen ist größer, wozu die Nematoden und die harpacticoiden Copepoden zu zählen sind. Neben *Eurytemora* gelangen erhöhte Anteile von *Synchaeta*, *Brachionus* und Protisten aus flussaufwärtigen Bereichen in das Untersuchungsgebiet. Wie auch der Vergleich der Ströme bei Hochwasser zeigt, nimmt die Diversität im Jahresverlauf bei Niedrigwasser ebenfalls deutlich ab.

4 Diskussion

In diesem Teil der Untersuchung wird die einleitende Fragestellung nach der besonderen Bedeutung der Flachwasserzone für das Mesozooplankton vertieft aufgegriffen und vor dem Hintergrund des Ergebnisteils diskutiert.

4.1 Methodendiskussion

Zunächst werden einleitend die ermittelten Ergebnisse aus der Probennahme und der taxonomischen Bearbeitung bezüglich ihrer Aussagekraft diskutiert.

4.1.1 Probennahme

Die Probennahmen erfolgten an den Standorten „ufernah“ bzw. „uferfern“ unterschiedlich, wurden in der Auswertung zur besseren Vergleichbarkeit aber gleich behandelt. Für beide Bereiche galt es, pelagische Plankter aufnehmen zu können.

Die uferfernen Probenpunkte wurden mit einem Trichternetz integriert aus zwei Metern Wassertiefe bis an die Oberfläche gezogen. Es ist davon auszugehen, dass sowohl im Hauptstrom als auch im Rechten Nebenarm keine Schichtung der Wasserkörper vorliegt. Die vorherrschenden Strömungsverhältnisse führen zu völliger Durchmischung des Wasserkörpers und erlauben lediglich zu den Kenterphasen lokale, instabile und gering ausgeprägte Schichtungsphänomene. Die Strömung erforderte eine zusätzliche Beschwerung des Netzes, um eine möglichst vertikale Holrichtung zu erreichen. In Ufernähe wurden die Proben aus ca. 0,5 m Tiefe geschöpft. Hierbei wurden verstärkt benthische Organismen mit eingeholt.

Die zwei Probennahmetechniken haben bei der Überprüfung in der Faktorenanalyse keine signifikanten Unterschiede bewirkt und können daher vernachlässigt werden.

Die Sondenparameter dienen der Orientierung, denn sie lassen aufgrund der kurzen Kampagnendauer und der im Sinne der Tidenrhythmik variierenden Probenahmetermine keine belastbare Auswertung zu.

4.1.2 Taxonomische Bearbeitung

Bei der taxonomischen Auswertung wurde ein geringes Unterprobenvolumen betrachtet, da die Detritus- und Schwebstofffracht die Bearbeitung erheblich beeinträchtigte. Auf Grund des hohen Arbeitsaufwands wurde jeweils nur eine der beiden ge-

wonnenen Parallelen ausgewertet. Für repräsentativere Mittelwerte wäre es erforderlich gewesen, deutlich mehr Unterproben zu untersuchen, was den Rahmen dieser Arbeit auf Grund der hohen Diversität der nachgewiesenen Zooplankter jedoch überstiegen hätte.

Die taxonomische Bearbeitung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden alle Proben unter dem Utermöhl-Umkehrmikroskop vollständig bestimmt und ausgezählt. In einem zweiten Schritt wurden die Copepoden neuer Unterproben unter dem Binokular ausgezählt, bestimmt und ausgemessen. Hierfür wurde eine größere Unterprobe gewählt, da die Copepodendichte in der Probenkampagne gering erschien. Nach beiden Methoden wurden die ausgezählten Tiere in Individuendichte pro Liter umgerechnet. Hierbei ist zu beachten, dass diese Werte einer großen Streuung unterliegen, die zum einen auf die Betrachtung von Unterproben zurückzuführen ist. Ein anderer wichtiger Grund liegt in der typisch geklumpten Verteilung planktischer Organismen (Patchiness).

4.2 Entwicklung der Zooplanktonzönose im Jahresverlauf

Die multivariate Analyse der erhobenen Daten hat ergeben, dass der Jahresverlauf den größten Einfluss auf die Zooplanktonzönose hat. Bezogen auf die verschiedenen Plankter spielen hier unterschiedliche Faktoren in die Abundanzentwicklung hinein. Diese Faktoren lassen sich nicht aus den Ergebnissen oder der multivariaten Analyse ablesen und werden daher im Folgenden diskutiert.

4.2.1 Entwicklungstrends der dominanten Taxa

Die Frühjahrsentwicklung der Planktonzönose zeigt sich in der Umwelt durch den Anstieg der Wassertemperatur und durch die Verlängerung der Sonneneinstrahlung am Tage. Die erhöhte Primärproduktion führt im Jahresgang zu einer erhöhten Sekundärproduktion. Konsumenten nutzen das Nahrungsangebot und vermehren sich, was im Frühjahr zu steigenden Individuendichten und höherer Biomasse der Biozönosen führt. Gleiches gilt auch für die Zooplanktonzönose der Unterweser. Mit der Jahresentwicklung nehmen am 4.6. und am 30.6. die Tierdichten der dominanten Taxa zu.

Die Analyse der Daten lässt hier jedoch keine Verbindungen ökologischer Wechselwirkungen erkennen. Die spezifische Entwicklung einzelner Taxa legt im Gegensatz zur multivariaten Analyse eine große Bedeutung der Umweltfaktoren als Einflussgrö-

Be auf die Tiergemeinschaft im Jahresverlauf nahe. Um einen Eindruck über die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Taxa im Untersuchungsgebiet zu bekommen, wird im Folgenden deren Entwicklung anhand der bedeutendsten Mesoplankter diskutiert. Dazu werden, wie in Tabelle 12 abgebildet, die drei Klassen Rotatoria, Crustacea und Bivalvia sowie die dominanten Protisten im Einzelnen besprochen.

Tab. 12: Dominante Taxa nach Abundanzklassen im Jahresverlauf, D = Dominanz [%]

	D	14.5.	04.06.	30.06.	04.08
Rotatoria	40				
<i>Keratella</i> spp.		■	■	■	■
<i>Synchaeta</i> spp.			■	■	■
<i>Brachionus</i> spp.		■		■	
<i>Polyarthra</i> spp.					■
<i>Notholca</i> spp.		■			
Crustacea	27				
Nauplien			■	■	■
Calanoida spp.			■		
<i>Eurytemora</i> spp.			■		
Molluska	20				
Veligerlarve			■	■	
Ciliata	4				
<i>Tintinnopsis</i> spp.		■			
Rhizopoda	3				
<i>Diffflugia</i> spp.		■			
<i>Centropyxis</i> spp.		■			

Die Rotatorien stellen den größten und mannigfaltigsten Anteil an der Zooplanktongemeinschaft und sind somit die wichtigsten Mesoplankter im Untersuchungsgebiet. Am abundantesten ist die Gattung *Keratella*. Sie wird hauptsächlich durch die ubiquitäre Art *Keratella cochlearis* vertreten, die über den gesamten Untersuchungszeitraum häufig und im Juni am häufigsten vorkommt.

Die weiteren Gattungen *Brachionus*, *Synchaeta*, *Notholca* und *Polyarthra* treten mit zeitlich unterschiedlichen Abundanzmaxima auf. Dabei zeigt die kaltstenotherme Gattung *Notholca* ein deutlich saisonales Auftreten, indem sie ausschließlich zum Ende des Frühjahres nachzuweisen ist. Das neuerliche Absinken der Wassertemperatur bringt der euryhalinen Gattung *Synchaeta* am 4.6. gegenüber den anderen Gattungen - abgesehen von *Keratella* - einen Vorteil.

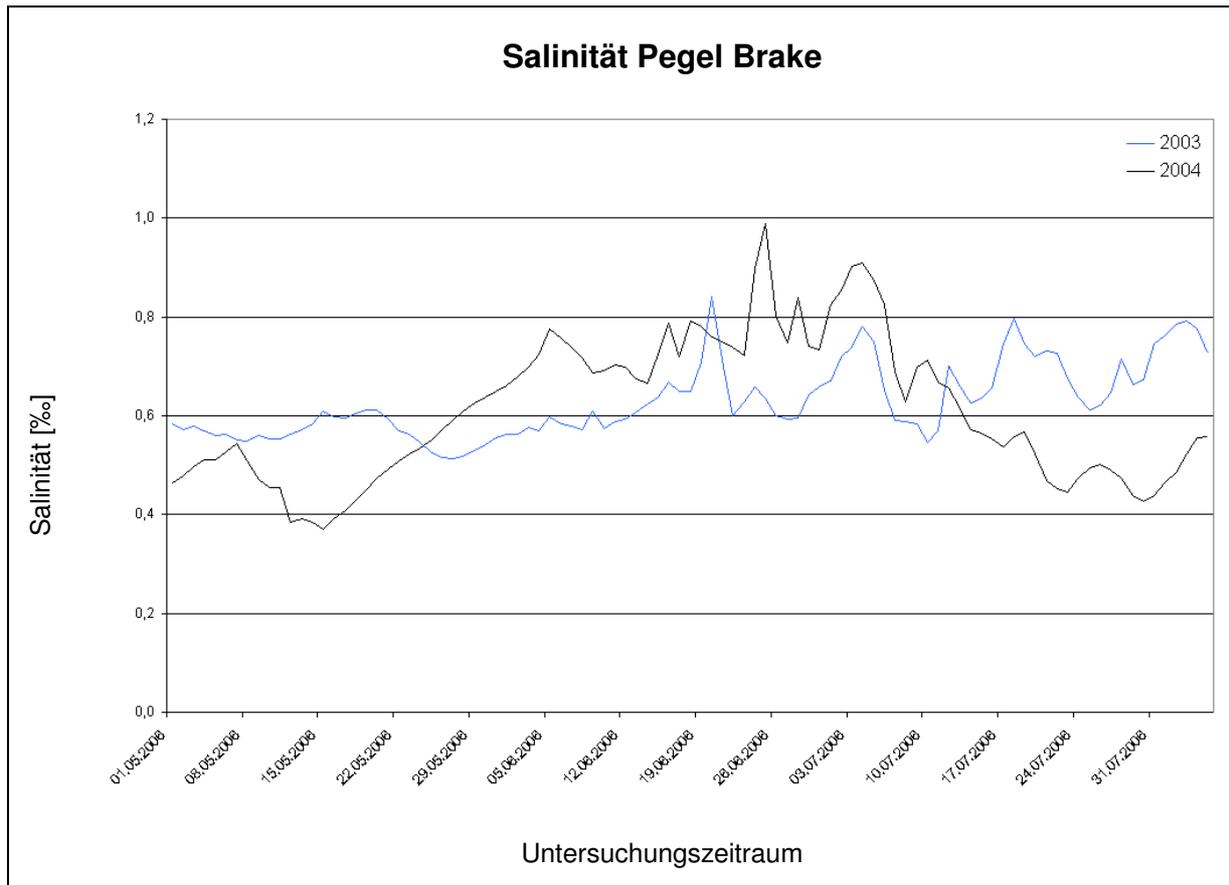


Abb. 23: Entwicklung der Salinität nach Tagesmittelwerten (TMW) 2002 und 2004 am Pegel Brake, Messungen des WSA Bremerhaven.

Die größere Populationsstärke am 4.6. gilt hier nicht als Folge veränderter Salinitäten (vgl. Abb. 23), sondern liegt, wie STELZER (1998) vermutet, an der besseren Anpassung an kältere Temperaturen. Dies könnte der entscheidende Unterschied sein, insbesondere, wenn man die drittbedeutsamste Gattung *Brachionus* betrachtet. Im Vergleich zu *Keratella* als abundanteste Gattung zeigt *Brachionus* ein schwankendes Auftreten mit eher geringeren Abundanzen. Sie ist hauptsächlich mit den drei Arten *B. urceolaris*, *B. calyciflorus* und *B. angularis* vertreten, die keinen Trend eines ökologischen Entwicklungsoptimums innerhalb der Untersuchung zeigen. Ebenso wie bei *Brachionus* ist auch bei *Polyarthra* der Populationszuwachs am 4.8., hier zusammen mit *Synchaeta* und *Keratella*, nicht anhand spezieller Einflussgrößen zu erklären.

Im Jahresverlauf bleibt allein *Keratella cochlearis* durchgehend die abundanteste Art, was ihre physiologische Robustheit als ubiquitäre Art unterstreicht. Alle anderen Gattungen zeigen kurzzeitige Abundanzmaxima, die in ihrer Gesamtheit ein Sommerabundanzmaximum für die gesamte Rotatorienzönose beschreiben.

Die Crustaceen stellen, mit den calanoiden Copepoden an der Spitze, die zweitwichtigste Klasse im Mesozooplankton. In der Untersuchung kommt erwartungsgemäß dem calanoiden Copepoden *Eurytemora affinis* eine bedeutende Rolle zu. Sie ist eine brackwasserendemische Art, der durch massenhaftes Auftreten in der Elbe und der Weser eine hohe Bedeutung als Sekundärproduzent zukommt (PEITSCH 1992, SOLTANPOUR-GARGARI & WELLERSHAUS 1985, FRIEDRICH 1960). Bezogen auf die Anteile von *E. affinis* im Zooplankton kann diese hohe Bedeutung für den Untersuchungszeitraum nicht bestätigt werden. An ihre Stelle treten in dieser Untersuchung die Rotatorien.

In dieser Untersuchung vereinen die Naupliuslarven der calanoiden Copepoden, im Gegensatz zu den juvenilen und adulten Copepodide, den größten Anteil auf sich, dennoch weisen sie geringere Anteile auf, als BODE und PUCK (1972) für die Unterweser festgestellt haben. Das lediglich einmalig erhöhte Auftreten der Copepodide am 4.6. sowie der tendenziell geringere Anteil offenbaren einen Unterschied zu den vorangegangenen Untersuchungen. Im Folgenden werden mögliche Gründe ausführlich dargestellt. Die Unterschiede der Nauplien zu den Copepodiden in der vorliegenden Arbeit liegen in ungleichen Habitatpräferenzen und speziellen Verhaltensanpassungen der verschiedenen Altersklassen. Die Copepodide sind im Gegensatz zu den Nauplien durch ihr Verhalten in der Lage sich in einem bestimmten Bereich im Ästuar zu halten (KÖPCKE 2002). Sie bevorzugen die obere Brackwassergrenze, die Nauplien treten hingegen durch Advektion flussabwärts gehäuft auf. Offenbar lag der Präferenzbereich dieser Art zum Zeitpunkt der Probenahmen nicht im Untersuchungsgebiet, sondern befand sich weiter flussaufwärts. SOLTANPOUR-GARGARI & WELLERSHAUS (1987) beschreiben hingegen ein weites Verbreitungsgebiet dieser euryhalinen Art für die Unterweser. KÖPCKE (2002) zeichnet die Hauptverbreitung von *Eurytemora affinis* in der Elbe und ihren Zuflüssen, wie für die aktuelle Untersuchung vermutet, ebenfalls im eher limnischen Bereich an der oberen Grenze des Ästuars.

Die Nauplien treten als wichtiger Bestandteil der Zoozönose während der ganzen Untersuchung auf. Dabei zeigt sich keine saisonale Entwicklung, da *Eurytemora affinis* trotz Abundanzmaxima im Frühjahr und im Herbst (März/April sowie ab September) das ganze Jahr über Eier trägt (KÖPCKE 2002).

Mit der hohen Mobilität der Copepodide sind die Abundanzabschätzungen hier als punktiert und daher eher zufällig einzuordnen. Allerdings sind die Abundanzen im

Untersuchungsjahr allgemein sehr gering, wie auch eine zeitgleiche Beprobung im selben Gebiet bestätigt (SCHÖL & KRINGS 2005). Da für die Unterweser ein höherer Nachweis von *Eurytemora affinis* zu erwarten gewesen wäre, kommen vermutlich verschiedene Faktoren zum Tragen. Hierzu gehören vor allem Fraßfeinde, auf die im nächsten Kapitel näher eingegangen wird. Einen starken Einfluss auf die Verteilung von *Eurytemora affinis* hat der Oberflächenabfluss (PEITSCH et al. 1990, AMBLER et al. 1985). Hier könnten erhöhte Abflussraten, die vor dem Untersuchungszeitraum auftraten, Auswirkungen gehabt haben, von denen sich die Populationen noch nicht wieder erholt haben könnten. So gab es im Februar 2004 einen überdurchschnittlich hohen Oberwasserabfluss (Pegel Intschede mit $600 \text{ m}^3/\text{sec}$, Quelle: http://www.fgg-weser.de/images/hydrologie/hydrologie_04.jpg, 12.8.2006), der zu einem erhöhten Abtransport der Nauplien und kleinen Copepodidstadien geführt haben könnte. Weiterhin zeigt Abbildung 24 einen überdurchschnittlichen Oberwasserabfluss der beiden vorangegangenen Jahre, 2002 und 2003, der sich durch den langen Reproduktionszyklus der Copepoden bis ins Untersuchungsjahr ausgewirkt haben könnte.

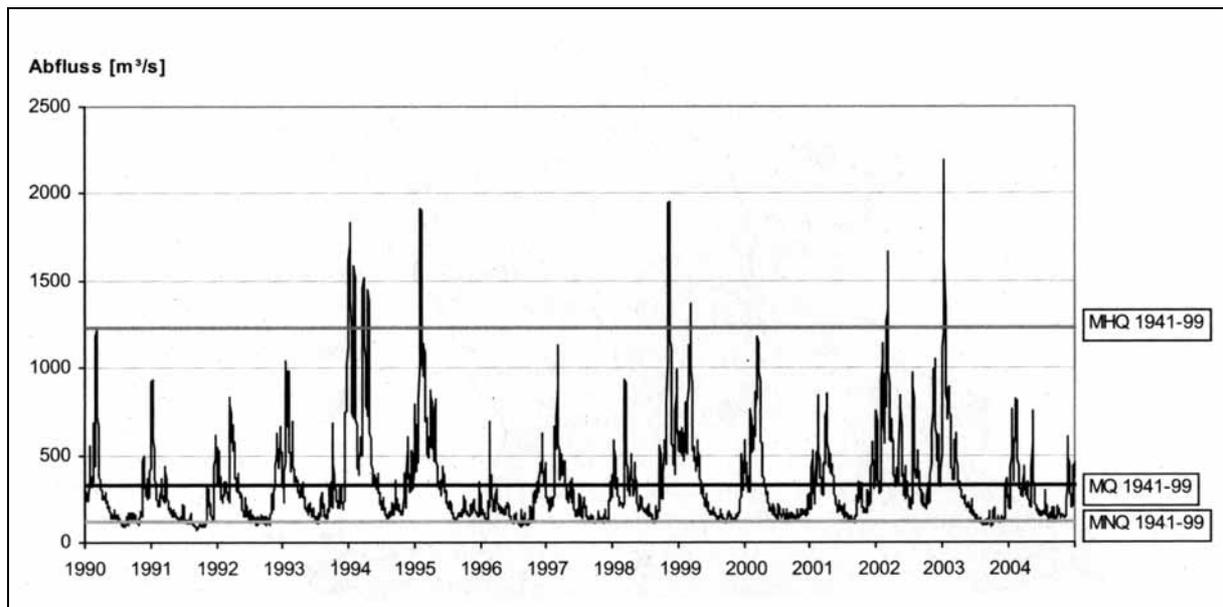


Abb. 24: Durchschnittliche Oberwasserabflussmengen am Pegel Intschede, Mittelweser nach FGG Weser 2005.

Die Folgen der hohen Abflüsse können starke Advektionen gewesen sein, womit neben den Larven sogar Copepodide in ungünstige Bereiche verdriftet worden sein können. Zudem verringert sich die Filtrierleistung der Copepoden bei erhöhten Abflussraten, was sich negativ auf die Reproduktion auswirkt, da sie stark von der Nah-

rungsmenge und -qualität abhängen. Durch den längeren Reproduktionszyklus der Copepoden ist hier eine explosionsartige Vermehrung, wie beispielsweise bei den Rotatorien, nicht möglich. Die Bestände beschreiben über den annulären Zyklus hinaus hier vermutlich azyklische Abundanzschwankungen zwischen den Jahren. So konnten im Mai 2005 bereits in Dredgenzügen wieder hohe Abundanzen im Untersuchungsgebiet erfasst werden (SCHIRMER & LANGE 2006).

Unter den *Bivalvia* findet sich in der vorliegenden Untersuchung nur ein planktischer Vertreter. Als Meroplankter ist dies die Veligerlarve der eingewanderten Zebrauschel *Dreissena polymorpha* (ORLOVA 2002). Die Larven zeigen ein deutlich an die Jahreszeit gekoppeltes Auftreten in der Unterweser. Die Entwicklung findet exakt im Temperaturoptimum (14 - 21 °C) statt (SPRUNG 1993), wie auch der Vergleich mit den Tagesmittelwerten während des Untersuchungszeitraumes in Abbildung 25 zeigt.

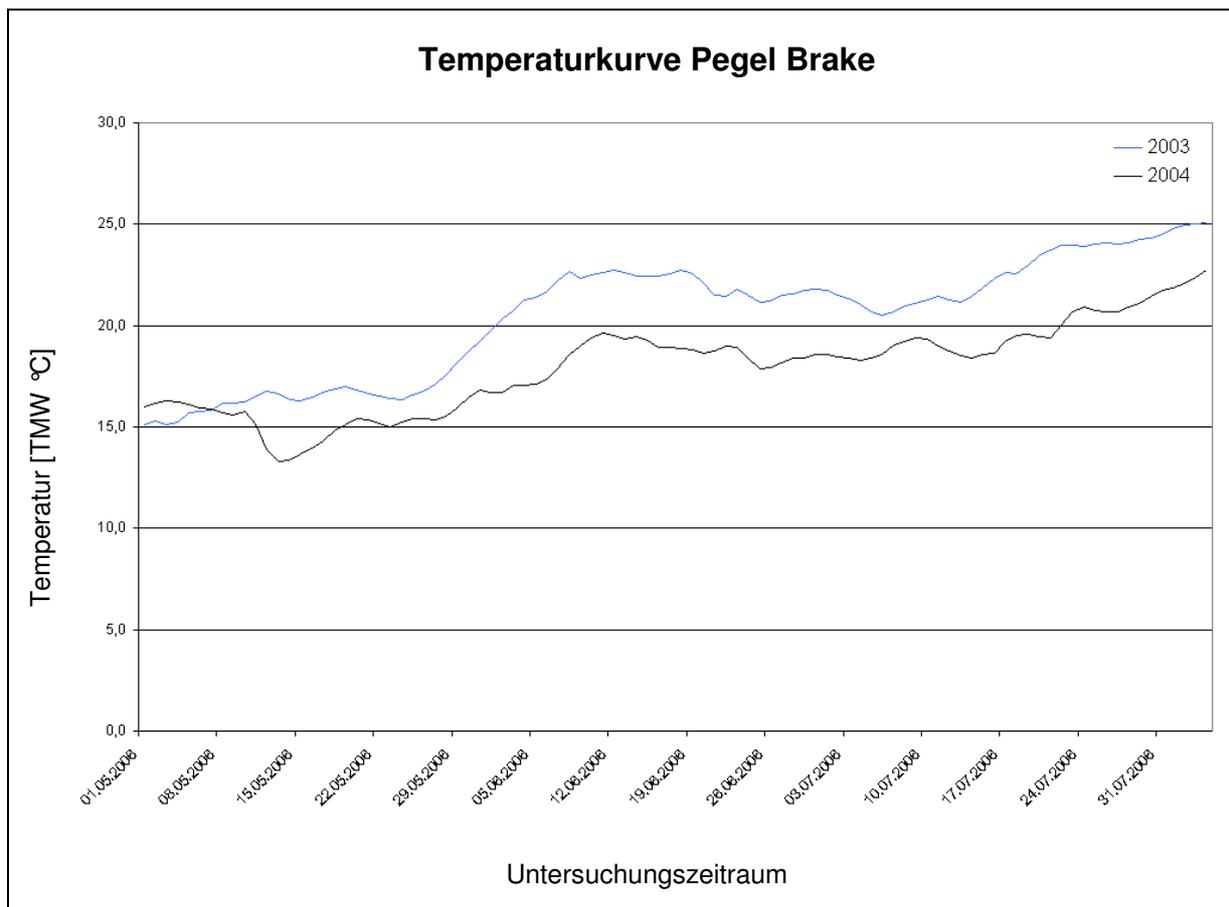


Abb. 25: Temperaturentwicklung nach Tagesmittelwerten (TMW) in den Jahren 2003 & 2004 am Pegel Brake, Messungen des WSA Bremerhaven.

Die Veliger sind ein dominanter Bestandteil der Zoozönose. DALL & HAMBURGER

(1996) beschreiben, dass ihr Auftreten vorübergehend einen Anteil bis zu 98 % der planktischen Biomasse stellen kann. Das Abundanzmaximum dieser Art stützt zusammen mit den hochabundanten Taxa *Keratella* und Nauplien den beschriebenen Abundanzanstieg im Sommer. Relativierend muss hier allerdings gesagt werden, dass die Art vorwiegend als Süßwasserart bekannt ist. Die adulten Dreissenen entlassen in einem Brutzyklus eine Million Larven. Diese verdriften in einem Entwicklungszeitraum von acht Tagen bis fünf Wochen, bis sie ein geeignetes Hartsubstrat zum Ansiedeln finden, um dann vom Pelagial zum Benthos des Gewässers zu wechseln. Das Auftreten der Larven ist insofern schwierig nachzuvollziehen, als die adulten Muscheln vermutlich generell auf Grund ihrer geringeren Salztoleranz nicht im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind (SPRUNG 1993). Vermutlich haben Verdriftungsvorgänge die Verlingerlarven aus flussaufwärtigen Regionen der Unterweser ins Untersuchungsgebiet eingetragen.

Unter den Protisten ordnet GROSPIETSCH (1972) die nachgewiesenen Rhizopoden ebenfalls zu den Meroplanktern mit einem benthopelagischen Lebenszyklus. Die Vielfalt der Protisten in der Unterweser ist wahrscheinlich auf Grund der Probennahmetechnik der vorliegenden Arbeit systematisch unterschätzt. Sie gehören überwiegend zum Mikroplankton und sind zudem größtenteils fragil.

Die Dichte der nachgewiesenen Protisten und damit ihre Bedeutung in der Zooplanktongemeinschaft der Unterweser sinkt im fortschreitenden Jahresverlauf. Aus der Elbe ist ein erhöhtes Auftreten, gekoppelt mit der verstärkten Aggregatbildung im Frühjahr, bekannt (ZIMMERMANN-TIMM 2002). Diese - auch als Flocken bezeichnete - Mikrohabitate stellen wichtige Siedlungs- und Nahrungsgründe für planktische Organismen dar. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Wasserkörper im Frühjahr mit seinen Flocken eine hohe Bedeutung für die planktische Produktion hat (SCHUCHARDT 1995). Für die Flockenbildung ist eine Vielzahl von Faktoren bedeutsam, beispielsweise die Witterung mit Regenfällen, Windstärke und -richtung, die Nährstoffsituation und der Oberwasserabfluss. Nutznießer sind neben den Protisten vor allem auch planktische Rotatorien, die sie als Nahrungsgründe nutzen (HOLST 1996). Eine präzisere Einschätzung dieser Relevanz ist an dieser Stelle jedoch nicht möglich, da der Nachweis von Aggregaten nicht Bestandteil dieser Untersuchung ist.

4.2.2 Gesamttrends der jahreszeitlichen Entwicklung

Die spezifischen Abundanzmaxima der oben genannten Taxa hängen von einer Viel-

zahl von Faktoren ab, die hier auf Grund ihrer Komplexität nur in Teilen nachvollzogen werden können. Die Entwicklungen der Zooplanktonzönose, die sich im Jahresverlauf zeigen, beinhalten eine hohe Vielfalt der Taxa im Frühjahr, die sich ebenso wie die Zahl der dominanten Taxa über den zeitlichen Verlauf reduziert. Diese Erkenntnis resultiert aus zwei unterschiedlichen Aspekten:

Erstens nutzt ein großer Teil der auftretenden poikilothermen Evertebraten insbesondere das Frühjahr, sie haben hier ihr Abundanzmaximum. Diese Tiere werden im Jahresverlauf seltener oder sind nicht mehr nachzuweisen, wie zum Beispiel bei der kaltstenothermen Rotatoriengattung *Notholca* zu erkennen ist. Ihnen bieten sich, nach den Abbauprozessen des Winterhalbjahres, durch erhöhte Nährstoffanteile im Wasser optimale Ernährungsbedingungen.

Zweitens sind die hochdominanten Tiere zwar sehr kontinuierlich über den Untersuchungszeitraum nachzuweisen. Anhand der Veligerlarven und der Rotatoriengattung *Synchaeta* ist jedoch zu erkennen, dass auch erst später im Jahr auftretenden Planktern eine hohe Bedeutung in der Zooplanktonzönose zukommen kann.

Weitere bedeutende Faktoren innerhalb der Entwicklung großer Populationen der Zooplankter sind Fraßdruck und Nahrungskonkurrenz. Den Zooplanktern kommt als Sekundärproduzenten in der Nahrungskette eine wichtige Position zu. Jungfische und Benthosorganismen sind Prädatoren der Plankter, insbesondere der Crustaceen und der Rotatorien (JACK & THORP 2002, GOPHEN 1990). Dabei ist der Prädationsdruck auf Zooplankter in offenen Systemen nicht unmittelbar nachzuvollziehen (BICK 1998, MURDOCH & BENICE 1987). Im Frühjahr traten zeitgleich mit den höchsten Jungfischdichten die Rotatorien ebenso dominant auf wie zu Zeiten mit geringen Dichten an Jungfischen (vgl. KANDLER 2005). Bezüglich der Copepoden ist, anhand der beschriebenen Gründe, für die Populationsstärken eine Aussage über den Prädationsdruck schwierig, was durch das schwarmartige Auftreten zusätzlich erschwert wird. Die Cladoceren hingegen erscheinen eher zufällig in noch geringeren Dichten, wofür unter anderem starker Fraßdruck eine Ursache sein kann. Insbesondere der Nachweis von *Bosmina* hätte mit hohen Populationsdichten zu ihrer Hauptreproduktionszeit im Sommer (CLUEVER 1980) eine größere Rolle in der Zooplanktonzönose spielen müssen.

Im Hinblick auf Nahrungskonkurrenzen erscheint die Individuendichte im Untersuchungszeitraum im Vergleich zu anderen Untersuchungen aus der Unterweser über Zooplankton gering (Haneg 2005, LANGE & SCHIRMER 2003, Schuchardt & Schirmer

1988, Bode & Puck 1972). Untersuchungen limnischer Systeme belegen Wettbewerbssituationen zwischen den Planktern: So konkurrieren zum Beispiel *Bosmina* und *Keratella* um phytoplanktische Nahrung. *Bosmina* filtriert in solchen Situationen *Keratella cochlearis* ein und verletzt die ingestierten Tiere, ohne sie zu verdauen. Die beschädigten Keratellen werden verletzt wieder ausgeworfen und stellen damit keine Konkurrenten um die Nahrungsressourcen mehr dar (MACISAAC & GILBERT 1989, GILBERT & STEMBERGER 1984). Unter den Rotatorien ist nur *Asplanchna* als räuberische Gattung und Fraßfeind für andere Rotatorien bekannt (GILBERT 1980). Die meisten nachgewiesenen Rotatorien üben jedoch Fraßdruck auf Mikro- und Nanoplankter aus, sie ernähren sich von Bakterien, Ciliaten, Flagellaten (GILBERT & JACK 1993, BODGAN & GILBERT 1982, STARKWEATHER et al. 1979). In der vorliegenden Untersuchung sind die Individuendichten der einzelnen Taxa im Vergleich zu BODE & PUCK (1972) oder vom Vor- und Hinterwerder (HANEG 2005) sowie der Kleinsiedler Plate (LANGE & SCHIRMER 2003) eher gering. Dies lässt vermuten, dass die verschiedenen Abundanzmaxima der Zooplankter ausschließlich auf kleinräumigen bzw. zeitlichen Vorteilen in den Umweltparametern fußen und nicht etwa auf negativen Wirkungen durch Konkurrenten.

4.3 Vergleich zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm

In diesem Kapitel wird im Detail der Frage nachgegangen, welche Unterschiede die Ströme anhand der vorkommenden Zooplankter aufweisen.

4.3.1 Präferenzen der dominanten Taxa

Der Rechte Nebenarm zeichnet sich durch eine Reihe von Unterschieden gegenüber dem Hauptstrom der Weser aus, die im Einzelnen gering erscheinen, in der Gesamtheit jedoch ein sich wiederholendes Muster zeigen (vgl. SCHÖL & KRINGS 2005). Die Bedeutung der Flachwasserzone wurde für andere Tiergruppen, die das Gebiet als Kinderstube und Nahrungsgründe nutzen, bereits belegt (SCHIRMER & LANGE 2006). Diese Erkenntnis legt die Frage nahe, ob ebenfalls eine herausragende Rolle des Rechten Nebenarmes für das Zooplankton vorliegt.

Kann hier, trotz der Turbulenzen und des mit Tideniedrigwasser erheblich reduzierten Wasserkörpers, das Gewässer gegenüber dem Hauptstrom eine andere Dynamik und andere Populationsstärken im Zooplankton hervorbringen?

Bei der Betrachtung der Verteilung einzelner Taxa und ganzer Klassen muss diese

Frage bejaht werden, wie Tabelle 13 zusammenfassend deutlich zeigt.

Tab. 13: Dominante Taxa nach Abundanzklassen (1-7; 8-65; >66 Ind./l) im Vergleich der Gewässer (Hauptstrom = blau, Rechter Nebenarm = orange) im Jahresverlauf bei Hochwasser

	14.05.	04.06.	30.06.	04.08
<u>Rotatoria</u>				
<u>Keratella spp.</u>		■	■	■
<u>Synchaeta spp.</u>		■	■	■
<u>Brachionus spp.</u>	■	■	■	■
<u>Polyarthra spp.</u>	■	■	■	■
<u>Notholca spp.</u>	■	■		
<u>Crustacea</u>				
Nauplien	■	■	■	■
<u>Calanoida spp.</u>	■	■	■	■
<u>Eurytemora spp.</u>	■	■	■	■
<u>Molluska</u>				
Veligerlarve		■	■	■
<u>Ciliata</u>				
<u>Tintinnopsis spp.</u>	■	■	■	■
<u>Rhizopoda</u>				
<u>Diffugia spp.</u>	■	■		
<u>Centropyxis spp.</u>	■	■		

Die Rotatorien als wichtigste Gruppe zeigen erhöhte Populationsdichten im Rechten Nebenarm. Die Ausnahme stellt die dominante Art *Keratella cochlearis* dar, die auch, wie in Kapitel 4.2.1 dargestellt, den Jahrgang der Keratellen bestimmt. Sie tritt im Hauptstrom stärker auf als im Rechten Nebenarm, was später detailliert diskutiert wird. Alle anderen Rotatoriengattungen zeigen ein verstärktes Aufkommen im Rechten Nebenarm.

Dieses insoweit eindeutige Bild wird unterbrochen durch das Fehlen der Rotatorien

im Rechten Nebenarm am 14.5. Diese Ausnahme geht höchst wahrscheinlich auf erhöhten Prädationsdruck der bereits beschriebenen Räuber gegenüber den Zooplanktern zurück. An diesem Tag sollte die hohe Verfügbarkeit von Nährstoffen zu hohen Tierdichten der herbivoren Konsumenten führen. Dies belegen die hohen Abundanzen der Zooplankter im Hauptstrom. Im Mai und Juni waren die Räuberdichten, insbesondere der Flundern (*Platichthys flesus*), der Strandgrundel (*Pomatoschistus microps*) und Schwebegarnelen (*Neomysis integer*) hoch (vgl. KANDLER 2005, SCHIRMER & LANGE 2006). Hier kann davon ausgegangen werden, dass Räuber den Bestand der Rotatorien im Rechten Nebenarm erheblich reduziert haben. Es ist denkbar, dass sehr junge Fischlarven vorübergehend Rotatorien fressen, sich jedoch mit dem Abwachsen schnell größeren Nahrungsquellen zuwenden, womit sich die Bestände der Rotatorien im Rechten Nebenarm, wie später vertieft diskutiert wird, innerhalb kurzer Zeit wieder erholen.

Unter den calanoiden Copepoden zeigen sich deutliche Unterschiede in der Präsenz auf Grund ihrer bereits beschriebenen Mobilität gegenüber den Nauplien. Die Nauplien treten verstärkt im Rechten Nebenarm auf, sind aber auch im Hauptstrom häufig. Das weist zum Einen auf den starken Einfluss der Strömungen auf deren Verteilung hin, andererseits kann es ein Indiz für die stetige Advektion aus Bereichen flussaufwärts der Weser sein. Die Copepodide sind in der Flachwasserzone sehr gering nachzuweisen. Auf Grund der besonderen Bedeutung von Flachwasserzonen für *Eurytemora affinis*, wie sie von PEITSCH (1992) und KÖPCKE (2002) für die Elbe beschrieben wurden, wären hier höhere Dichten als im Hauptstrom zu erwarten gewesen. Allerdings kann hier der bereits beschriebene Prädationsdruck während des Untersuchungszeitraumes die Crustaceen stark dezimiert haben. In welcher Größenordnung der Fraßdruck von Fischlarven, Jungfischen und der Epifauna die Copepoden tatsächlich reduzierend beeinflusst hat, ist in dieser Arbeit nicht abzuschätzen. Die Hauptprädatoren, wie Fischlarven und Jungfische beispielsweise von Flunder, Stint und Stichling (THORP & CASPER 2003, KÖPCKE 2002, KAFEMANN et al. 1996.) sowie *Neomysis integer* (KÖPCKE 2002), sind während der Untersuchung in hohem Maße im Untersuchungsgebiet vertreten (vgl. SCHIRMER & LANGE 2006, KANDLER 2005). Für eine genaue Aussage wären Vergleichsdaten zu der Crustaceenbesiedlung im Rechten Nebenarm zu anderen, als der hier betrachteten, Jahreszeiten notwendig.

Die Veligerlarven von *Dreissena polymorpha* zeigen ein deutlich höheres Auftreten

im Rechten Nebenarm. Das Fehlen im Hauptstrom ist anhand der Sensibilität der Larven gegenüber Störungen und Strömungen zu erklären. Die Überlebenschancen sind auf Grund der fragilen Epidermis gering. Allerdings ist das erhebliche Aufkommen im Rechten Nebenarm insofern bemerkenswert, als ein Vorkommen adulter Muscheln dieser Art hier nicht bekannt ist. Der Ursprung dieser meroplanktischen Larven ist hier nicht zweifelsfrei zu klären. Im Rechten Nebenarm wäre ein Auftreten der Adulti als Hartsubstratbesiedler entweder in den Steinschüttungen am Harrier Sand oder an den umliegenden Wasserbauwerken denkbar. Der Mangel an geeigneten Substraten zur Ansiedlung der Larven verlängert die planktische Lebensphase von *Dreissena polymorpha* (DALL & HAMBURGER 1996, SPRUNG 1993), wodurch sich das Aufkommen der Larven im Pelagial potenziert.

Die nachgewiesenen Rhizopoden zeigen hingegen eine deutliche Gewässerpräferenz für den Hauptstrom. Hier spielt vermutlich die meroplanktischen Lebensweise im Zusammenhang mit der Morphodynamik im Hauptstrom der Weser eine Rolle. Die Turbulenzen im Hauptstrom können den beschalten Tieren nicht schaden. Sie können das Absinken der Tiere und damit den Wechsel der pelagischen Phase zum Benthos verzögern. Dabei könnte der Unterschied der Gewässersohlen zwischen dem schlickigen Rechten Nebenarm und dem sandigen Hauptstrom verstärkend wirken. Unter den Protisten weisen die Ciliaten hingegen erhöhte Abundanzen im Rechten Nebenarm auf.

4.3.2 Unterschiede in den Gemeinschaftsstrukturen zwischen den Strömen

Anhand der Besiedlungsdichten dominanter Taxa können deutliche Unterschiede zwischen den Gewässern festgestellt werden. So zeigt sich generell eine dichtere Besiedlung im Rechten Nebenarm gegenüber dem Hauptstrom. Der Unterschied zwischen den Strömen zeichnet sich auf verschiedenen Ebenen der Betrachtung der Zooplanktonzönose ab. Ein Unterschied zeigt sich in den verschiedenen morphologischen Anpassungen der Plankter. Im Hauptstrom treten vermehrt Organismen mit starken Bepanzerungen auf (vgl. Abb. 26). Im Vergleich dazu spielen Organismen mit einer fragilen Außenhaut, wie Veligerlarven oder die wenig stabilen *Synchaeten*, eine wichtigere Rolle, die sich einer erhöhten Dominanz im Rechten Nebenarm widerspiegelt. Zu den stark beschalten Mesoplanktern gehören zum Beispiel die - wie schon der Name sagt - Schalenamöben (Testacea), die *Keratella cochlearis* oder auch die Copepoden.

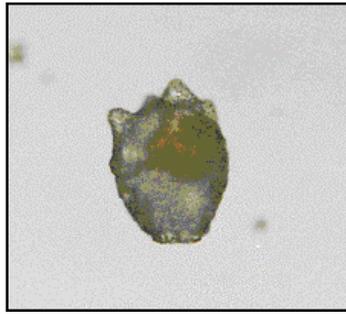


Abb. 26: Hartschalige Rhizopode, *Diffugia spec.*

Einen weiteren Unterschied in der Verteilung auf die Ströme scheint die Mobilität auszumachen. Im Hauptstrom ist außer den hochmobilen Copepoden zum Beispiel auch die Rotatoriengattung *Polyarthra* anzutreffen, die sich stoßartig mit ihren flügelartigen Körperforsätzen bewegen kann. Dem gegenüber ist anzunehmen, dass Nauplien und Veligerlarven ausschließlich durch Verdriftung verteilt werden, obwohl die abundanten Taxa, zu denen weiterhin *Keratella cochlearis* gehört, sowohl im Hauptstrom als auch im Rechten Nebenarm auftreten. So bietet der Rechte Nebenarm günstigere Voraussetzungen für einen Anstieg des Populationswachstums gegenüber dem Hauptstrom, wie die höheren Abundanzen und auftretenden Abundanzmaxima belegen. Neben den höheren Abundanzen beherbergt der Rechte Nebenarm zusätzlich eine höhere Anzahl von Taxa. Auch die Gräben, die sich hier in den Rechten Nebenarm entleeren, könnten hierbei Einfluss nehmen. Es ist aber ebenso möglich, dass Tiere, die im Hauptstrom sonst nur vereinzelt vorkommen oder sich hier überhaupt nicht vermehren können, im Wasserkörper des Rechten Nebenarmes so günstige Bedingungen finden, dass ein Nachweis möglich ist. Dies erklärt sowohl höheren Abundanzen als auch die erhöhte Diversität. Im Rechten Nebenarm sind deutlich häufiger seltene Taxa oder sogar nur einmalig aufgetretene Taxa nachzuweisen.

Und schließlich wirkt der Fraßdruck durch Jungfische und vagile Epifauna zu betrachten, der im Rechten Nebenarm auf die Plankter (SCHIRMER & LANGE 2006). In fließenden Systemen wirkt der Fraßdruck insbesondere der Fische auf die planktische Gemeinschaft dämpfend die Abundanzentwicklungen, er führt jedoch nicht zu so radikalen Umwälzungen, wie sie aus Seen bekannt sind (THORP & CASPER 2003, JACK & THORP 2002). Hier ergeben die Nahrungskonkurrenzen der Phyllopoden gegenüber den Rotatorien, dass letztere sich nach dem Wegfraß durch Fische, explosionsartig vermehren (SOMMER 1994). Auf Grund der vorliegenden Daten sind diese Beziehungen nur zu vermuten. Es ist dennoch erstaunlich, dass im Rechten Neben-

arm kaum Cladoceren auftreten, sie hätten ebenso wie bereits im Kapitel 4.2.2 vermutet, bei hohen Populationsdichten aus den Gräben mit den Tiden ausgespült werden können. Hier könnte der Prädationsdruck durch die Ichtyozönose allerdings zu solchen Ergebnissen führen. Weiterhin erreichen die Rotatorien im Sommer ein Abundanzmaximum für das Untersuchungsgebiet, das jedoch weit hinter den Abundanz - anderer Ästuare oder Seen - zurückbleibt.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass sich die Gewässer nicht zufällig voneinander unterscheiden, sondern dass die Verschiedenheiten sich über den gesamten Untersuchungszeitraum widerspiegeln.

4.4 Bedeutung der Flachwasserzone für die Zooplanktonzönose der Unterweser

Der beschriebene Unterschied zwischen dem Hauptstrom und dem Rechten Nebenarm bestätigt die Vermutung, dass der Flachwasserzone eine besondere ökologische Bedeutung in der Zooplanktonbesiedlung der Unterweser zukommt.

Hier konnten insgesamt 72 Zooplanktontaxa identifiziert werden, gegenüber 58 Taxa bei SCHUCHARDT & SCHIRMER (1988), und 20 Taxa bei LANGE & SCHIRMER (2003).

Der Unterschied zwischen den planktischen Zönosen der Gewässer legt darüber hinaus eine Beimischung des Hauptstromes anhand der begünstigten Populationsentwicklungen nahe, wie sie etwa von Talsperren oder Altarmen von Fließgewässern beschrieben wird. Ein Indiz hierfür ist, dass die Tierdichten im Hauptstrom der beprobten Niedrigwasserkörper im gesamten Zeitraum deutlich geringer sind als zu Hochwasserzeiten. Eine eigenständige potamale Entwicklung zeigen ausschließlich *Keratella*- und *Brachionus*-Arten, mit sehr kurzen Reproduktionszyklen von 1-2 Tagen (ECKERT & WALZ 1998), die in bedeutenden Mengen mit dem Niedrigwasser aus den oberen Bereichen der Tideweser in das Untersuchungsgebiet gelangen. Der Vergleich der Tiden zeigt insgesamt in den Niedrigwasserproben eine abweichende Tiergemeinschaft gegenüber dem Hochwasser. Dies legt den Schluss nahe, dass die meisten nachgewiesenen Taxa die Flachwasserzone als Reproduktionsraum nutzen.

Allerdings bleibt die Frage offen, wie die Zooplankter erhöhtes Populationswachstum im Rechten Nebenarm erreichen können. Die Ergebnisse, wie sie sich in dieser Arbeit darstellen, erfordern eine längere Verweildauer der Zooplankter im Rechten Nebenarm, damit die nachgewiesenen Populationszuwächse möglich sind. Dem wider-

spricht jedoch die Kombination der Zooplankter in diesem Lebensraum, die maßgeblich durch Turbulenzen und Strömungen in ihren Standorten beeinflusst werden, wenn der Rechte Nebenarm während der Ebbphase nahezu vollständig trocken fällt. Hier gilt es zu überprüfen, ob der Rechte Nebenarm ungleichmäßig trocken fällt und dabei ein überproportionaler Teil des Wassers aus der oberen Fließstrecke im Restwasserkörper verbleibt. Ebenso wäre es denkbar, dass neben der Hydrologie auch das Verhalten der Plankter hier eine Rolle spielt. Der Wechsel vom nahezu still stehenden Wasserkörper zum Kenterzeitpunkt zu einem Niedrigwasserstrom, der insbesondere während der ersten 1,5 Stunden nach dem Kenterzeitpunkt mit sehr hoher Zugkraft abläuft, könnte Reaktionen bei den Planktern hervorrufen. Es ist denkbar, dass diese Veränderung der Strömungsrichtung mit der Zunahmen der Zugkräfte Fluchtimpulse bzw. Bewegungen bei den Tieren auslösen, die in der Summe zu horizontalem Wanderverhalten führen, mit dem sie in geschützte Bereiche gelangen. Auf Grund des Hin- und Herpendelns des Wasserkörpers überschneiden sich die unterschiedlichen Zooplanktongemeinschaften im Untersuchungsgebiet. Für den Nachweis seltener Taxa ist zu beachten, dass sie prinzipiell überall vorkommen können, da sich im Plankton das Phänomen der „versteckten Fauna“ widerspiegelt (SOMMER 1998). Dieses besagt, dass besonders seltene und damit schwierig im Plankton nachzuweisende Tiere unter günstigen Bedingungen innerhalb kurzer Zeit große Populationsdichten erreichen können. Dennoch sind, wie bereits beschrieben, Unterschiede in der Besiedlung des Potamals oberhalb des Harrier Sandes gegenüber den Populationsentwicklungen der Flachwasserzone zu erkennen.

Aus dem potamalen Wasser zeigt sich der Eintrag in das Untersuchungsgebiet besonders bei den wichtigsten Rotatoriengattungen *Keratella* und *Brachionus*, den Nauplien, den Veligerlarven und den Protisten. Die Unterschiede in der Diversität und der Gleichverteilung (Eveness) belegen die hohe Durchmischung der jeweiligen Wasserkörper. Allerdings weist das Potamal oberhalb der Brackwassergrenze geringere Taxazahlen auf. Die Diversität steigt über die höheren Taxazahlen im Hauptstrom bei Hochwasser bis hin zu den Maximalwerten im Rechten Nebenarm bei Hochwasser. Das Artenminimum kann auf ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren zurückgeführt werden. Hier wirkt sich bereits die Jahreszeit mit geringen Abundanz aus, BODE & PUCK (1972) beschreiben einen Individuenrückgang im Wese-rästuar bis auf 20 Ind./l. jahreszeitlich bedingt, hatte sich im Vorfeld die Brackwasserzone bis in das Untersuchungsgebiet hinein verlagert. Obwohl die Salinitäten am

4.8. gegenüber den vorangegangenen Hochwasseruntersuchungstagen wieder deutlich gesunken sind, ist hier ein nachwirkender Einfluss denkbar. Der nach McLUSKY & ELLIOTT (2004) beschriebene Artenrückgang im oberen Ästuar könnte sich hier bemerkbar gemacht haben, insbesondere vor dem Hintergrund der gestiegenen Wassertemperaturen, die erhöhte physiologische Aktivitäten ermöglichen. Wie die Entwicklung der Artenvielfalt während der Untersuchung gezeigt hat, sind viele der Mesozooplankter besser an die Bedingungen des Frühjahres, die sich letztlich an der Umgebungstemperatur festmachen lassen, angepasst,. Das Artenminimum des 4.8. wäre somit eine logische Weiterentwicklung der Zoozönose innerhalb der jahreszeitlichen Sukzession.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung betrachtet die Zooplanktongemeinschaft der Brackwassergrenze in der Unterweser. An der Flussinsel Harrier Sand (UW-km 42) spaltet sich der Strom in den weiterhin schiffbaren Hauptstrom der Tideweser und den deutlich flacheren, zwölf Kilometer langen Rechten Nebenarm. Dieser fällt tiderhythmisch zu 90 % trocken. Von Mai bis August 2004 wurden in beiden Strömen auf zwei Transekten, der Hauptstrom zu beiden Tiden und der Rechte Nebenarm bei Niedrigwasser, beprobt. Anhand des Netzplanktons, das oberflächennah sowie aus zwei Metern Tiefe bis an die Oberfläche gezogen wurde, wurde vor der jahreszeitlichen Entwicklung der planktischen Zönose untersucht, ob dem Rechten Nebenarm als Flachwasserzone eine besondere Bedeutung zukommt. Insgesamt wurden in der Untersuchung 72 Taxa für die Planktongemeinschaft nachgewiesen, die sich im Jahresverlauf vor allem in ihren Abundanzen sowie dem Artenspektrum stark verändert.

Der Lebensraum im Untersuchungsgebiet wird maßgeblich durch Wasserstands- und Salinitätsschwankungen geprägt. Die Tiden führen zu Turbulenzen und Strömungen, die die Zooplankter, deren Fähigkeit sich fortzubewegen nur sehr begrenzt ist, verfrachten. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, ob sich die Ströme in den Zooplanktongesellschaften unterscheiden. Der Unterschied macht sich im Plankton durch unterschiedliche Artenverteilung mit höheren Abundanzen im Rechten Nebenarm fest. Da der flussabwärtige Transport der Zooplankter zeitlich nicht für Populationszuwächse ausreicht, kann die Flachwasserzone des Rechten Nebenarmes durch erhöhte Verweildauer der Tiere zu einer zusätzlichen Beimischung des Potamals mit Zooplanktern beitragen. Der Vergleich der Ströme anhand einer multivariaten Analyse der Daten hat ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen Hauptstrom und Rechtem Nebenarm ergeben. Die Analyse schließt mit den Planktonproben erhobene Umweltparameter ein, die sich jedoch im Einzelnen als nicht ausschlaggebend herausgestellt haben.

Die planktische Zönose der Ströme erreicht in ihrer Entwicklung ein sommerliches Abundanzmaximum für Rotatorien und die Veligerlarven von *Dreissena polymorpha*. Dabei finden sich im Rechten Nebenarm im Juni die höchsten Tierdichten, im August wird bereits das Ende der Wachstumsperiode durch geringe Abundanzen sowie geringe Taxazahlen im Plankton angezeigt. Im Mesohalinikum kommt dem calanoiden Copepoden *Eurytemora affinis* eine Schlüsselrolle in der Nahrungskette zu. Er stellt

über das Jahr hinweg mit mehr als 50 % und bis zu über 90 % durchgehend den größten Teil an der planktischen Gemeinschaft. In dieser Untersuchung ist diese ästuarendemische Art am stärksten durch ihre Naupliuslarven vertreten, kommt aber an die hohe Bedeutung früherer Befunde für die Unterweser nicht heran. Daher können die Rotatorien hier eine herausragende Stellung im Untersuchungszeitraum erreichen. Von den 58 Rotatorientaxa konnten 31 bis zur Art bestimmt werden. Mit der Verringerung des Copepodenanteils vollzieht sich eine Veränderung in der Größenstruktur der Mesoplankter, die maßgeblich durch Rotatorien und Veligerlarven getragen wird. Der Vorteil der kleineren Mesoplankter resultiert vermutlich aus einem hohen Prädationsdruck, insbesondere von Jungfischen auf die Microcrustaceen.

Insgesamt erfüllt der Rechte Nebenarm für die Planktonzönose eine wichtige Rolle. In der Flachwasserzone treten höhere Tierdichten sowie mehr Zooplanktontaxa als im Hauptstrom der Unterweser auf. Die Befunde der planktischen Produktion in dieser Untersuchung lassen auf eine Versorgungsfunktion für das Potamal schließen.

6 Ausblick

Mit dieser Untersuchung konnte die besondere Bedeutung des Rechten Nebenarmes für die Zooplanktonzönose der Unterweser nachgewiesen werden. Allerdings bleibt offen, welche genauen Ursachen die Begünstigung der Entwicklung in der Zooplanktonzönose im Rechten Nebenarm hat. Vor diesem Hintergrund wäre im Anschluss an diese Untersuchung die Frage zu klären, wie eine erhöhte Diversität im Rechten Nebenarm gegenüber dem Hauptstrom zustande kommt. Des weiteren wäre zu klären, woraus die erhöhten Abundanzen im Rechten Nebenarm resultieren. Denkbare Einflussfaktoren auf die besondere Ökologie sind etwa der Restwasserkörper bei Tideniedrigwasser für die gedämpfte Salinitätsamplitude oder, andere Uferstrukturen. Dies wäre im Speziellen zu untersuchen.

Weiterhin ist *Eurytemora affinis*, die als charakteristischer Vertreter dieser Region die Gemeinschaft hätte dominieren sollen, in der gesamten Untersuchung deutlich unterrepräsentiert. Vermutlich liegt das Hauptverbreitungsgebiet weiter in der Weser flussaufwärts. Dies wäre zunächst zu prüfen, um weiterhin die Möglichkeit der vorliegenden azyklischen Abundanzschwankungen abzusichern. Diese hingen vermutlich mit gestiegenen Oberwasserabflüssen in den Jahren 2002 bis 2004 zusammen. Hier stellt sich die Frage, ob die Art langfristig in der Weser überleben kann, ohne die Flachwasserzone des Harrier Sandes zu nutzen. Sollten sie in der Unterweser keine geeigneten Mikrohabitate mehr finden, würde sich das negativ auf die Entwicklung ihrer Räuber, insbesondere der Fischlarven, auswirken, da sie eine besondere Funktion als Bindeglied in der Nahrungskette erfüllen.

7 Literatur

- AMBLER J W, CLOERN J E, HUTCHINSON A (1985): Seasonal cycles of zooplankton in San Francisco Bay. *Hydrobiologia* 129: 177-197
- BACKHAUS K, ERICHSON B, PLINKE W, WEIBER R (2000): *Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung*. (9. Aufl.) Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- BEGON M E, HARPER J L, TOWNSEND C R (Hrsg., 1998): *Ökologie*. Spektrum Verlag, Heidelberg, Berlin
- BICK H (1972): Ciliata.- In THIENEMANN A (Hrsg.): *Die Binnengewässer*. Bd 26: *Das Zooplankton der Binnengewässer 1. Teil*.- E. Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 31-83
- BICK H (1993): *Ökologie: Grundlagen terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte*. (2. Aufl.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- BICK H (1998): *Grundzüge der Ökologie*. (3. Aufl.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- BODE K-L, PUCK A (1972): *Qualitative und Quantitative Untersuchungen über das Zooplankton der Wesermündung*. Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung, Sonderdruck aus dem Jahresbericht 1971, Bd XXIII, Norderney, 1972
- BODGAN K G, GILBERT J J (1982): Seasonal patterns of feeding by natural populations of *Keratella*, *Polyarthra*, and *Bosmina*: Clearance rates, selectivities, and contributions to community grazing. *Limnol. Oceanogr.* 25(5): 918-934
- BREITIG G (1972): Mollusken. In ELSTER H-J, OHLE W (Hrsg.): *Das Zooplankton der Binnengewässer* 26,1: 286-291 (E. Schweizerbart) Stuttgart
- BÜHL A, ZÖFEL P (2004): *SPSS 12. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. (9. Aufl.) Pearson Studium

- CASPERS H (1959): Die Einteilung der Brackwasserregionen in einem Ästuar demonstriert an der Elbe, unter Berücksichtigung der neuen Brackwasser-Nomenklatur (Venedig-System). Estratto Dall'Archivio Di Oceanografia E Limnologia 11
- CLUEVER D (1980): Seasonal Variation in the Sizes at Birth and at First Reproduction in Cladocera. In KERFOOT W C (ed.): Evolution and Ecology of Zooplankton Communities: 358-366
- DALL P C, HAMBURGER K (1996): Recruitment and Growth of *Dreissena polymorpha* in Lake Esrom, Denmark. Limnologica 26 (1): 27-37
- DAY JR J W, HALL C A S, KEMP W M, YANEZ-ARANCIA A (1989): Estuarine Ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
- DENEKE R (2002): Welchen Beitrag kann das Metazooplankton zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen leisten? In SENEKE R NIXDORF B (Hrsg.): Implementierung der EU-WRRL in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. Aktuelle Reihe 5/02: 83-88
- DIGBY G N, KEMPTON R A (1987): Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall, London
- DONNER J (1973): Rädertiere, Kosmos Gesellschaft der Naturfreunde. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, W. Keller & Co., (4. Aufl.), Stuttgart
- ECKERT B, WALZ N (1998): Zooplankton succession and thermal stratification in the polymictic shallow Müggelsee (Berlin, Germany): a case for the intermediate disturbance hypothesis? Hydrobiologie 387/388: 199-206
- EINSLE U (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. In SCHWOERBEL J, ZWICK P (Hrsg.): Die Süßwasserfauna Mitteleuropas 8,4,1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- FLUßGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (2005): Wesergütebericht 2004. Geschäftsstelle Weser Hildesheim
- FLÖBNER D (2000): Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Backhuys Publishers, Leiden

- FRIEDRICH H (1960): Beiträge zu biologisch-ökologischen Untersuchungen in der Unter- und Außenweser. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 7, S. 36 – 47.
- GAUCH H G (1982): Multivariate Analysis in community ecology. Cambridge Univ. Press
- GILBERT J J (1980): Feeding in the Rotifer *Asplanchna*: Behavior, Cannibalism, Selectivity, Prey Defenses, and Impact on Rotifer Communities. In KERFOOT W C (ed.): Evolution and Ecology of Zooplankton Communities: 158-172
- GILBERT J J, JACK D (1993): Rotifers as predators on small ciliates. *Hydrobiologia* 255/256: 247-253
- GOPHEN M (1990): Biomanipulation: retrospective and future development. *Hydrobiologia* 200/201: 1-11
- GRABEMANN H-J, GRABEMANN I MÜLLER A (2005): Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrographie und Gewässergüte der Unterweser. In SCHUCHARDT B, SCHIRMER M (Hrsg.): Die Zukunft der Unterweserregion. Springer Berlin, Heidelberg, New York
- GREEN J, LAN O B (1974): *Asplanchna* and the spines of *Brachionus calyciflorus* in two Javanese sewage ponds. *Freshwater Biol.* 4: 223-226
- GROSPIETSCH T (1972): Testacea und Heliozoa.- In ELSTER H-J, OHLE W (Hrsg.): Das Zooplankton der Binnengewässer 26,1:1-30 (E. Schweizbart) Stuttgart
- HAESLOOP U, SCHUCHARDT B (1995): Plankton und Makrozoobenthos der gezeitenbeeinflussten Unterweser. In GERKEN B, SCHIRMER M (Hrsg.): Die Weser. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 159-174
- HANEG (2005): Monitoring-Teilbericht für die Kompensationsflächen integrierte Baggergutdeponie Bremen-Seehausen.
- HOLST H (1996): Untersuchung zur Ökologie auf den Schwebstofflocken und im Freiwasser der Elbe während des Frühjahres. Diplomarbeit, Universität Hamburg
- JACK J D, THORP J H 2000: Effects of the benthic suspension feeder *Dreissena polymorpha* on zooplankton in a large river. *Freshwater Biology* 44: 569-579

- JACK J D, THORP J H (2002): Impacts of fish predation on an Ohio River zooplankton community. *J. Plankton Res.* 24(2): 119-127
- JANETZKY W, ENDERLE R, NOODT W (1996): Crustacea: Copepoda: Gelyelloida und Harpacticoida. In SCHWOERBEL, J ZWICK P (Hrsg.): Die Süßwasserfauna von Mitteleuropa Bd. 8/4-2. Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- KAFEMANN R, THIEL R, SEPULVEDA A (1996): Die fischereiökologische Bedeutung der Nebenstromgewässer der Unterelbe.- *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 110 (Unters. Elbe- Ästuar 7): 199-214
- KALBE L (1997): Limnische Ökologie. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart, Leipzig
- KANDLER R (2005): Die gewässerökologische Funktion des rechten Nebenarms für die Fischbrut der Unterweser. Diplomarbeit Universität Bremen, Fachbereich 2
- KARATAYEV A Y, BURLAKOVA L E, PADILLA D K (2002): Impacts of Zebra mussels on aquatic communities and their role as ecosystem engineers. In LEPPÄKOSKI E, GOLLASCH S, OLENIN S (eds): *Invasive Aquatic Species of Europe*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 433-446.
- KAUSCH H (1995): Biologische Langzeitaspekte von Fahrwasservertiefungen. - *SDN* 1: 83-89.
- KIEFER F (1978): Freilebende Copepoda. In ELSTER H-J, OHLE W (Hrsg.): *Das Zooplankton der Binnengewässer* 26,2:1-343 (E. Schweizbart) Stuttgart
- KÖHLER W, SCHACHTEL G, VOLESKE P (2002): *Biostatistik. Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler* (3. Aufl.) Springer Berlin, Heidelberg, New York
- KÖNIG G, WITTIG S (2005): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum: eine Bestandsaufnahme. In SCHUCHARDT B, SCHIRMER M (Hrsg.): *Die Zukunft der Unterweserregion*. Springer Berlin, Heidelberg, New York: 23-48
- KÖPCKE B (2002): Die Bedeutung der Nebelben und Flachwasserbereiche für den Populationserhalt von *Eurytemora affinis* (Poppe, 1980) (Copepoda; Crustacea) in der Tide- Elbe. Dissertation, Hamburg

- KRAUSE-DELLIN D (1997): Die Bestimmung des Zooplanktons in Flüssen und Seen. Lauterbornia Heft 30. Dinkelscherben
- KÜHL H, MANN H (1962): Über das Zooplankton der Unterelbe. Veröff. Inst. Meeresf. Berh. 8: 53-69
- LAIR N, REYES-MARCHANT P (1997): The potamoplankton of the Middle Loire and the role of the "moving littoral" in downstream transfer of algae and rotifers. Hydrobiologia 356: 33-52
- LAMPERT W, SOMMER U (1993): Limnoökologie. Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- LANGE D (2002): Einfluss der Ionenzusammensetzung auf die Leitfähigkeit und Möglichkeiten zur Berechnung des Salzgehaltes, WSA Bremerhaven - Gewässerkunde
- LANGE J, SCHIRMER M (2003): Limnologische Funktionskontrolle der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme auf der Kleinsiedler Plate. Wasser- und Schifffahrtsamt, Bremerhaven - Abschlußbericht, Universität Bremen
- LÖFFLER H (1972): Ostracoda. In ELSTER H-J, OHLE W (Hrsg.): Das Zooplankton der Binnengewässer 26,1:235-246 (E. Schweizbart) Stuttgart
- LOZAN J L, KAUSCH H (Hrsg., 1996): Warnsignal aus Flüssen und Ästuaren. - Parey Verlag, Berlin
- LUCKER T, BUSCH D, KNÖTZEL J, SCHIRMER M (1995): Unterweserausbau, Entwicklung des Schiffsverkehrs und Auswirkungen auf das Flussökosystem. In GERKEN B, SCHIRMER M (Hrsg.): Die Weser. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 301-312
- MACISAAC H J, GILBERT J J (1991): Discrimination between exploitative and interference competition between Cladocera and *Keratella cochlearis*. Ecology 72(3): 924-937
- MATTHES D, WENZEL F (1966): Wimpertiere (Ciliaten). Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- MCLUSKY D S, ELLIOTT M (2004): The Estuarine Ecosystem, ecology, threats and management. (3. ed.) Oxford University Press
- MÜHLENBERG M (1993): Freilandökologie. (3. Aufl.) UTB, Quelle & Meyer, Heidelberg

- MURDOCH W W, BENCE J (1987): General Predators and Unstable Prey Populations. In KERFOOT W C: Predation: 17-30
- ORLOVA M I (2002): *Dreissena polymorpha*: Evolutionary origin and biological peculiarities as prerequisites of invasion success. In LEPPÄKOSKI E, GOLLASCH S, OLENIN S (eds.): Invasive Aquatic Species of Europe. Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 127-134.
- PEITSCH A, KÖPCKE B, BERNAT N (2000): Long-term investigation of the distribution of *Eurytemora affinis* (Calanoida; Copepoda) in the Elbe Estuary. *Limnologica* 30 (2): 175-182
- PEITSCH A (1992): Untersuchungen zur Populationsdynamik und Produktion von *Eurytemora affinis* (Calanoida; Copepoda) im Brackwasserbereich des Elbe-Ästuars .- Diss. Univ. Hamburg
- PESTA O (1928): Krebstiere oder Crustacea. I. Ruderfüßer oder Copepoda (1. Calanoida, 2. Cyclopoida). In DAHL F (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile 9, G. Fischer, Jena
- POURRIOT R, ROUGIER C, MIQUELIS A (1997): Origin development of river zooplankton :example of the river Marne. *Hydrobiologia* 345: 143-148
- RUTTNER-KOLISKO A (1972): Rotatoria- In THIENEMANN A (Hrsg.): Die Binnengewässer, 1. Teil – E.Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart: 99-234
- SACHS L (2004): Angewandte Statistik : Anwendung statistischer Methoden (11.Aufl.) Springer, Berlin
- SCHIRMER M (1995): Eindeichung, Trockenlegung, Korrektion, Anpassung: Die Abwicklung der Unterweser und ihrer Marsch. In GERKEN B, SCHIRMER M (Hrsg.): Die Weser. Limnologie aktuell Band 6, G. Fischer Stuttgart: 35 – 54.
- SCHIRMER M (1996): Die Weser - Eine Zustandsbeschreibung. In LÓZAN J L, KAUSCH H (Hrsg): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren – Wissenschaftliche Fakten, Verlag Paul Parey, Berlin: 75-82
- SCHIRMER M, LANGE J (2006): Biologische Untersuchungen zur ökologischen Bedeutung von Flachwassergebieten an der Unterweser. Bfg, Koblenz

- SCHÖL A, KRINGS W (2005): Wasserbeschaffenheit, Phyto- und Zooplankton im Hauptstrom der Unterweser (UW-km 40) seiner den Nebengewässern Rechter Nebenarm und Schweiburg. Ergebnisse der Messfahrten aus den Jahren 2003 und 2004. Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven, BfG-JAP-Nr: 3146
- SCHUCHARDT B (1995): Die Schwebstoff-Dynamik in der Unterweser und ihre Bedeutung für die Gewässergüte. In GERKEN B, SCHIRMER M (Hrsg.): Die Weser. Limnologie aktuell Band 6, G. Fischer Stuttgart: S. 55-63
- SCHUCHARDT B, SCHIRMER M (1988): Vergleich der planktischen Biozönose der Unterweser vor und nach der Inbetriebnahme der biologischen Stufe KA Seehausen. Wasserwirtschaftsamt Bremen, MEWEB
- SCHWERDTFEGER F (1975): Synökologie: Struktur, Funktion und Produktivität mehrartiger Tiergemeinschaften. Parey Hamburg Bd. 3
- SCHWOERBEL J (1994): Methoden der Hydrobiologie: Süßwasserbiologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SCHWOERBEL J (1999): Einführung in die Limnologie. (8. Aufl.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SCHWOERBEL J (2004): Einführung in die Limnologie. Spektrum Akademischer Vlg., Heidelberg Neckar
- SCOURFIELD D J, HARDING J P (1966): A key to the British Freshwater Cladocera. Sci. Publ. Freshwat. Biol. Assoc. Sci. Publ. 5: 1-55.
- SIEBECK H O (1980): Optical orientation of pelagic Crustaceans and its consequence in the pelagic and littoral zones. In Kerfoot W C (ed.): Evolution and Ecology of Zooplankton: 28-38
- SOLTANPOUR-GARGARI A, WELLERSHAUS S (1985): *Eurytemora affinis* - one year study of abundance and environmental factors. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 20: 183- 198.
- SOLTANPOUR-GARGARI A, WELLERSHAUS S (1987): Very low salinity stretches in estuaries - the main habitat of *Eurytemora affinis*, a plankton copepod.- Meeresforsch. Contrib. Alfred Wegener Inst. Polar Mar. Res. 31: 199-208.

- SOMMER U (1994): Planktologie. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris
- SOMMER U (1998): Biologische Meereskunde. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- SPRUNG M (1993): The other life: An account of present knowledge of the larval phase of *Dreissena polymorpha*. In NALEPA T F, SCHLOESSER D W (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Inc./CRC Press, Inc.: 39-54
- STARKWEATHER P L, GILBERT J J, FROST T M (1979): Bacterial feeding by the rotifer *Brachionus calyciflorus*: Clearance and ingestion rates, behavior and population dynamics. *Oecologia* 44: 26-30
- STEEGE LANGE (2003): Auswirkungen ausbaubedingter Wasserstandänderungen auf Flachwasserbereiche. Wasser- und Schifffahrtsamt. Bericht 2-231.2-WAP3, Bremerhaven
- STEINECKE F (1958): Das Plankton des Süßwassers. Verlag Quelle & Meyer, Heidelberg
- STELZER C-P (1998): Population growth in planktonic rotifers. Does temperature shift the competitive advantage for different species? *Hydrobiologia* 387/388: 349-353
- STREBLE H, KRAUTER D (1988): Das Leben im Wassertropfen (8. Aufl.). Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart
- THORP J H, CASPER A F (2003): Importance of biotic interactions in large rivers: An Experiment with planktivorous fish, Dreissenid mussels and zooplankton in the St Lawrence River. *River Res. Applic.* 19: 265-279
- TISCHLER W (1993): Einführung in die Ökologie. (4. Aufl.) Fischer Stuttgart
- UHLMANN D (1988): Hydrobiologie. Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- VOIGT M (1957): Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas (Band I + II). Gebrüder Borntraeger, Berlin

- WELLERSHAUS S, SOLTANPOUR-GARGARI A (1991): Planktonic Copepods in the Very Low Salinity Region in Estuaries. In UYE S-I, NISHIDA HO J-S (eds.): Proceedings of the Fourth International Conference on Copepoda. Bull. of Plankton Soc. of Japan, special vol.:133-142.
- WETJEN T (1988): Das Phytoplankton der Unterweser und seine mögliche Reaktion auf eine Klimaänderung. Diplomarbeit im Fachbereich 2 der Universität Bremen
- WSA BREMERHAVEN (2006): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser an die Entwicklungen im Schiffsverkehr mit Tiefenanpassung der hafenbezogenen Wendestelle. UVU Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustandes. Büros GfL GmbH, Bremen, Bioconsult GbR, Bremen und KÜFOG GmbH, Loxstedt-Ueterlande im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsämter Bremerhaven und Bremen.
- WULFERT K (1969): Die Rädertiere. Die neue Brehm-Bücherei, Ziemsen Verlag, Wittenberg, Lutherstadt
- ZIMMERMANN-TIMM H (2002): Characteristics, Dynamics and Importance of Aggregates in Rivers – An Invited Review. Internat. Rev. Hydrobiol. 87 (2-3): 197-240

8 Anhang

A Abiotik

Tabelle der aufgenommenen Umweltdaten

B Artenstationstabelle

I Artenstationstabelle bei Hochwasser

II Artenstationstabelle bei Niedrigwasser

C multivariate Analyse

I Stationencodes

II Canoco Protokoll PCA

III Canoco Protokoll RDA

D Längenmessungen

I Messdaten von ausgewählter Taxa am 4.6. und 30.6.

II SPSS Protokoll

E Messdaten Brake

Tagesmittelwerte, Messdaten WSA Bremerhaven

F Karten

I Topografische Karte des Untersuchungsgebietes

II Geografische Karte des Untersuchungsgebietes

G Bildergalerie

I Das Untersuchungsgebiet

II Material

III Die taxonomische Bearbeitung im Labor

IV Fotos ausgewählter Zooplankter des Untersuchungsgebietes

Anhang A Abiotik

Tabelle der aufgenommenen Umweltdaten

Hochwasser

Leitfähigkeit

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	0,950	1,563	1,515	1,172
	ST. 2	1,018	1,592	1,534	1,300
	ST. 3	0,960	1,581	1,984	1,572
	ST. 4	1,036	2,440	2,390	2,520
Hauptstrom	ST. 5	0,947	2,420	3,460	2,650
	ST. 6	0,953	2,930	2,440	4,120
	ST. 7	0,946	1,960	1,742	2,680
	ST. 8	0,946	2,000	1,485	3,160

Niedrigwasser

Leitfähigkeit

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1				
	ST. 2				
	ST. 3				
	ST. 4				
Hauptstrom	ST. 5		1,419	1,467	1,244
	ST. 6	Sonde defekt	1,451	1,373	1,227
	ST. 7		1,420	1,440	1,226
	ST. 8		1,428	1,382	1,237

Leitfähigkeit [LF25] (Lange 2002)

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	0,436	0,752	0,726	0,549
	ST. 2	0,471	0,767	0,736	0,615
	ST. 3	0,441	0,761	0,975	0,756
	ST. 4	0,480	1,222	1,195	1,266
Hauptstrom	ST. 5	0,435	1,212	1,790	1,338
	ST. 6	0,438	1,493	1,222	2,166
	ST. 7	0,434	0,962	0,846	1,354
	ST. 8	0,434	0,984	0,711	1,621

Leitfähigkeit [LF25] (Lange 2002)

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1				
	ST. 2				
	ST. 3				
	ST. 4				
Hauptstrom	ST. 5		0,676	0,701	0,586
	ST. 6	Sonde defekt	0,693	0,652	0,577
	ST. 7		0,677	0,687	0,577
	ST. 8		0,681	0,657	0,582

Temperatur [°C]

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	13,3	16,3	18,3	22,6
	ST. 2	13,8	16,7	18,4	22,7
	ST. 3	13,6	17	18,3	23,2
	ST. 4	13,3	17,1	18,3	22,9
Hauptstrom	ST. 5	14	17,4	18,1	23
	ST. 6	13,1	17	18,1	22,9
	ST. 7	15	17,1	18,7	22,8
	ST. 8	12,9	16,8	18,5	23

Temperatur [°C]

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1				
	ST. 2				
	ST. 3				
	ST. 4				
Hauptstrom	ST. 5	15,5	14,8	19,5	22,2
	ST. 6	k.D.	15	18,4	22,3
	ST. 7	15,8	15,7	20,3	22,6
	ST. 8	15,3	15,1	18,6	22,3

pH Wert

Strom	Station	14.5.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	7,94	8,33	8,07	7,6
	ST. 2	7,76	8,29	8,03	7,57
	ST. 3	7,88	8,44	8	7,6
	ST. 4	7,94	8,15	7,97	7,52
Hauptstrom	ST. 5	7,88	7,7	6,75	7,51
	ST. 6	7,86	7,99	7,97	7,52
	ST. 7	7,36	8,24	8,08	7,61
	ST. 8	7,6	8,1	8,05	7,62

pH Wert

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1				
	ST. 2				
	ST. 3				
	ST. 4				
Hauptstrom	ST. 5	8,8	8,27	7,98	7,57
	ST. 6	8,2	8,23	7,92	7,52
	ST. 7	8,29	8,31	8,03	7,52
	ST. 8	8,11	8,15	7,85	7,54

Anhang A Abiotik

Hochwasser

Sichttiefe [cm]

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	38	31	27	26
	ST. 2	67	43	42	39
	ST. 3	40	39	39	30
	ST. 4	57	40	41	36
Hauptstrom	ST. 5	48	24	20	29
	ST. 6	45	40	18	26
	ST. 7	39	25	13,5	28
	ST. 8	45	20	36	31

Niedrigwasser

Sichttiefe [cm]

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	/	/	/	/
	ST. 2	/	/	/	/
	ST. 3	/	/	/	/
	ST. 4	/	/	/	/
Hauptstrom	ST. 5	17	20	14	40
	ST. 6	k.D.	99	69	74
	ST. 7	32	75	37	32
	ST. 8	k.D.	58	29	96

Sauerstoff [mg/l]

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	7,94	8,9	7	Sonde defekt
	ST. 2	8,61	8,8	7	
	ST. 3	8,77	9,3	6,6	
	ST. 4	13,07	7,7	7	
Hauptstrom	ST. 5	13,38	7,8	6,6	Sonde defekt
	ST. 6	10	7,13	6,7	
	ST. 7	14,54	8,4	7	
	ST. 8	9,9	7,6	6,7	

Sauerstoff [mg/l]

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	/	/	/	/
	ST. 2	/	/	/	/
	ST. 3	/	/	/	/
	ST. 4	/	/	/	/
Hauptstrom	ST. 5		10,24	7,9	Sonde defekt
	ST. 6	Sonde defekt	9,71	6,7	
	ST. 7	Sonde defekt	12,57	9,4	
	ST. 8		10,51	6,5	

Sauerstoff [%]

Strom	Station	14.05.	04.06.	30.06.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	k.D.	95	79	Sonde defekt
	ST. 2	80,9	96	80	
	ST. 3	k.D.	97	72	
	ST. 4	127,8	82	79	
Hauptstrom	ST. 5	k.D.	86	75	
	ST. 6	103	78	76	
	ST. 7	k.D.	93	81	
	ST. 8	101	84	78	

Sauerstoff [%]

Strom	Station	06.05.	27.05.	06.07.	04.08.
Rechter Nebenarm	ST. 1	/	/	/	/
	ST. 2	/	/	/	/
	ST. 3	/	/	/	/
	ST. 4	/	/	/	/
Hauptstrom	ST. 5	88	120,6	87	Sonde defekt
	ST. 6	33	94,5	72	
	ST. 7	92	132,7	82	
	ST. 8	90	99,4	70	

Anhang B Artenstationstabelle

I. Artenstationstabelle bei Hochwasser

Tide	Hochwasser																															
	14.05.2004								04.06.2004								30.06.2004								04.08.2004							
	Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom									
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Probenahmestation																																
Taxa [Ind./l]																																
Nauplius	80	28	150	156	50	104	80	44	10	60	30	116	10	64	20	96	80	76	20	372	10	40	48	10	208	10	48	290	36	10	64	
<i>Eurytemora affinis</i>	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1		82		3	27		4			1	1	7		4		2		21		6		
<i>E. spp.</i>																												1				
<i>Calanoida spp.</i>			3	1	2	1			1	1		4	79	2	12	2	22	3				1	1	5	1	4	1	14	1	23		
<i>Cyclopoida spp.</i>																																
<i>Harpacticoida spp.</i>							1															1				1						
<i>Cladocera spec.</i>				4																												
<i>Bosmina longirostris</i>					10																								10			
<i>B. spp.</i>		8																														
<i>Daphnia spec.</i>																																
<i>Ostracoda spp.</i>				4											8														10			
<i>Crustacea spp.</i>																							4	10								
Crustacea ges.	83	37	154	168	64	105	84	45	10	63	30	120	171	64	24	143	82	76	46	375	11	41	61	21	217	11	55	291	73	31	93	
<i>Ascomorpha spp.</i>																																
<i>Asplanchna peridonta</i>																											16					
<i>A. spec.</i>									10																							
<i>Asplanchnopus spec.</i>									10																							
<i>Brachionus angularis</i>				16						4			8			20	8	24				10	12				8					
<i>B. calyciflorus</i>				12	10	8	10									8									10							

Anhang B Artenstationstabelle

Tide	Hochwasser																															
	14.05.2004							04.06.2004							30.06.2004							04.08.2004										
	Rechter Nebenarm			Hauptstrom				Rechter Nebenarm			Hauptstrom				Rechter Nebenarm			Hauptstrom				Rechter Nebenarm			Hauptstrom							
Probenahmestation	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Taxa [Ind./l]																																
<i>B. rubes</i>				8																												
<i>B. urceolaris</i>					20	12	12				10							10														
<i>B. spp.</i>	8	10	8			4				16								20	10													
<i>Chromogaster ovalis</i>						4																										
<i>Collurella adriatica</i>					10																											
<i>Epiphanes spp.</i>																																
<i>Filina longiseta</i>								8																								
<i>Filina terminalis</i>																																
<i>Filina spp.</i>																																
<i>Gastropus spp.</i>																																
<i>Kellicottia bostoniensis</i>				4		4										4																
<i>Keratella cochlearis</i>	10	10	40		32	10	16		110	268	150	152	50	56	110	100	260	176	10	196	40	80	220	16	28	380	4	10	8			
<i>K. quadrata</i>		24		20	10	32	8			12		12	4	4	16	10	8	10					8					30				
<i>K. testudo</i>																																
<i>K. spp.</i>					10					20	12	4									20			4								
<i>Lecane flexilis</i>											4																					
<i>L. luna</i>																																
<i>L. spp.</i>												40												12					50			
<i>Lepadella rhomboides</i>						4																										
<i>L. spp.</i>										10																						
<i>Mytilina spp.</i>																															4	
<i>Notommata spp.</i>				4																												

Anhang B Artenstationstabelle

Tide	Hochwasser																																
	14.05.2004						04.06.2004						30.06.2004						04.08.2004														
	Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom		Rechter Nebenarm		Hauptstrom										
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		
Probenahmestation	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Taxa [Ind./l]																																	
<i>Notholca acuminata</i>						4																											
<i>N. labis</i>							8																										
<i>N. squamula</i>			4																														
<i>N. striata</i>					10	4	20																										
<i>N. spp.</i>			8	10	8		8																										
<i>Platylas spp.</i>																																	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>			4					10				8																					
<i>P. major</i>																																	
<i>P. remata</i>										4		4																					
<i>P. vulgaris</i>																																	
<i>P. spp.</i>	10				20	4	10					20																					
<i>Pompholyx sulcata</i>			4																														
<i>Synchaeta spp.</i>																																	
<i>Trichocera spp.</i>				8																													
<i>T. porcellus</i>																																	
<i>Trichotria pocillum</i>																																	
<i>Trichotria tectratis</i>																																	
Rotator spp.	20	8		24				20	10	64	10	20	10				8	60	20		16				10	28							
Rotatoria ges.	40	44	20	164	100	124	50	72	350	540	390	240	60	76	110	140	420	252	40	244	70			110	300	10	92	20	240	510	16	40	12

Anhang B Artenstationstabelle

II. Artenstationstabelle bei Niedrigwasser

Tide	Niedrigwasser															
	06.05.2004				27.05.2004				06.07.2004				04.08.2004			
Jahresverlauf	Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom			
Probenahmestation	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
Taxa [Ind./l]																
Nauplius	190	380	160	92		24	10	20	20	44	40	116	20	32	20	20
<i>Eurytemora affinis</i>	10	20				8				4		16				
<i>Eurytemora</i> spp.																
Calanoida spp.		188	80	112		4		28			10	24				
Cyclopoida spp.																
Harpacticoida spp.	10										10					
Cladocera spp.																
<i>Bosmina longirostris</i>				4					10	20	4					
<i>B.</i> spp.																
<i>Daphnia</i> spec.		4														
Ostracoda spp.																
Crustacea spp.																
Crustacea ges.	210	592	240	208		36	10	48	30	48	80	160	20	32	20	20
<i>Ascomorpha</i> spp.							20									
<i>Asplanchna peridonta</i>																
<i>A.</i> spp.																
<i>Asplanchnopus</i> spp.																
<i>Brachionus angularis</i>		8		4						4		8	10	4		
<i>B. calyciflorus</i>		24		4								8				4
<i>B. rubes</i>										8						
<i>B. urceolaris</i>	10								10		10					
<i>B.</i> spp.	10	8					10			20		4				
<i>Chromogaster ovalis</i>																
<i>Collurella adriatica</i>																
<i>Epiphanes</i> spp.									10	4						
<i>Filina longiseta</i>		8														
<i>F. terminalis</i>		4														
<i>F.</i> spp.		4														
<i>Gastropus</i> spec.							10									
<i>Kellicottia bostoniensis</i>																
<i>Keratella cochlearis</i>	110	52		44	10	28	20	16	30	132	80	88		4		
<i>K. quadrata</i>	10	28	20	20		4			10			4				
<i>K. testudo</i>																
<i>K.</i> spp.						4	10	4								
<i>Lecane flexilis</i>																
<i>L. luna</i>			10													
<i>L.</i> spp.							8									
<i>Lepadella rhomboides</i>																
<i>L.</i> spp.																
<i>Mytilina</i> spp.																
<i>Notommata</i> spp.																

Anhang B Artenstationstabelle

Tide	Niedrigwasser															
	06.05.2004				27.05.2004				06.07.2004				04.08.2004			
Jahresverlauf	Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom			
Strom	Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom				Hauptstrom			
Probenahmestation	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
Taxa [Ind./l]																
<i>Notholca acuminata</i>		4	20													
<i>N. labis</i>																
<i>N. squamula</i>																
<i>N. striata</i>	20															
<i>N. spp.</i>	10	4														
<i>Platijas spp.</i>																
<i>Polyarthra dolichoptera</i>																
<i>P. major</i>																
<i>P. remata</i>																
<i>P. vulgaris</i>		4														
<i>P. spp.</i>	10	4				4				4						
<i>Pompholyx sulcata</i>																
<i>Synchaeta spp.</i>		4	10		40		30		20	8	10			4		4
<i>Trichocera spp.</i>																
<i>Trichocerca porcellus</i>				4												
<i>Trichotria pocillum</i>																
<i>T. tectratis</i>												4				
Rotator spp.			10													
Rotatoria ges.	180	156	70	76	50	40	100	28	80	180	100	116	10	12		8
Testacea spp.	10															
<i>Arcella spp.</i>	50			4					10	4	10	12		4		
<i>Diffugia spp.</i>	110		10					8								
<i>Centropyxis spp.</i>					30							12				
<i>C. aculeata</i>														4		
Testacea ges.	170		10	4	30			8	10	4	10	24		8		
Ciliata spp.																
<i>Colpidium spp.</i>																
<i>Strombidium spp.</i>												4				
<i>Tintinnidiidae</i>	230	4						80								10
Ciliaten ges.	230	4						80				4				10
Veligerlarve von <i>Dreissena polymorpha</i>		36	10	4	40	128	30	84	30	312	30	244		8		
Tardigrada spp.	20									4		4				
Prostigmata spec.																
Nematode spp.	370		10					4						10		
indet.	40					16		8	40	4	20	12				
Individuendichte je Station	1220	788	340	292	120	220	140	260	190	552	240	564	40	60	30	28
Individuendichte je Strom und Tag		660				185				387				40		

Anhang C Multivariate Analyse

I. Stationencodes

Code	Station	Tag	Strom
1	1	14.05.	RN
2	2	14.05.	RN
3	3	14.05.	RN
4	4	14.05.	RN
5	5	14.05.	HS
6	6	14.05.	HS
7	7	14.05.	HS
8	8	14.05.	HS
9	1	04.06.	RN
10	2	04.06.	RN
11	3	04.06.	RN
12	4	04.06.	RN
13	5	04.06.	HS
14	6	04.06.	HS
15	7	04.06.	HS
16	8	04.06.	HS
29	1	30.06.	RN
30	2	30.06.	RN
31	3	30.06.	RN
32	4	30.06.	RN
33	5	30.06.	HS
34	6	30.06.	HS
35	7	30.06.	HS
36	8	30.06.	HS
37	1	04.08.	RN
38	2	04.08.	RN
39	3	04.08.	RN
40	4	04.08.	RN
41	5	04.08.	HS
42	6	04.08.	HS
43	7	04.08.	HS
44	8	04.08.	HS

II. Canoco Protokoll PCA

Scaling of ordination scores = 2

Diagnostics = 1

Number of samples 32

Number of occurrences 425

No transformation of species data

Von der Analyse wurden folgende Taxadaten ausgenommen:

Colpidium spp., *Tintinnopsis* spp., *Strombidium* spp., *Testacea* spec., *Arcella* spp., *Diffugia* spec., *Centropyxis* spp., *Tardigrada* spec., *Prostigmata* spec., *Harpacticoida* spp., *Nematode* spp.

Centering/standardization by species = j

No. of active samples: 31, No. of active species: 27

Total sum of squares in species data = 0.104480E+07

Total standard deviation in species data TAU = 35.3309

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0.589	0.185	0.142	0.058	1.000
Cumulative percentage variance					
of species data	58.9	77.4	91.6	97.4	

III. Canoco Protokoll RDA

Forward selection of envi. variables = 3

Scaling of ordination scores = 1

Number of samples: 32, Number of species: 42, Number of occurrences: 425, No. of environmental variables: 31

No transformation of species data

Centering/standardization by species = y

Environmental variable tested: Tag, KW, Temperatur, d3, HS, RN, Tag 1-4, St.1-8, , Sichttiefe, LF25, ufern, unah, Ort, Sauerstoff [mg/l], pH-Wert

Number of permutations= 499

*** Permutation under reduced model ***

P-value 0.0080 (variable 11; F-ratio= 5.62; number of permutations= 499)

Environmental variable 12 tested

Number of permutations= 499

*** Permutation under reduced model ***

P-value 0.0060 (variable 12; F-ratio= 5.50; number of permutations= 499)

Environmental variable 10 tested

Number of permutations= 499

*** Permutation under reduced model ***

P-value 0.0020 (variable 10; F-ratio= 5.38; number of permutations= 499)

Environmental variable 11 tested

Number of permutations= 499

*** Permutation under reduced model ***

P-value 0.0120 (variable 11; F-ratio= 5.62; number of permutations= 499)

Environmental variable 11 added to model

Variance explained by the variables selected: 0.20

" " " all variables : 0.73

Anhang C Multivariate Analyse

**** Correlation matrix ****

SPEC AX1	1.0000							
SPEC AX2	0.1998	1.0000						
SPEC AX3	0.6886	0.3851	1.0000					
SPEC AX4	0.1547	-0.2694	0.0000	1.0000				
ENVI AX1	0.7062	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000			
ENVI AX2	0.0000	0.5720	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000		
ENVI AX3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
ENVI AX4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tag	0.5570	-0.3516	0.0000	0.0000	0.7887	-0.6148	0.0000	0.0000
HS	-0.4342	-0.4511	0.0000	0.0000	-0.6148	0.7887	0.0000	0.0000
RN	0.4342	0.4511	0.0000	0.0000	0.6148	0.7887	0.0000	0.0000

	SPEC AX1	SPEC AX2	SPEC AX3
Tag	1.0000		
HS	0.0000	1.0000	
RN	0.0000	-1.0000	1.0000

name	(weighted) mean	stand. dev.	inflation factor
SPEC AX1	0.0000	0.7914	
SPEC AX2	0.0000	0.2734	
SPEC AX3	0.0000	0.5993	
SPEC AX4	0.0000	0.4018	
ENVI AX1	0.0000	0.5589	
ENVI AX2	0.0000	0.1564	
ENVI AX3	0.0000	0.0000	
ENVI AX4	0.0000	0.0000	
Tag	2.0000	0.8165	1.0000
HS	0.5000	0.5000	1.0000
RN	0.5000	0.5000	0.0000

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.312	0.024	0.359	0.161	1.000
Species-environment correlations	0.706	0.572	0.000	0.000	
Cumulative percentage variance					
of species data	31.2	33.7	69.6	85.7	
of species-environment relation	92.7	100.0	0.0	0.0	

Sum of all eigenvalues: 1.000; Sum of all canonical eigenvalues: 0.337

Program CANOCO Version 4.5A February 2003 - written by Cajo J.F. Ter Braak (C) 1988-2003
 Biometris - quantitative methods in the life and earth sciences Plant Research International,
 Wageningen University and Research Centre Box 100, 6700 AC Wageningen, the Netherlands
 CANOCO performs (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components
 analysis and redundancy analysis. CANOCO is an extension of Cornell Ecology program DECORANA
 (Hill,1979)

Anhang D Längenmessungen

I. Messdaten ausgewählter Taxa am 4.6. und 30.6.

<i>Veligerlarve</i>				
Datum	04.06.2004		30.06.2004	
Strom	RN	HS	RN	HS
Länge [µm]	Häufigkeit [%]			
45		10		3
55	1			
60	1	7		
65	1			
70	1			
75	50	3		
80	1			
85	1	3	2	3
90	1	7	3	
95	4	3	2	3
100	15	27	6	8
105	9	3	6	13
110	5	20	14	18
115	5	3	20	21
120	1		14	23
125	1	3	9	8
130			15	
135		3	4	
140	1		2	3
145			2	
150	1	3	1	
155		3	2	
180	1			
n =	71	30	169	39

<i>Keratella cochlearis</i>				
Datum	04.06.2004		30.06.2004	
Strom	RN	HS	RN	HS
Länge [µm]	Häufigkeit [%]			
60			1	
95			1	
100			1	
105	1		1	5
110	6	4	10	12
115	6	8	16	
120	7	4	9	12
125	6	12	7	7
130	6	6	10	5
135	8	14	10	5
140	12	8	14	12
145	13	10	6	21
150	14	10	7	5
155	4	6	2	5
160	5	2	2	5
165	4	2	1	
170	1	2		
175			1	
180	2	4	2	2
185	2	4		2
190				
195	1			2
200				2
205		2		
210			1	
225	1			
310			1	
n =	84	49	114	43

<i>Naupliuslarve</i>				
Datum	04.06.2004		30.06.2004	
Strom	RN	HS	RN	HS
Länge [µm]	Häufigkeit [%]			
70	5			
80	5			
90	5			
95		3		8
100	2	19	8	8
105	2		3	
110	2	6	6	
115	10		3	15
120		3		15
125		6	11	8
130		9		
135	7	13	3	8
140			11	
145			8	8
150	10	13	14	
155	7	3	6	
160	7	6	3	8
165	15		6	
170	5	3		
175	2	6	3	
180			3	8
185			3	
200	2		3	
205	2			15
235	2	3	3	
240		6		
250			3	
260	2			
270			3	
290	2			
310	2			
n =	42	32	36	13

n = Anzahl gemessener Individuen

RN = Rechter Nebenarm, HS = Hauptstrom

II. SPSS Protokoll

Explorative Datenanalyse

Tab. 1: Verarbeitete Fälle: Datum = 04.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl

	Strom	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Naupliuslarve	0	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
	1	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
Veligerlarve	0	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
	1	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%

Tab. 2: Univariate Statistiken: Datum = 04.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN

	Strom		Statistik	Standardfehler	
<i>K. cochlearis</i>	0	Mittelwert	1,5148	,40194	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze		,7121
			Obergrenze		2,3176
		5% getrimmtes Mittel	,9796		
		Median	,0000		
		Varianz	10,663		
		Standardabweichung	3,26541		
		Minimum	,00		
		Maximum	14,29		
		Spannweite	14,29		
	Interquartilbereich	1,19			
	Schiefe	2,501	,295		
	Kurtosis	5,966	,582		
	1	Mittelwert	1,5147	,40452	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze		,7068
			Obergrenze		2,3226
		5% getrimmtes Mittel	1,0131		
		Median	,0000		
		Varianz	10,800		
		Standardabweichung	3,28631		
Minimum		,00			
Maximum		14,29			
Spannweite		14,29			
Interquartilbereich	,51				
Schiefe	2,372	,295			

Anhang D Längenmessungen

	Strom		Statistik	Standardfehler	
		Kurtosis	5,028	,582	
Naupliuslarve	0	Mittelwert	1,5156	,36403	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,7886	
			Obergrenze	2,2426	
		5% getrimmtes Mittel	1,0721		
		Median	,0000		
		Varianz	8,746		
		Standardabweichung	2,95736		
		Minimum	,00		
		Maximum	14,63		
		Spannweite	14,63		
		Interquartilbereich	2,44		
	Schiefe	2,431	,295		
	Kurtosis	6,339	,582		
	1	Mittelwert	1,5156	,44374	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,6294	
			Obergrenze	2,4018	
		5% getrimmtes Mittel	,9001		
		Median	,0000		
		Varianz	12,996		
		Standardabweichung	3,60499		
		Minimum	,00		
		Maximum	18,75		
Spannweite		18,75			
Interquartilbereich		,00			
Schiefe	2,921	,295			
Kurtosis	9,243	,582			

Anhang D Längenmessungen

	Strom		Statistik	Standardfehler
Veligerlarve	0	Mittelwert	1,5153	,79292
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		
		Untergrenze	-,0683	
		Obergrenze	3,0989	
		5% getrimmtes Mittel	,4169	
		Median	,0000	
		Varianz	41,496	
		Standardabweichung	6,44172	
		Minimum	,00	
		Maximum	49,65	
		Spannweite	49,65	
		Interquartilbereich	,71	
		Schiefe	6,784	
	Kurtosis	49,813	,582	
	1	Mittelwert	1,5148	,53949
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		
		Untergrenze	,4374	
		Obergrenze	2,5923	
		5% getrimmtes Mittel	,6954	
		Median	,0000	
		Varianz	19,209	
		Standardabweichung	4,38286	
		Minimum	,00	
Maximum		26,67		
Spannweite	26,67			
Interquartilbereich	,00			
Schiefe	4,333	,295		
Kurtosis	20,823	,582		

Tests auf Normalverteilung

Tab. 3: Datum = 04.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

	Strom	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
<i>K. cochlearis</i>	0	,406	66	,000	,540	66	,000
	1	,435	66	,000	,537	66	,000
Naupliuslarve	0	,393	66	,000	,588	66	,000
	1	,451	66	,000	,493	66	,000
Veligerlarve	0	,415	66	,000	,241	66	,000
	1	,423	66	,000	,391	66	,000

Anhang D Längenmessungen

Strom

Tab. 4: Verarbeitete Fälle: Datum = 30.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl

	Strom	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
<i>K. cochlearis</i>	0	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
	1	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
Naupliuslarve	0	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
	1	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
Veligerlarve	0	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%
	1	66	100,0%	0	,0%	66	100,0%

Tab. 5: Univariate Statistiken: Datum = 30.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN

	Strom		Statistik	Standardfehler	
<i>K. cochlearis</i>	0	Mittelwert	1,5155	,43259	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,6515	
			Obergrenze	2,3794	
		5% getrimmtes Mittel	,9705		
		Median	,0000		
		Varianz	12,351		
		Standardabweichung	3,51435		
		Minimum	,00		
		Maximum	15,79		
		Spannweite	15,79		
	Interquartilbereich	,88			
	Schiefe	2,610	,295		
	Kurtosis	6,211	,582		
	1	Mittelwert	1,5155	,45610	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,6046	
			Obergrenze	2,4263	
		5% getrimmtes Mittel	,8812		
		Median	,0000		
		Varianz	13,730		
		Standardabweichung	3,70536		
Minimum		,00			
Maximum		20,93			
Spannweite		20,93			
Interquartilbereich	,00				
Schiefe	3,304	,295			
Kurtosis	12,539	,582			

Anhang D Längenmessungen

	Strom		Statistik	Standardfehler		
Naupliuslarve	0	Mittelwert	1,5156	,37545		
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze		,7658	
			Obergrenze		2,2654	
		5% getrimmtes Mittel	1,0340			
		Median	,0000			
		Varianz	9,303			
		Standardabweichung	3,05015			
		Minimum	,00			
		Maximum	13,89			
		Spannweite	13,89			
		Interquartilbereich	2,78			
		Schiefe	2,433		,295	
		Kurtosis	5,782		,582	
		1	Mittelwert		1,5147	,47604
			95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Untergrenze	
	Obergrenze			2,4654		
	5% getrimmtes Mittel		,8674			
	Median		,0000			
	Varianz		14,956			
	Standardabweichung		3,86734			
	Minimum		,00			
	Maximum		15,38			
	Spannweite		15,38			
	Interquartilbereich		,00			
	Schiefe		2,592	,295		
	Kurtosis	6,010	,582			

Anhang D Längenmessungen

	Strom		Statistik	Standardfehler	
Veligerlarve	0	Mittelwert	1,5156	,49617	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze		,5247
			Obergrenze		2,5065
		5% getrimmtes Mittel	,7885		
		Median	,0000		
		Varianz	16,248		
		Standardabweichung	4,03094		
		Minimum	,00		
		Maximum	20,12		
		Spannweite	20,12		
		Interquartilbereich	,00		
		Schiefe	3,172		,295
		Kurtosis	9,841		,582
		1	Mittelwert		1,5148
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Untergrenze	,3606	
			Obergrenze	2,6691	
	5% getrimmtes Mittel		,5824		
	Median		,0000		
	Varianz		22,045		
	Standardabweichung		4,69522		
	Minimum		,00		
	Maximum		23,08		
	Spannweite	23,08			
Interquartilbereich	,00				
Schiefe	3,533	,295			
Kurtosis	12,097	,582			

Tests auf Normalverteilung

Tab. 6: Datum = 30.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

	Strom	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
<i>K. cochlearis</i>	0	,390	66	,000	,498	66	,000
	1	,431	66	,000	,477	66	,000
Naupliuslarve	0	,402	66	,000	,568	66	,000
	1	,501	66	,000	,440	66	,000
Veligerlarve	0	,419	66	,000	,438	66	,000
	1	,475	66	,000	,369	66	,000

Nichtparametrische Tests

Mann-Whitney-Test

Ränge

Tab. 7: Datum = 04.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl

	Strom	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Veligerlarve	0	66	67,56	4459,00
	1	66	65,44	4319,00
	Gesamt	132		
<i>K. cochlearis</i>	0	66	67,17	4433,50
	1	66	65,83	4344,50
	Gesamt	132		
Naupliuslarve	0	66	68,67	4532,00
	1	66	64,33	4246,00
	Gesamt	132		

Statistik für Test

Tab. 8: Datum = 04.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl,
Gruppenvariable = Strom

	Veligerlarve	<i>K. cochlearis</i>	Naupliuslarve
Mann-Whitney-U	2108,000	2133,500	2035,000
Wilcoxon-W	4319,000	4344,500	4246,000
Z	-,424	-,264	-,847
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,672	,792	,397

Mann-Whitney-Test

Ränge

Tab. 9: Datum = 30.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl

	Strom	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Veligerlarve	0	66	68,64	4530,00
	1	66	64,36	4248,00
	Gesamt	132		
<i>K. cochlearis</i>	0	66	68,30	4508,00
	1	66	64,70	4270,00
	Gesamt	132		
Naupliuslarve	0	66	70,09	4626,00
	1	66	62,91	4152,00
	Gesamt	132		

Statistik für Test

Tab. 10: Datum = 30.06., Strom 0 = HS, Strom 1 = RN, N = Anzahl,
Gruppenvariable = Strom

	Veligerlarve	<i>K. cochlearis</i>	Naupliuslarve
Mann-Whitney-U	2037,000	2059,000	1941,000
Wilcoxon-W	4248,000	4270,000	4152,000
Z	-,939	-,698	-1,490
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,348	,485	,136

Anhang E Messdaten Brake

Tagesmittelwerte, Messungen WSA Bremerhaven

Salinität

Datum	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]		LF 25	
	2003	2004	2003	2004
1.5	123,8	100,4	0,6	0,5
2.5	121,5	103,2	0,6	0,5
3.5	123,0	107,1	0,6	0,5
4.5	121,3	109,7	0,6	0,5
5.5	119,5	109,8	0,6	0,5
6.5	120,0	113,0	0,6	0,5
7.5	117,7	116,4	0,6	0,5
8.5	116,9	109,5	0,5	0,5
9.5	119,3	101,8	0,6	0,5
10.5	117,8	98,5	0,6	0,5
11.5	117,9	98,5	0,6	0,5
12.5	119,7	84,8	0,6	0,4
13.5	121,7	85,9	0,6	0,4
14.5	123,8	84,5	0,6	0,4
15.5	128,8	82,0	0,6	0,4
16.5	126,5	86,0	0,6	0,4
17.5	126,4	89,1	0,6	0,4
18.5	128,0	93,5	0,6	0,4
19.5	129,2	97,6	0,6	0,4
20.5	129,3	102,2	0,6	0,5
21.5	125,9	105,9	0,6	0,5
22.5	121,4	109,2	0,6	0,5
23.5	120,1	112,1	0,6	0,5
24.5	116,8	114,2	0,5	0,5
25.5	112,3	117,7	0,5	0,6
26.5	110,6	121,5	0,5	0,6
27.5	110,0	125,4	0,5	0,6
28.5	111,1	128,9	0,5	0,6
29.5	113,5	132,1	0,5	0,6
30.5	115,8	134,5	0,5	0,6
31.5	118,7	136,5	0,6	0,6
1.6	120,0	139,0	0,6	0,7
2.6	120,0	142,3	0,6	0,7
3.6	122,7	146,0	0,6	0,7
4.6	121,1	150,9	0,6	0,7
5.6	126,6	160,7	0,6	0,8

Datum	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]		LF 25	
	2003	2004	2003	2004
6.6	123,9	157,2	0,6	0,8
7.6	123,1	153,8	0,6	0,7
8.6	121,7	149,7	0,6	0,7
9.6	128,8	144,1	0,6	0,7
10.6	121,9	144,8	0,6	0,7
11.6	124,8	147,2	0,6	0,7
12.6	125,7	146,4	0,6	0,7
13.6	128,6	141,8	0,6	0,7
14.6	131,6	140,0	0,6	0,7
15.6	134,2	151,2	0,6	0,7
16.6	140,5	163,3	0,7	0,8
17.6	136,6	150,2	0,6	0,7
18.6	136,7	163,8	0,6	0,8
20.6	173,3	157,6	0,8	0,8
21.6	148,9	155,8	0,7	0,7
22.6	127,4	153,8	0,6	0,7
23.6	132,4	150,8	0,6	0,7
24.6	138,3	184,1	0,7	0,9
25.6	134,0	200,8	0,6	1,0
26.6	127,1	165,7	0,6	0,8
27.6	125,7	155,6	0,6	0,7
28.6	126,3	172,8	0,6	0,8
29.6	135,2	154,2	0,6	0,7
30.6	138,5	152,9	0,7	0,7
1.7	140,5	170,2	0,7	0,8
2.7	150,2	175,7	0,7	0,9
3.7	153,7	184,6	0,7	0,9
4.7	161,9	186,3	0,8	0,9
5.7	156,0	179,3	0,7	0,9
6.7	137,1	170,4	0,7	0,8
7.7	125,2	144,3	0,6	0,7
8.7	124,8	132,6	0,6	0,6
9.7	123,9	146,0	0,6	0,7
10.7	116,9	148,6	0,5	0,7
11.7	121,0	140,3	0,6	0,7
12.7	146,5	137,9	0,7	0,7

Datum	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]		LF 25	
	2003	2004	2003	2004
13.7	138,5	129,9	0,7	0,6
14.7	132,3	121,8	0,6	0,6
15.7	133,9	120,3	0,6	0,6
16.7	138,0	118,2	0,7	0,6
17.7	154,9	114,9	0,7	0,5
18.7	164,8	118,8	0,8	0,6
19.7	155,1	120,6	0,7	0,6
20.7	150,0	112,2	0,7	0,5
21.7	152,2	101,4	0,7	0,5
22.7	151,4	98,1	0,7	0,5
23.7	141,5	96,8	0,7	0,4
24.7	134,5	102,5	0,6	0,5
25.7	129,4	106,4	0,6	0,5
26.7	131,2	107,9	0,6	0,5
27.7	136,3	105,8	0,6	0,5
28.7	149,3	102,5	0,7	0,5
29.7	139,5	95,5	0,7	0,4
30.7	141,3	92,9	0,7	0,4
31.7	155,1	95,4	0,7	0,4
1.8	158,3	100,6	0,8	0,5
2.8	162,6	104,8	0,8	0,5
3.8	164,1	112,1	0,8	0,5
4.8	161,0	118,5	0,8	0,6
5.8	151,3	119,0	0,7	0,6

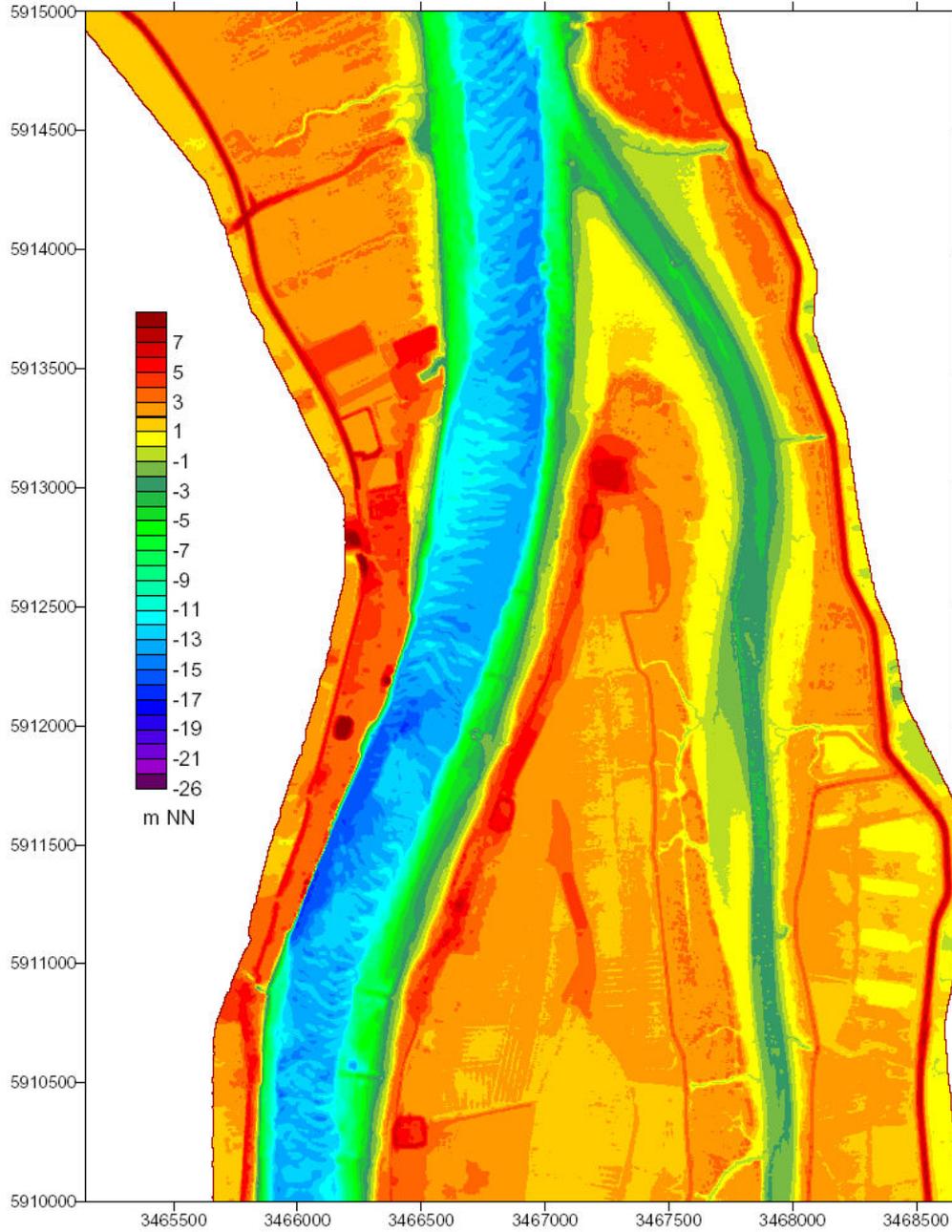
Wassertemperatur

Datum	2003 °C	2004 °C
1.5	15,1	16,0
2.5	15,3	16,1
3.5	15,1	16,3
4.5	15,2	16,3
5.5	15,7	16,1
6.5	15,7	16,0
7.5	15,8	15,9
8.5	16,2	15,7
9.5	16,2	15,6
10.5	16,2	15,7
11.5	16,5	15,1
12.5	16,7	13,9
13.5	16,7	13,3
14.5	16,3	13,4
15.5	16,3	13,6
16.5	16,5	13,9
17.5	16,7	14,3
18.5	16,9	14,8
19.5	17,0	15,1
20.5	16,8	15,4
21.5	16,6	15,3
22.5	16,5	15,2
23.5	16,4	15,0
24.5	16,4	15,2
25.5	16,6	15,4
26.5	16,7	15,4
27.5	17,1	15,3
28.5	17,6	15,6
29.5	18,2	16,0
30.5	18,8	16,5
31.5	19,2	16,8
1.6	19,7	16,7
2.6	20,4	16,7
3.6	20,7	17,0
4.6	21,3	17,1
5.6	21,4	17,1
6.6	21,7	17,3
7.6	22,2	17,9
8.6	22,7	18,6
9.6	22,3	19,0
10.6	22,5	19,4
11.6	22,6	19,6
12.6	22,7	19,5
13.6	22,6	19,4
14.6	22,4	19,4
15.6	22,4	19,3
16.6	22,4	18,9
17.6	22,6	18,9
18.6	22,8	18,9

Datum	2003 °C	2004 °C
19.6	22,6	18,8
20.6	22,1	18,6
21.6	21,5	18,7
22.6	21,5	19,0
23.6	21,8	18,9
24.6	21,5	18,4
25.6	21,1	17,9
26.6	21,2	17,9
27.6	21,5	18,2
28.6	21,6	18,4
29.6	21,8	18,4
30.6	21,8	18,6
1.7	21,8	18,6
2.7	21,5	18,5
3.7	21,3	18,4
4.7	21,0	18,3
5.7	20,7	18,4
6.7	20,5	18,6
7.7	20,7	19,0
8.7	21,0	19,2
9.7	21,1	19,4
10.7	21,3	19,3
11.7	21,4	19,0
12.7	21,3	18,8
13.7	21,2	18,5
14.7	21,4	18,4
15.7	21,8	18,5
16.7	22,3	18,7
17.7	22,6	19,2
18.7	22,6	19,5
19.7	23,0	19,6
20.7	23,4	19,5
21.7	23,7	19,4
22.7	23,9	20,1
23.7	24,0	20,7
24.7	23,9	20,9
25.7	24,0	20,7
26.7	24,1	20,7
27.7	24,0	20,7
28.7	24,1	20,9
29.7	24,3	21,1
30.7	24,3	21,4
31.7	24,5	21,7
1.8	24,8	21,9
2.8	25,0	22,1
3.8	25,0	22,4
4.8	25,1	22,7
5.8	25,0	23,0

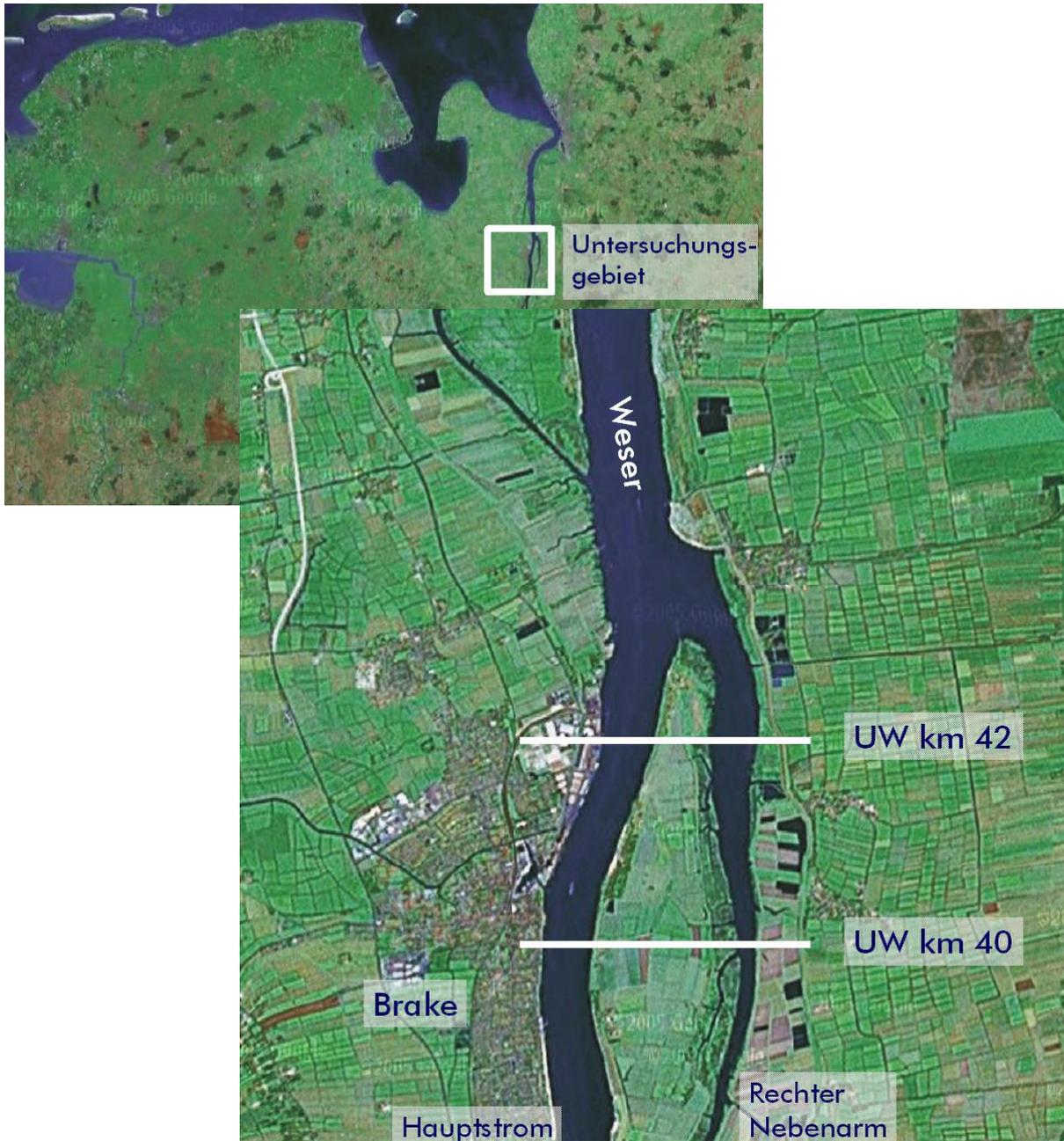
Anhang F Karten

I. Topografische Karte des Untersuchungsgebietes



Topographie des Rechten Nebenarms (RN-km 11 bis 7,5) und der Unterweser (UW-km 40 bis 45)
aus: Schöl & Krings 2005

II. Geografische Karte des Untersuchungsgebietes



Lage des Untersuchungsgebietes mit Probennahmetransekten, nachbearbeitet, Quelle: Google-Maps

Anhang G Bildergalerie

I. Das Untersuchungsgebiet



Das Untersuchungsgebiet mit Blick vom Harrier Sand auf die Weser



Blick auf die Gefahrentonne an der Nordspitze der Insel



Blick nach Westen aus dem rechten Nebenarm auf Markierung der nördlichen Inselfspitze



Charakteristische konzentrische Diatomee

II. Material



Das Planktonnetz

III. Die taxonomische Bearbeitung im Labor



Das Utermöhl-Umkehrmikroskop mit einer 10 ml-Kammer auf dem Objektisch

IV. Fotos ausgewählter Zooplankter des Untersuchungsgebietes



Brachionus cf. angularis mit gut erkennbarer Korona



Brachionus calyciflorus mit einem angehefteten Ei zwischen Fadenalgen



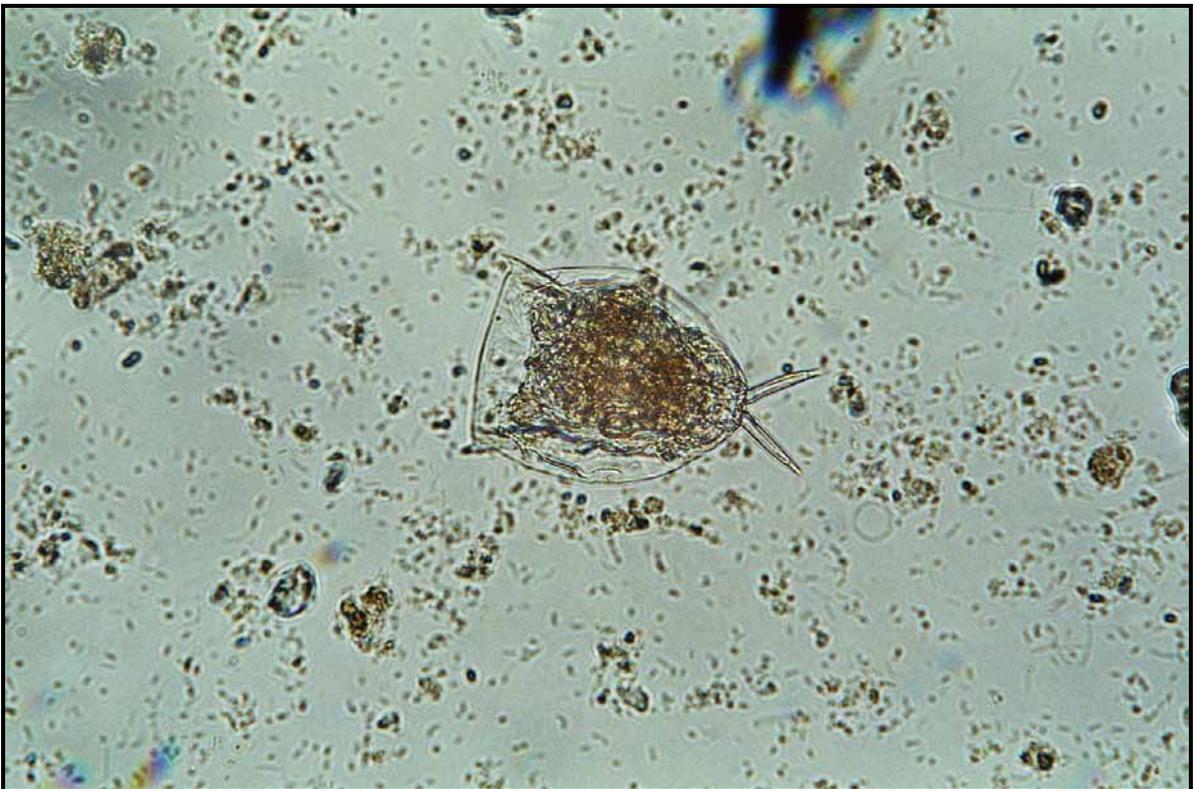
Keratella cochlearis mit terminalem Dorn



Keratella quadrata trägt zwei Eier mit sich



Kellicottia bostoniensis



Lecane spec.



Lecane spec.



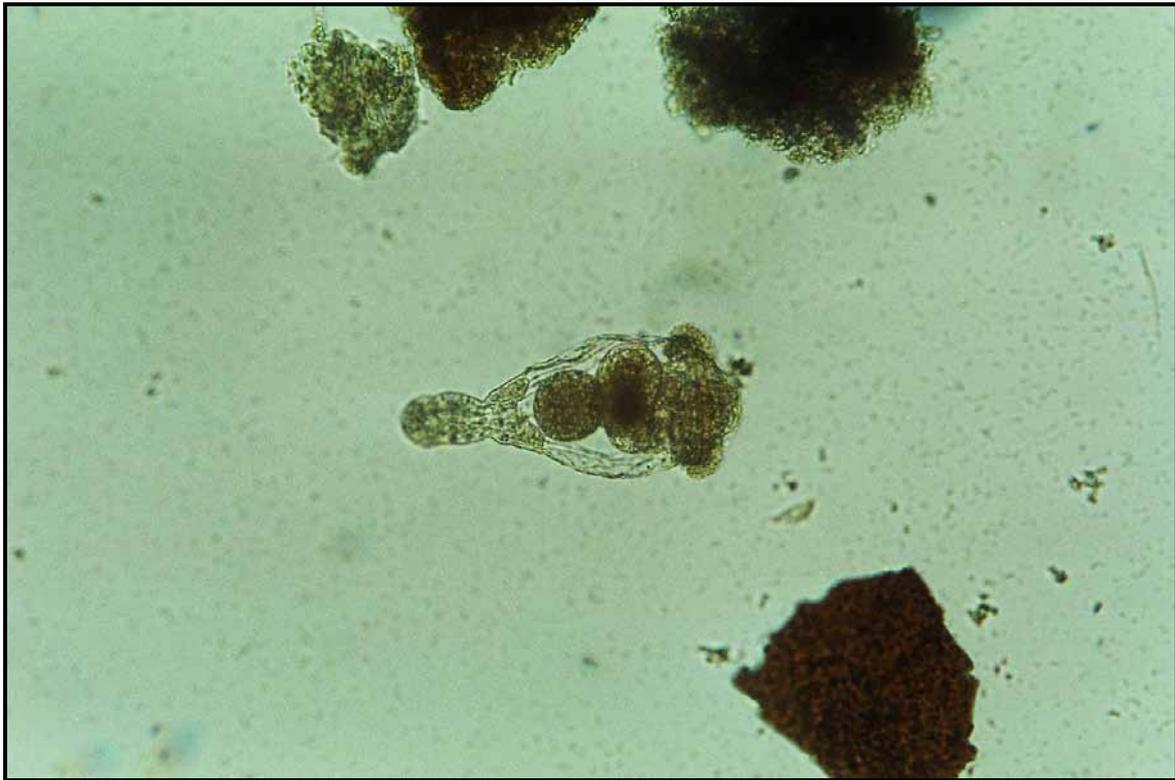
Notholca cf. acuminata



Platijas quadricornis



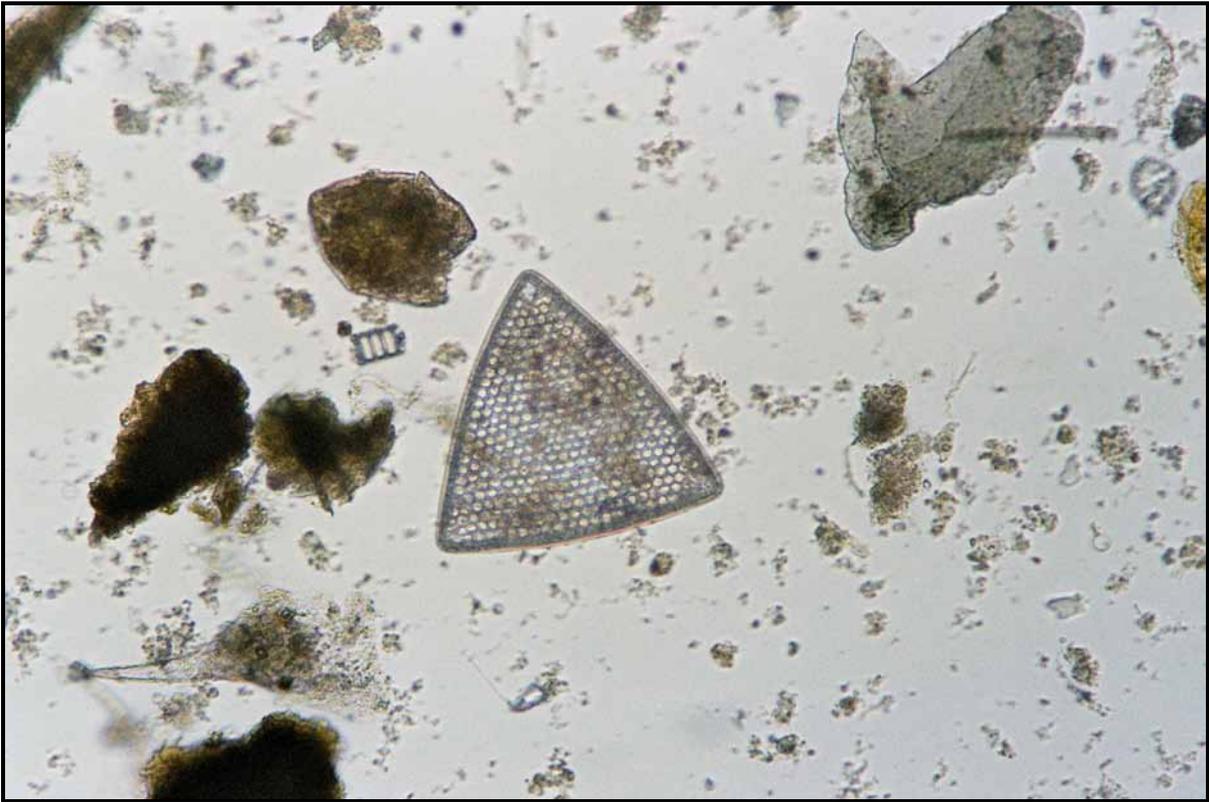
Polyarthra spec. mit einem angehefteten Ei



Rotator spec. mit verbreitertem Fuß und deutlich erkennbarer Korona,
sowie einer konzentrischen Alge im Magen



Veligerlarve zwischen fädigen Algen



Charakteristische konzentrische Diatomee



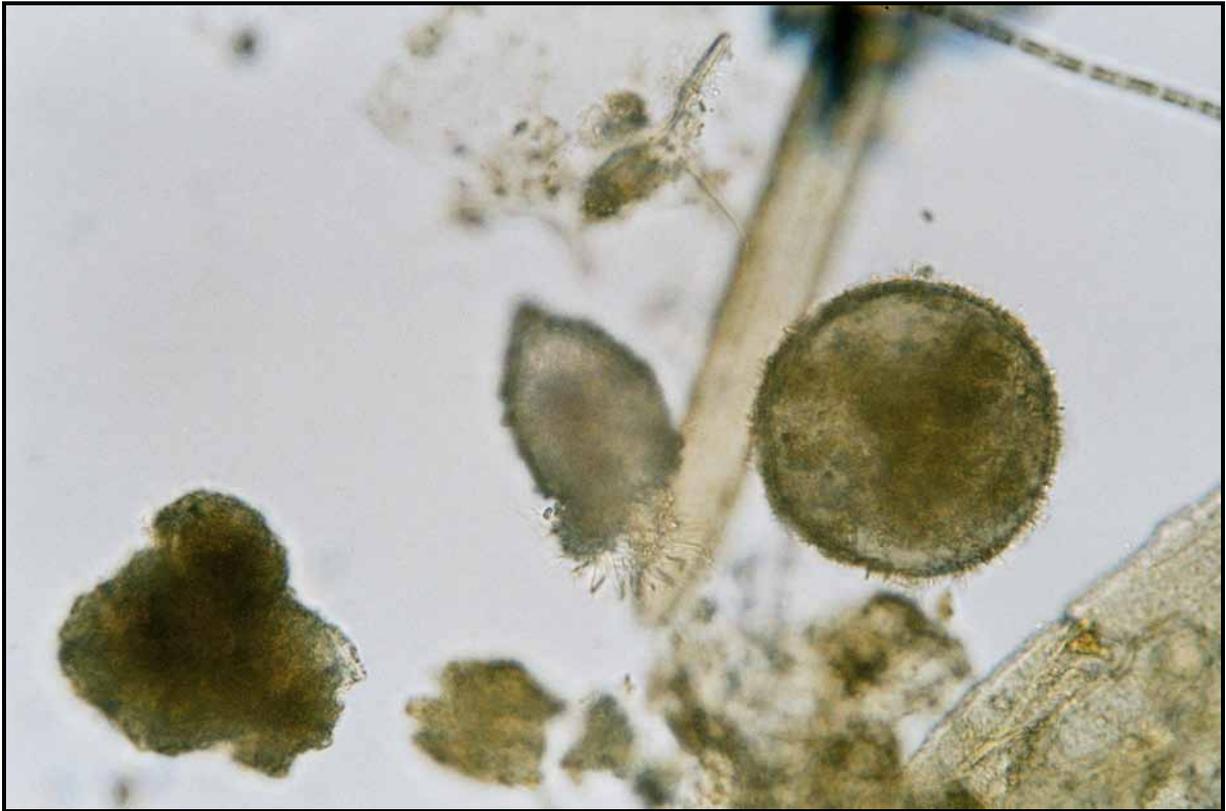
Naupliuslarve eines calanoiden Copepoden



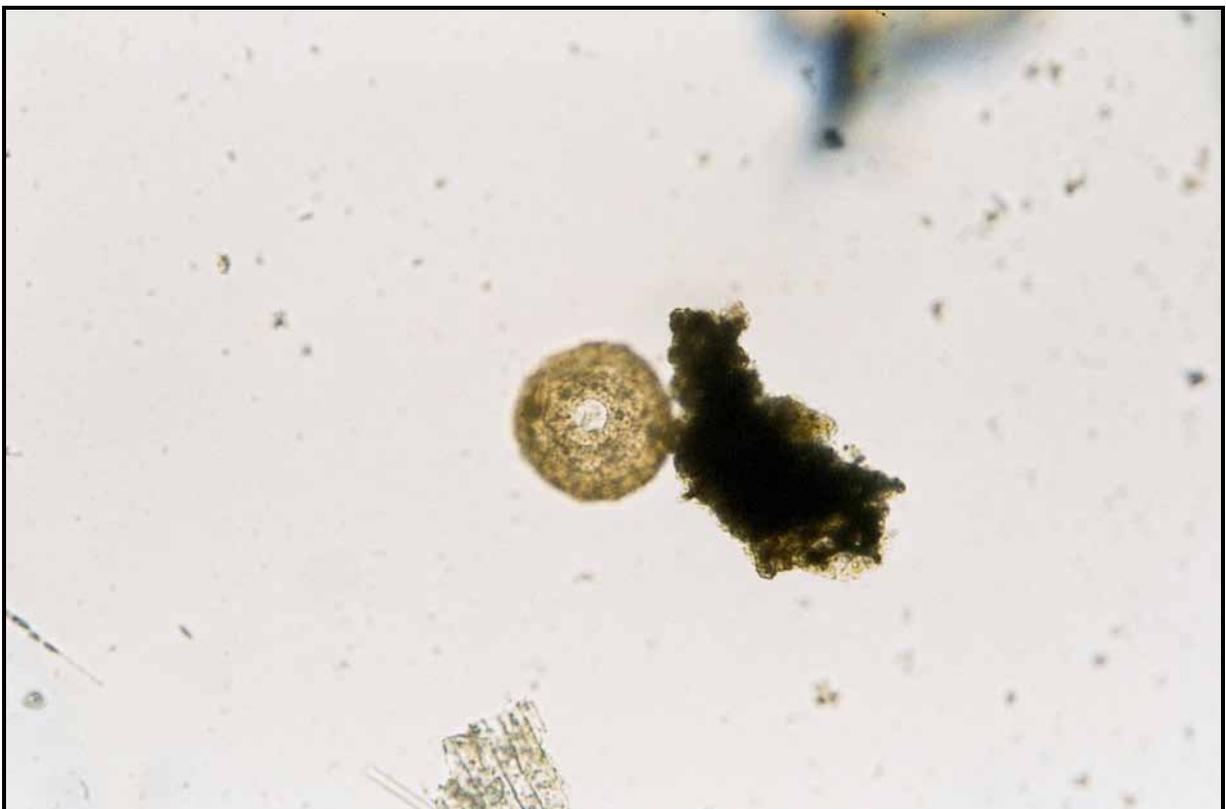
Naupliuslarve eines calanoiden Copepoden



Bosmina longirostris



Tinitinnidiidae



Arcella spec.



Centropyxis spec.



Charakteristische konzentrische Diatomee



Tardigrada mit unverdauten konzentrischen Algen



Milbe