

# **DIE BEDEUTUNG DES MAKROZOOBENTHOS FÜR DEN STOFFUMSATZ IM SEDIMENT**

*B. Günther*

Universität Greifswald, Zoologisches Institut und Museum  
Bachstr. 11/12, 17489

## **Einleitung**

Die Untersuchungen der Stoffumsatzprozesse, die im Sediment und zwischen Sediment und Wasser verlaufen und durch das Makrozoobenthos ausgelöst werden, schlossen folgende Arbeitsschritte ein:

- Die Erfassung der Artenzusammensetzung, der Abundanz und Dominanzstruktur im Untersuchungsgebiet,
- die Korrelation zwischen dem Vorkommen der Arten und ökologischen Parametern insbesondere der Salinität, der Sauerstoffsättigung, der Bodenstruktur, der pH-Werte und der Nährstoffsituation. sowie
- die Erfassung der Produktion und Respiration über den Verlauf der Untersuchungsjahre.

Die faunistischen Erhebungen wurden im Greifswalder Bodden, im Peenestrom, im Achterwasser und im Kleinen Haff durchgeführt und durch Praktikums und Diplomarbeiten unterstützt (WOIDIG (1993), POLTE (1993), LEWIN (1995, 1998), LINDAU und JANSEN (1995), BRUST, KOHLER und ELLISEN (1995), HENSEL (1994), WIEGEMANN (1997), HABERMANN (1997), PREMKE (1996), WIESNER, (1993, 1997).

## **Kenntnisstand zu Beginn des Projektes**

Untersuchungen zur Makrofauna des Greifswalder Boddens und seiner Randgewässer sind seit STAMMER (1928) und SEIFERT (1938) in mehr oder weniger großen Abständen durchgeführt worden (DAMISCH 1956, WOHLRAB 1959, GÜNTHER 1961, ENGELMANN 1964, MESSNER 1986, PEREZ 1990). Mit den Arbeiten über das Mikrobenthos (ARLT 1970), das Phyto- und Zooplankton (SCHNESE 1967, KELL 1984 und 1985) und unter Beachtung der gegenwärtig laufenden Untersuchungen des Makrozoobenthos (JÖNSSON 1994), liegt zur Fauna des Greifswalder Bodden ein beachtliches Datenmaterial vor.

Ähnlich verlief die Bearbeitung des Großen Haffs. Auch für dieses Gewässer ließen sich, ausgehend von den Arbeiten von NEUBAUR (1927), NEUHAUS (1933), WIKTOR und WIKTOR (1954) und über die Untersuchungen der Autoren GIZINSKI et al. (1980), PIESIK (1983 und 1992), WOLNOMIEJSKI et al. (1989 und 1994), MASLOWSKI (1992) generelle Entwicklungstrends ableiten, die ihren Niederschlag in der Arbeit "Long - term changes in bottom macrofauna of the Szczecin Lagoon ....." von MASLOWSKI (1993) gefunden haben.

Für den Peenestrom und das Kleine Haff, die als Bindeglieder zwischen dem Greifswalder Bodden und dem Oderhaff aufgefaßt werden können, lag mit der Arbeit von NEUHAUS (1933) lediglich eine Statuserfassung vor.

Weiterführende faunistische Untersuchungen in diesem Teil des Oderästuars sind nicht erfolgt. Arbeiten zu Stoffumsatzprozessen liegen generell nicht vor.

Aus dieser Situation leitete sich der Ansatz der eigenen Arbeit ab, die in ihrer ersten Phase als Status-quo-Erfassung zu werten ist, um den aktuellen Bestand der vorkommenden Makrozoobenthos-Gruppen und der sie beeinflussenden Parameter zu erfassen und in einer zweiten Phase durch die Bestimmung der in den Organismen akkumulierten Kohlenstoffmengen und über die Respiration und Produktion der Tiere auf die Klärung der Größenordnung ihres Kohlenstoffumsatzes Rückschlüsse ziehen zu können.

## Material und Methode

Die Beprobungen erfolgten 1993 bis 1995 an 15 Stationen, deren Koordinaten aus der Tabelle 1 a und der beiliegenden Karte (Abb.1) entnommen werden können.

Tabelle 1 a: Koordinaten der Untersuchungsstationen

	Station	Koordinaten	Nord	Ost
1	Tonne G2		54°08,60'	13°29,10'
2	Ariadne		54°12,40'	13°34,00'
4	Elsagrund		54°12,30'	13°39,00'
5	Loche		54°11,00'	13°44,10'
6	Freest		54°08,50'	13°45,00'
7	Hollendorf		54°06,80'	13°47,20'
9	Wolgast		54°02,60'	13°46,80'
10	Krumminer Wieck		54°00,30'	13°50,10'
11	Achterwasser		54°01,70'	13°57,20'
12	Rankwitz		53°57,20'	13°53,50'
13	Zecheriner Brücke		53°51,95'	13°49,80'
14	Karniner Brücke		53°50,65'	13°51,50'
16	Tonne H3		53°49,50'	14°03,30'

17	Tonne H5	53°49,50'	14°09,00'
18	Tonne Haff	53°47,30'	14°16,30'

1993 wurden vom April bis November an den aufgeführten Stationen je 5 Beprobungen, 1994 in der Zeit vom April bis September 4 und 1995 je 6 Beprobungen durchgeführt. Darüber hinaus wurde 1994 eine Wiederholung der im Jahre 1993 abgeschlossenen Haffkartierung vorgenommen. Der Haffkartierung lag ein Quadratnetz mit insgesamt 76 Stationen zugrunde, deren Abstände zueinander 1 sm betragen.

Im Sinne einer Erweiterung der bis 1995 nur im zentralen Becken des Kleinen Haffs durchgeführten monatlichen Probenentnahmen wurden 1996 und 1997 8 Stationen in unterschiedlichen Habitaten des Kleinen Haffs faunistisch untersucht.

Die Koordinaten der Stationen sind in der Tabelle 2 a zusammengefaßt worden.

Tabelle 2 a : Koordinaten der Untersuchungsstationen im Kleinen Haff

Stationen	Koordinaten		Stationen	Koordinaten	
	Nord	Ost		Nord	Ost
I	Karniner Brücke		V	53°48,40'	14°04,45'
II	53°50,00'	14°00,00'	VI	53°48,40'	14°09,10'
III	53°46,32'	14°00,00'	VII	53°47,07'	14°13,25'
IV	53°51,90'	14°02,04'	VIII	53°48,41'	14°14,93'

Die Entnahme der Benthoproben erfolgte mit einem Kastengreifer eigener Konstruktion (60 cm<sup>2</sup>), der auch in festen Sedimenten Eindringtiefen bis zu 25 cm erreichte.

An jeder Station wurden 3 Einzelproben entnommen, die einer getrennten Auswertung zugeführt wurden. Die gewonnenen Sedimentproben wurden ausgesiebt (Maschenweite 0,5 mm), mit Formaldehyd fixiert (2 - 3 %) und die Tiere zu einem späteren Zeitpunkt selektiert. Nach der Selektion erfolgte eine Trennung des Makrozoobenthos nach Ordnungen, Familien und soweit möglich nach Arten.

Bei der Feuchtgewichtsbestimmung der Tiere ist formaldehydfixiertes Material zugrunde gelegt worden. Zur Trockengewichtsbestimmungen erfolgten parallel zueinander Gefrier - und Wärmetrocknungen (SCHWOERBEL 1994). Die Kohlenstoffgehalte der Organismen wurden in TOC - Geräten der Firmen SHIMADZU und ANALYTIK JENA ermittelt.

Die Nährstoffanalysen der Wasserproben sind mit dem Photometer Nanocolor 200 D nach DIN 38405/D9, D10, D11 und 38406/E5 und mit einem Ionenchromatographen der Firma SYCAM durchgeführt worden. Die Bestimmung der Temperatur, des Sauerstoffgehaltes, des pH - Wertes und der Leitfähigkeit erfolgte durch Sofortmessungen an Bord. Die Sichttiefe wurde mit der Secchi - Scheibe gemessen.

Die Chlorophyll a - Bestimmungen sind nach KLEE (1993) an ausgewählten Stationen (2, 5, 7, 9, 11, 14, 17 und im Kleinen Haff an den Stationen IV, V, VI, VIII) vorgenommen worden.

Die Korngrößenanalysen erfolgten unter Zugrundelegung der vom Makrozoobenthos besiedelten Sedimenttiefen aus Mischproben 20-25 cm langer Kerne. Die Siebung wurde im Trockenverfahren durchgeführt (GRAY 1984). Die Sedimentanteile zur Bestimmung der Glühverluste (DIN 38414, Teil 3) wurde ebenfalls den gemischten Proben entnommen.

Die Respirationmessungen sind im "Sapromaten" und in einer Durchflußsauerstoffmeßzelle durchgeführt worden.

### **Ökologisch wirksame Parameter**

Windbedingte Pegelunterschiede zwischen dem Greifswalder Bodden und dem Kleinen Haff führten zu Strömungen, die vom Greifswalder Bodden über den Peenestrom zum Kleinen Haff oder umgekehrt verliefen (BUCKMANN 1994). Damit änderten sich die Konzentrationen der biologisch wirksamen Wasserinhaltsstoffe oft in kurzen Zeitabständen. Sie unterliegen zusätzlich dem Einfluß des Süßwasser-Einstromes durch Oder, Uecker, Zarow, Peene und Ryck (LAMPE 1994), insbesondere während der Hochwasserabflüsse.

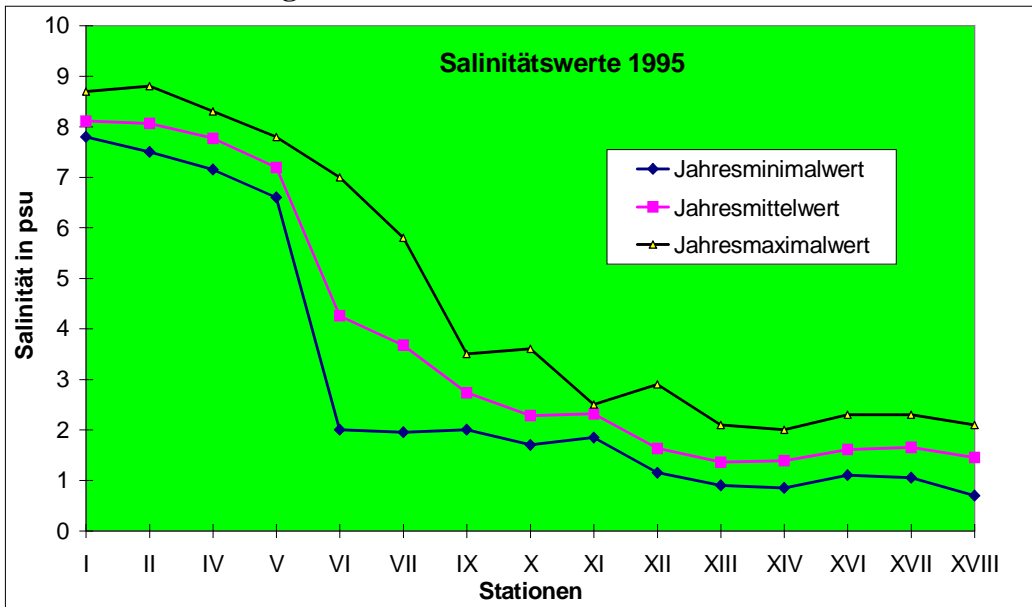
### **Salinität**

Die im Greifswalder Bodden im Untersuchungszeitraum relativ ausgeglichenen Salinitätswerte (6,2 - 8,8 psu, Anlage: Tabellen 1, 2 und 3) nahmen im Untersuchungszeitraum im Bereich der Stationen Freest und Hollendorf sprunghaft ab (Abb. 2 ), so daß der mittlere Salinitätswert an diesen Stationen etwa 3 psu betrug. Die weitere Verringerung der Salinität vollzog sich von den genannten Stationen bis zum Kleinen Haff kontinuierlich in kleinen Schritten und erreichte 1993 an der Station 17 einen Durchschnittswert von 1,9 psu, 1994 von 0,95 psu und 1995 einen Wert von 1,65 psu. Die 1996 im Kleinen Haff durchgeführten Untersuchungen ergaben an der gleichen Stelle einen Jahresdurchschnittswert von 0,8 psu (Anlage: Tabelle 4). Damit erstreckte sich das Untersuchungsgebiet von der beta - mesohalinen Zone bis zur beta - oligohalinen Zone. Die niedrigsten Werte traten in der Nähe der Zecheriner Brücke im Bereich der Peeneeinmündung auf (1,3 bzw. 0,75 psu). Sie stiegen aber im Kleinen Haffs erneut geringfügig an.

Aus den Salinitätswerten wird erkennbar, daß der marine Einfluß sich im wesentlichen vom Greifswalder Bodden aus auf das Untersuchungsgebiet ausdehnt. Durch den starken Süßwasserzustrom macht sich im Kleinen Haff der Salzwassereinfluß aus der Swina und Dziwna nur geringfügig bemerkbar. Die höchste Salinität, die im Verlaufe der Untersuchungen im Kleinen Haff gemessen wurde, lag bei 2,3 psu (Stationen 17 und 18).

Abb. 2: Jahresmittel der Salinität im Untersuchungsgebiet

### Salinitätsveränderungen zwischen Greifswalder Bodden und dem Kleinen Haff.



### Sauerstoff- und pH - Meßwerte

Die Sauerstoffsättigungs - und pH - Werte stehen in enger Beziehung zur Dichte des Phytoplanktons, dessen Entwicklungsintensität in Abhängigkeit von der Nährstoffkonzentration in den untersuchten Kompartimenten zu sehen ist. Diese Korrelation wurde von LAMPE et al. (1994) und SCHMIDT (1994) sowie durch die Autorenkollektive der Wassergüteberichte (1991 - 93) festgestellt und in Zusammenhang mit einer Einschätzung der Eutrophierung des Untersuchungsgebietes ausführlich beschrieben. BÖRNER und KELL (1984) charakterisieren ähnliche Situationen für den Zingster Strom.

Ein vertikaler Sauerstoff-Konzentrationsgradient konnte im Peenestrom zwischen der Gewässeroberfläche und den bodennahen Schichten durch die strömungsbedingten Turbulenzen nicht nachgewiesen werden.

Eine vollständige Durchmischung des Wasserkörpers liegt bei windigen Wetterlagen auch im Greifswalder Bodden, im Achterwasser und im Kleinen Haff vor. Ruhige und sonnige Wetterbedingungen lösen im Kleinen Haff erhebliche Unterschiede in der Sauerstoffsättigung zwischen der Oberfläche und den bodennahen Wasserschichten aus. Am 11.07.94 wurden beispielsweise bei Wassertemperaturen um 21°C im Kleinen Haff an der Oberfläche Sauerstoffsättigungswerte zwischen 107 und 132 % gemessen. In Bodennähe (4 m Tiefe) lagen die Sättigungswerte zwischen 18 und 44 %. Der höchste Sättigungswert, der im Kleinen Haff gemessen werden konnte, betrug 188% (19,2 mg O<sub>2</sub>/l) (Anlage: Tabellen 5, 6, 7,8).

Die pH - Meßwerte der beprobten Stationen unterschieden sich nicht wesentlich. Die Schwankungsbreite der pH - Werte war gering und bewegte sich um einen Durchschnitt von pH 8,4. 1993 wurde im Mai eine extreme Situation festgestellt, die durch Meßwerte gekennzeichnet war, die sich von pH 7,0 im Greifswalder Bodden bis pH 9,8 im Kleinen Haff erstreckten. 1996 lagen die Höchstwerte im Kleinen Haff bei einem pH von 9,6. Die Jahresdurchschnittswerte ließen generell einen schwachen Anstieg vom Greifswalder Bodden zum Kleinen Haff erkennen. (Anlage: Tabellen 1 - 4).

### **Eutrophierung der untersuchten Gewässer**

Unter Berücksichtigung der Konzentrationen essentieller Pflanzennährstoffe (Anlage: Tabellen 9 - 16), der Chlorophyll a - Werte (Anlage: Tabellen 17 - 19), der Sichttiefe, des CSB (Anlage: Tabellen 20 - 23) und der Sauerstoffsättigungswerte (Anlage: Tabellen 5 - 8) ist eine Einschätzung des Eutrophierungsgrades der untersuchten Gewässer nach BESCH et al.(1992) und auf der Grundlage der Indikatordaten zur Gewässertrophie im GEWÄSSERGÜTEBERICHT (1991) erfolgt.

- Stationen	1 bis 5	GreifswalderBodden:	mesotroph
- Stationen	6 bis 10	Peenestr. Nord:	eutroph
- Stationen	11 bis 12	Achterw., Rankwitz:	stark eutroph
- Stationen	13 bis 18	Peenestr. Süd, Haff:	eutroph bis stark eutroph

Die intensiven Wasserblüten im Peenestrom, im Achterwasser und im Kleinem Haff wirkten sich entscheidend auf die Entwicklung submerser Makrophyten aus.

Die sehr geringen Sichttiefen, die im Peenestrom um 80 cm, im Achterwasser sogar um 50 cm (Anlage: Tabellen 20 - 23) schwankten, schränkten die Herausbildung höherer Wasserpflanzen weitgehend ein, so daß damit gleichzeitig eine indirekte aber sehr gravierende Wirkung auf die Artenvielfalt der Evertebraten ausgeübt wurde.

Generell anders ist die Situation im Greifswalder Bodden zu bewerten, der im Uferbereich über teilweise ausgedehnte Makrophytenbestände verfügt (BARTELS und KLÜBER 1997).

Damit bestehen im Peenestrom und im Kleinen Haff ähnliche Bedingungen, wie sie von ARNDT (1988, 1994) und von SCHLUNGBAUM et al. (1994) für große Bereiche der Darß-Zingster Boddenkette beschrieben worden sind.

## Sedimentbeschaffenheit im Bereich der Stationen 1 - 18

Die Korngrößenverteilung und der Gehalt an organischem Material im Sediment besitzen einen erheblichen Einfluß auf die Besiedlung durch das Makrozoobenthos. Feinsande mit mittleren Korngrößen von 0,16 mm und einem geringen Anteil an organischem Material werden von einer Reihe von Detritivoren besonders bevorzugt. (bessere Sauerstoffversorgung bei ausreichendem Nahrungsangebot).

Die durchgeführten Bestimmungen der Glühverluste und die Korngrößenanalysen lassen auf der Grundlage des Einteilungsprinzips von LINDNER (1978) die Möglichkeit zu, die Sedimente dem Mineralbodenkomplex oder dem Schlickkomplex zuzuordnen. Auf die Bedeutung der Sedimentstruktur wird in Zusammenhang mit der Besiedlung des Sediments gesondert hingewiesen. Generell kann festgestellt werden, daß die zentralen Bereiche der untersuchten Gewässer (Greifswalder Bodden - Station 1, Achterwasser - Station 11 und Kleines Haff - Stationen 16, 17 und 18) durch ihre muldenartigen Profile zu Sammelbecken für schlickige Sedimente geworden sind, die in den Uferbereichen in Fein- bis Mittelsande übergehen.

Die im Peenestrom angetroffenen unterschiedlichen Sedimente sind im wesentlichen die Folge einer mehr oder weniger starken Strömung.

Hohe Strömungsgeschwindigkeiten treten z.B. im Bereich der Stationen 6 - 10 und 14 in Abhängigkeit von der Wasserstandsänderungen auf. Charakteristisch für diese Abschnitte des Peenestromes sind Sedimente, die sich vorwiegend aus schlickigem Sand, aus Mittelsanden, Feinsanden und Geschiebemergel zusammensetzen. Relative Stillwasserbereiche innerhalb des Peenestroms sind durch das Vorhandensein dicker Schlickschichten charakterisiert (Stationen 12 und 13).

Tabelle 3 a spiegelt die Sedimentbeschaffenheit im Bereich der Stationen 1 - 18 wider. Die subjektive Charakterisierung des Sediments wird durch Korngrößenverteilung und durch die Bestimmung des Glühverlustes (GV) präzisiert.

Da die Sedimentbeschaffenheit neben der Salinität und der Sauerstoffsituation im Benthos (oder wenige Zentimeter darüber), ein entscheidender Faktor für die Diversität und die Abundanz der auftretenden Tierarten ist, wird durch die Größenordnung der Schlick- und Sandflächen gleichzeitig das Artenspektrum und das "standing crop" des Makrozoobenthos bestimmt. Besonders deutlich lassen sich die Beziehungen zwischen den Sedimentstrukturen und den Verbreitungsgrenzen einiger Tierarten im Kleinen Haff erkennen

Tabelle 3 a: Sedimentbeschaffenheit im Bereich der Stationen 1 - 18 (So. = Sortierung nach TRASK)

Stationen	Sediment- beschaffenheit	Korngrößenverteilung Maximum		So.	GV in %	Tiefe in m
1. Tonne G 2	Schwarzer Schlick	>0,063 mm	36,4 %	2,2	14,2	6 - 7
2. Ariadne	Sandiger Schlick	>0,063 mm	50,2 %	1,9	10,6	7 - 8
4. Elsa Grund	Schlickiger Sand	0,16 mm	48,3 %	1,3	1,24	5 - 6
5. Loch	Schlickiger Sand	0,10 mm	67,7 %	1,2	4,53	6 - 7

6. Freest	Schlickiger Sand	0,16	mm	42,7 %	1,3	0,76	2 - 7
7. Hollendorf	Sand	0,16	mm	69,4 %	1,1	1,37	2 - 7
9. Wolgast Werft	Sand	0,16	mm	53,3 %	1,3	0,71	2 - 7
10. Krum. Wieck	Sand mit Torf	0,16	mm	57,9%	1,2	1,07	2 - 5
11. Achterwasser	Schwarzer Schlick	0,063	mm	44,3 %	1,7	31,1	3 - 4
12. Rankwitz	Schwarzer Schlick	>0,063	mm	39,3 %	1,9	29,5	2 - 3
13. Zech. Brücke	Schlickiger Sand	0,25	mm	42,3 %	1,3	2,38	4 - 5
14. Karniner Brücke	Sand	0,16	mm	38,4 %	1,3	5,55	3 - 4
16. Tonne Haff 3	Schwarzer Schlick	0,063	mm	23,5 %	1,8	23,9	4 - 5
17. Tonne Haff 5	Schwarzer Schlick	0,063	mm	31,5 %	1,9	19,3	4 - 5
18. A/H Oderhaff	Schwarzer Schlick	0,1	mm	44,7 %	1,2	13,4	5 - 6

Die im Kleinen Haff durchgeführten Kartierungen (HENSEL 1994) und die 1996 und 1997 regelmäßig beprobten unterschiedlichen Habitate zeigten, daß der Tiefenbereich zwischen 2 und 3 m der Übergangsbereich zwischen der sandigen Randzonen und dem vorwiegend durch Schlick geprägten zentraler Becken ist. Diese Schaarkante (NEUHAUS 1933) ist gekennzeichnet durch das Auftreten großer Mengen von Schalen abgestorbener Muscheln und Schnecken.

### Ergebnisse der faunistischen Untersuchungen

Die in den vorstehenden Abschnitt umrissenen ökologischen Parameter stecken den Rahmen ab, der das Vorkommen bzw. die Existenz der auftretenden Evertebraten bedingt.

### Die Abundanzen der auftretenden Arten

Die Tabellen 24 bis 69 (Anlage) spiegeln die monatlich erfaßten Abundanzen und die Jahresdurchschnittsabundanzen der untersuchten Taxa an den 15 Stationen in den Jahren 1993 bis 1995 wider. In den Tabellen 70 - 77 (Anlage) sind die entsprechenden Informationen zu den 8 Stationen im Kleinen Haff enthalten.

Die aus den Einzelwerten ermittelten Jahresdurchschnittsabundanzen und die dominanten Gruppen sind für die beprobten Stationen in der Tabelle 4 a zusammengefaßt worden.

Tabelle 4 a: Jahresdurchschnittsabundanzen und dominate Gruppen an den Stationen 1 - 18

Stationen	1993		1994		1995	
	Abun.	Domin. Domin.	Abun.	Domin.	Abun.	
1	3546	Cor, Oli, Are	5116	Mar, Oli, Cor	6473	Oli, Mar, Hyd
2	5027	Cor, Mar, Are	4449	Mar, Hyd, Cor	7318	Mar, Cor, Oli



4	21858	Cor, Mar, Oli	14345	Mar, Cor, Are	12455	Mar, Are, Oli
5	8495	Mar, Are, Alk	10941	Mar, Oli, Hyd	8890	Mar, Oli, Str
6	9829	Mar, Cor, Oli	6729	Mar, Oli, Alk	13746	Mar, Oli, Man
7	5334	Mar, Cor, Oli	5839	Mar, Chi, Hed	5071	Mar, Oli, Chi
9	3424	Mar, Oli, Cor	2586	Mar, Chi, Oli	2980	Mar, Chi, Oli
10	6604	Mar, Oli, Chi	2892	Chi, Oli, Mar	4137	Mar, Oli, Chi
11	167	Chi, Gam, Oli	139	Chi, Oli, Neo	178	Chi, Oli
12	1935	Oli, Chi, Neo	1337	Oli, Chi	2358	Oli, Chi, Ano
13	2114	Oli, Mar, Chi	2865	Oli, Chi, Mar	5539	Oli, Chi, Mar
14	5023	Oli, Mar, Chi	6049	Chi, Oli, Mar	5071	Oli, Chi, Mar
16	1295	Oli, Chi	5373	Chi, Oli, Mar	3570	Oli, Chi, Mar
17	2966	Chi, Oli	10341	Chi, Oli, Mar	11988	Oli, Gam, Dre*
18	3178	Oli, Chi, Mar	16001	Oli, Chi, Gam	7806	Oli, Chi, Mar*

Kleines Haff 1996					
I	7961	Oli, Mar, Chi	V	2438	Oli, Chi, Erp
II	1456	Chi, Oli, Val	VI	13256	Oli, Dre, Chi
III	2724	Chi, Oli, Bit	VII	10515	Mar, Oli, Gam
IV	18035	Oli, Dre, Chi,	VIII	38595	Oli, Ase, Dre

(\* Die Lage der Stationen 17 und 18 wurde ab 1994 verändert; die Kürzel in der Tabelle sind die Anfangsbuchstaben der Gruppen oder Gattungsnamen: Alk = Alkmaria; Are - Arenomya; Ase = Asellus; Bit = Bithynia; Chi = Chironomidae; Cor = Corophium; Dre = Dreissena; Erp = Erpobdella; Gam = Gammaridae; Hyd = Hydrobia; Man = Manayunkia; Mar = Marenzelleria; Neo = Neomysis; Oli = Oligochaeta; Str = Streblospio; Val = Valvata).

Ausgehend von der Gesamtheit der pro Station auftretenden Arten (Makrozoobenthos) und ihrer Abundanzen läßt sich die Aussage treffen, daß die Biozöosen im Bereich der Meßstationen im Untersuchungszeitraum 1993 bis 1995 annähernd stabil waren. Auftretende Differenzen zwischen den Abundanzen der Untersuchungsjahre sind auf Schwankungen in den Populationen oder auf eine heterogene Verteilung der Tiere im Bereich der Untersuchungsstandorte zurückzuführen..

Generell lassen sich die Untersuchungsergebnisse wie folgt interpretieren: Das Artenspektrum des Makrozoobenthos verändert sich vom Greifswalder Bodden zum Kleinen Haff erheblich. Der stärker marin geprägte Brackwasserbereich im östlichen Teil des Greifswalder Boddens zeichnet sich durch überwiegende Präsenz von euryhalinen Meerestieren und genuinen Brackwasserorganismen aus. Sie treten z.T. in hohen Individuendichten auf und ihre Biomassen erreichen an den Stationen Elsa Grund (4) und Loch (5) maximale Werte, um dann parallel zur sprunghaften Verminderung der Salinität an den Stationen Freest und Hollendorf ebenfalls sehr

stark abzufallen (Anlage: Tabellen 24 - 77). Die Verminderung der Biomasse setzt sich bis ins zentrale Becken des Kleinen Haffs fort.

Die 1996 durchgeführten Untersuchungen im Kleinen Haff in ausgewählten Habitats lassen aber erkennen, daß im Bereichen sandiger Sedimente und auf den Dreissenabänken die Biomassen den Werten aus dem Greifswalder Bodden entsprechen oder sie sogar übertreffen (vergl. nachstehende Tabelle 5 a).

Tabelle 5 a: Biomasse (Jahresdurchschnitt 1993 - 1995) pro Station in g C/m<sup>2</sup>

<b>Biomasse (Jahresdurchschnitt 1993 - 1995) pro Station in Gramm Kohlenstoff / qm</b>									
Stationen		Stationen		Stationen		Stationen Kleines Haff (1996)			
1	13,7	7	21,8	13	3,5	I	11,9	VI	39,9
2	18,7	9	9,7	14	7,7	II	0,8	VII	44,3
4	60,4	10	14,5	16	0,9	III	1,4	VIII	78,1
5	30,8	11	0,06	17	8,0	IV	60,9		
6	26,1	12	0,8	18	3,0	V	1,0		

Vom Ernährungstyp her gehören die Benthosorganismen vorwiegend zu den Suspensionsfressern oder Filtrieren (Detritivoren; SCHWOERBEL 1994). Wenige Arten leben polyphag (*Hediste diversicolor* und *Neanthes succinea*).

Die marinen Makrozoobenthosarten werden mit dem Eintritt in den Peenestrom zunehmend durch limnische Arten ersetzt. Im einzelnen ergibt sich folgendes Bild:

An den Stationen 1 bis 6 sind *Cerastoderma*, *Arenomya*, *Mytilus* und *Macoma* mit z.T. starken Individuenzahlen vertreten. Die Artenzusammensetzung entspricht den Funden von PEREZ (1990). Die Station 6 (Freest) scheint für diese Arten gleichzeitig die Vorkommensgrenze zu sein. Einzelne Individuen können gelegentlich bis zur Station 7 vordringen. Sie sind damit in der Lage, Salzgehaltsschwankungen bis zu einer unteren Grenze von 1,0 bis 2,7 psu zu tolerieren (Vergl. Anlage: Tabellen 24 - 27, 40 - 46 und 55 - 61)

Sehr ähnliche Vorkommensgrenzen liegen auch bei den kleinen Polychaeten vor. *Alkmaria*, *Manayunkia*, *Pygospio*, *Streblospio* und *Fabricia* dringen, vom Greifswalder Bodden kommend, selten bis zur Station 6 (Höhe Freest im Peenestrom) vor. Ihre höchsten Abundanzen besitzen die Tiere an den Stationen 4 und 5 im Greifswalder Bodden. Der gemessene Minimalwert der Salinität an der Station 5 betrug 4,3 Promille. Aus dem Vorkommen der Tiere wird erkennbar, daß als limitierende Faktoren die Salinität und die Sedimentstruktur von Bedeutung sind. An beiden Stationen liegen überwiegend Feinsande im Sediment vor.

Während *Neanthes succinea* nur bis zu den Stationen 6 maximal bis zur Station 7 im Peenestrom anzutreffen ist, erweitert *Hediste diversicolor* sein Vorkommensgrenze vom Greifswalder Bodden bis zur Station 9 (Wolgast 1993 - 95, untere Salinitätsgrenze: 0,9-2,6

psu). Die höchsten Abundanzen liegen im Bereich der Stationen 4, 5 und 6 vor. Bevorzugt werden damit im Untersuchungsgebiet Sedimente mit einem höheren Anteil an Feinsanden.

Eine unerwartet breite Toleranz gegenüber niedrigen Salzgehalten besitzt *Marenzelleria viridis*. Das Vorkommen von *Marenzelleria viridis* erstreckt sich über das gesamte Untersuchungsgebiet bis in das Oderhaff. Damit muß diese Art zu den euryhalinen Meerestieren 4. Grades gerechnet werden (REMANE und SCHLIEPER, 1958). (Die Vermehrung ist allerdings nur in Gewässern mit Salzgehalten oberhalb 5 psu möglich (ZETTLER 1996)).

Die Salinität schwankte im Nachweisbereich der Tiere zwischen 7,5 (Greifswalder Bodden) und 0,5 psu (Station 18 im Kleinen Haff). Da die Abundanz primär vom Larventransport aus dem Greifswalder Bodden bzw. aus der Oderbucht abhängig ist, kommt es zu einem Abundanzgefälle vom Greifswalder Bodden bis zum Kleinen Haff. Die Besiedlung des Kleinen Haffs läßt ihrerseits die Bereiche deutlich erkennen, die durch Strömungen aus der Oderbucht bzw. aus dem Greifswalder Bodden während der Reproduktionsphase der Tiere und ca. 2 Monate danach (ZETTLER, 1996), erreicht werden.

Gleichzeitig wird eine Abhängigkeit der genannten Art von der Sedimentstruktur der Siedlungsgewässer deutlich, die durch den auffallenden Wechsel der Individuendichte an den Stationen zum Ausdruck kommt. Die Maxima weisen auf einen erhöhten Anteil an Feinsanden (0,16 - 0,25 mm) und auf einen geringen Organogehalt (GV) der Sedimente hin. Stationen mit einem hohen Glühverlust lassen niedrige Besiedlungsdichten erkennen.

Aus schlickigem Sand gewonnene Sedimentkerne mit einem Querschnitt von 60 cm<sup>2</sup>, enthielten bis zu 42 Röhren von *Marenzelleria viridis* (1 Tier pro 1,4 cm<sup>2</sup>).

Oligochaeten treten mit hohen Individuendichten im Peenestrom, ganz besonders aber im Kleinen Haff auf. Sie gehören zu den wenigen Formen, die unter den schlechten Lebensbedingungen der genannten Gewässer, besonders in den Schlickbereichen ihre größten Abundanzen besitzen und damit als Indikatoren die starke Eutrophierung des Gewässers unterstreichen (BLUHM 1990). Als primär limnisch-terrestrische Tiergruppe schließen sie eine auffallend hohe Zahl euryhaliner Süßwasserarten sowie einige genuine Brackwasserformen ein (REMANE und SCHLIEPER 1958). (Die Verbreitung der gefundenen Taxa im Untersuchungsgebiet wird aus der Tabelle 78 (Anlage) ersichtlich.)

Es kann angenommen werden, daß die in den Tabellen 24 - 77 (Anlage) enthaltenen Individuenzahlen noch wesentlich unter den realen Individuendichten liegen.

Die Crustaceen sind mit 6 Gattungen erfaßt worden (*Neomysis*, *Gammarus*, *Corophium*, *Cyathura*, *Sphaeroma* und *Idothea*, vergl. Tabelle 78). Die Nachweisgrenzen der Tiere waren 1993 und 1995 nahezu identisch.

Ausgehend von den durchschnittlichen Salinitätswerten im Untersuchungsgebiet, konnten die in Tabelle 6 a angegebenen Vorkommensgrenzen mariner und Brackwasserarten festgestellt werden:

Tabelle 6 a: Vorkommensgrenzen mariner und Brackwasserarten

Arten	Stationen	untere Salinitätsgrenze in psu
<i>Cyathura carinata</i>	5	4,5 - 5,5
<i>Sphaeroma hookeri</i>	6	1,0 - 2,7
<i>Sph.rugicauda</i>	6	1,0 - 2,7
<i>Idothea chelipes</i>	6	1,0 - 2,7
<i>Neomysis integer</i>	7 - 18	0,5 - 1,4
<i>Corophium volutator</i>	13- 14	4,5 - 5,5
<i>C. lacustris</i>	6	1,0 - 2,7
<i>Gammarus salinus</i>	14 - 18	0,5 - 1,6
<i>G. zaddachi</i>	14 - 18	0,5 - 1,6
<i>G. duebeni</i>	14 - 18	0,5 - 1,6
<i>G.tigrinus</i>	14 - 18	0,5 - 1,6

Während bei *Corophium* und *Cyathura* wieder eine eindeutige Zuordnung der Abundanzziffern zur Bodenstruktur (bevorzugt werden Feinsande bzw. schlickiger Sand) vorgenommen werden kann, ist bei *Sphaeroma*, *Idothea* und den *Gammariden* die Herstellung einer solchen Korrelation nicht möglich. Die genannten Formen sind im wesentlichen an das Makrophytobenthos oder an Muschelbänke (sekundäre Hartstrukturen) gebunden. *Neomysis* tritt als pelagische Form in großen Schwärmen (auch im Kleinen Haff) über dem Sediment auf und kann zufällig bei der Sedimententnahme mit gefangen worden sein.

Als besonders häufige Makrozoobenthosformen sind Chironomidenlarven mit hohen Abundanzen zwischen den Stationen 9 und 18 (1993 - 95) nachgewiesen worden. Vereinzelt Funde lagen von den Stationen 1 bis 8 vor. Das zeitlich differente gehäufte Auftreten der Tiere in den unterschiedlichen Sektoren des Peenestromes oder des Haffs ist auf die unterschiedlichen Abläufe der Lebenszyklen und der Schlupfrhythmen der Arten zurückzuführen. ARNDT (1994) konnte zwei Hauptschlupfperioden feststellen, die im Mai/Juni und im August/September lagen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß für die meisten Arten, die aus dem Bodden ins Peeneastuar eingewandert sind, die Vorkommensgrenzen in Höhe der Stationen 5 und 6 liegen. Letzteres trifft für die Mollusken, für den größten Teil der Polychaeten und für die Crustaceen zu. Für einige Crustaceen, insbesondere für *Corophium* und *Gammariden* sind die Vorkommensgrenzen bis ins Haff vorgeschoben (vergl. Tabelle 6 a). Die im Bereich der Stationen 6 bis 9 liegende Grenze zwischen euryhalinen Meeresorganismen und euryhalinen Limnobiern wird lediglich durch die Gattung *Marenzelleria* einerseits und durch Oligochaeten und Chironomiden andererseits überschritten.

## **Die Dominanzstruktur der auftretenden Arten im Untersuchungsgebiet**

Entscheidend für die Sedimentumlagerungen und Stoffaustauschprozesse sind vor allem die dominanten Arten. In diesem Sinne sind in der Tabelle 4 a die eudominanten bzw. dominanten oder subdominanten Formen (Individuendom., nach MÜHLENBERG 1989) und in der Tabelle 5 a die durchschnittlichen Biomassen (gemessen in g C/ qm) pro Station aufgeführt.

Aus der Übersicht (Tab. 4 a) wird erkennbar, daß zwischen den Untersuchungsjahren Strukturveränderungen eingetreten sind. Eudominante bzw. dominante Arten/Gruppen des Jahres 1993 sind zugunsten anderer Taxa zurückgetreten. Auffallend ist dabei die starke Präsenz von *Marenzelleria viridis*. Trends lassen sich jedoch aus diesen Ergebnissen noch nicht ableiten.

Mit der zunehmenden Veränderung der Wasserqualität im nördlichen Teil des Peenestromes und ganz besonders im zentralen Bereich des Kleinen Haffs nimmt in der Folge auch die Individuenzahl und die Biomasse der wenigen existierenden Makrozoobenthosarten ab (Tab. 5 a)

## **Die Ergebnisse der Makrozoobenthoskartierung im Kleinen Haff**

Aus der Bedeutung, die das Kleine Haff als Puffer- und Sedimentationszone zwischen der Oder und Peene einerseits und der Ostsee andererseits besitzt, leitete sich die Notwendigkeit einer erweiterten und über die oben beschriebenen Routinebeprobungen hinausgehende Untersuchung ab. Unter diesem Aspekt sind die Arbeiten von HENSEL (1994) und ANDRES (1993) durchgeführt und durch eine erneute faunistische Kartierung im Sommer 1994 ergänzt worden.

Im Kleinen Haff liegen im wesentlichen zwei Sedimenttypen vor. Während der Schlickboden den gesamten zentralen Bereich des Kleinen Haffs bis etwa zur 2 m - Tiefenlinie ausfüllt, befindet sich der Sandboden vor allem in Zonen geringer Wassertiefe im nördlichen und teilweise auch im südlichen Randbereich des Kleinen Haffs. Die Ausbreitung dieser beiden Hauptsedimenttypen, die eine Reihe Übergangszonen besitzen, wirkt sich entscheidend auf die Zusammensetzung der Benthoslebensgemeinschaften aus. Übergreifend liegen zwischen den beiden Sedimenttypen die Dreissenabänke, die durch ihren hohen Anteil an Schalen zu einer Verfestigung des Untergrundes beigetragen haben. Daraus resultiert in der Folge die Kennzeichnung dieser Böden als "sekundäre Hartböden". Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden von den insgesamt 277 km<sup>2</sup> ca. 240 km<sup>2</sup> Wasserfläche erfaßt. Bei einem Raster von 76 Stationen, deren Abstand 1 sm betrug, kann die in der Folge vorgenommen Ermittlung der Besiedlungsstruktur nur eine ganz grobe Schätzung sein.

Die Fauna des Kleinen Haffs setzt sich aus drei physiologisch bedingten Organismengruppen zusammen: aus euryhalinen marinen Arten, euryhalinen limnischen Arten und genuinen Brackwasserorganismen. Im Kleinen Haff sind im Benthos 27 Arten nachgewiesen worden. Hinzu kommt die große Gruppe der Chironomiden, die nicht determiniert worden ist. Das Ufergelee wurde nicht untersucht.

### Die Abundanzen der auftretenden Arten

Die Abundanz der auftretenden Arten wird entscheidend durch die Sedimentbeschaffenheit des Untersuchungsgebietes bestimmt. Eine Schätzung der Flächengröße der 3 Habitats ergab 1993 und 1994 die folgenden Werte:

	1993	1994
Dreissenabänke:	52,4 km <sup>2</sup>	61,5 km <sup>2</sup>
Sand:	29,2 km <sup>2</sup>	22,6 km <sup>2</sup>
Schlick:	162 km <sup>2</sup>	158,7 km <sup>2</sup>
Summe	243,6 km <sup>2</sup>	242,8 km <sup>2</sup>

Die genannten Bereiche sind durch eine spezielle Zusammensetzung ihrer Lebensgemeinschaften gekennzeichnet.

#### -Sekundäre Hartböden (Dreissenabänke)

Die Dreissenabänke werden durch die meisten im Kleinen Haff vorkommenden Makrozoobenthosarten besiedelt. Die Leitform, *Dreissena polymorpha* (PALLAS), ist sowohl auf Sand als auch auf Schlick anzutreffen. Sie kann unter Einbeziehung der Schalen abgestorbener Tiere sowie durch Verklumpung sekundäre Hartböden bilden und damit die Voraussetzungen für die Besiedlung durch andere Tierformen schaffen. Diese Lebensgemeinschaft schließt folgende Arten/Gruppen ein: *Cordylophora caspia*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Potamopyrgus jenkinsi*, *Marenzelleria viridis*, Oligochaeten insbesondere *Criodrilus lacuum*, Hirudineen und mehrere Gammaridenarten.

Nach ANDRES (1993) tritt *Dreissena polymorpha* mit maximalen Abundanzen von 30000 Ind./m<sup>2</sup> auf. Der höchste Wert von HENSEL (1994) lag bei 41000 Ind./m<sup>2</sup>. Die im Sommer 1994 durchgeführte Untersuchung führte zu einem Maximalwert von 13000 Ind./m<sup>2</sup>.

Die Untersuchungen von WIKTOR und WIKTOR (1954) ergaben für das Stettiner Haff Maximalwerte von ca. 12000 Ind./m<sup>2</sup> (Größe: 0,5 bis > 2 cm).

*Cordylophora caspia* (PALLAS), eine genuine Brackwasserform, tritt bevorzugt in Salzgebhaltsbereichen von 1 - 15 psu auf (ARNDT 1984 und 89). In Ermanglung geeigneter Substrate, auf denen sich die Kolonien festheften können, sind sie in ihrem Vorkommen an die *Dreissena* - Bänke gebunden (ANDRES, 1993).

*Bithynia tentaculata* (L.) bevorzugen schlammigen Untergrund, brauchen aber klares und sauerstoffreiches Wasser. Die Tiere waren nach GESSNER (1957) mit hohen Individuenzahlen im Kleinen Haff verbreitet. Heute deckt sich ihr Vorkommen mit der Lage der *Dreissena*-Bänke. Sie erreichen dort Dichten von ca. 5800 (1993) bzw. 9500 (1994) Ind./m<sup>2</sup>.

*Marenzelleria viridis* (VERRILL) ist innerhalb weniger Jahre bis ins Oderhaff eingewandert und dort 1989 durch WAWRZYNIAK-WYDROWSKA (1994) nachgewiesen worden.

*Marenzelleria* tritt vorwiegend in Bereichen mit sandigen Sedimenten oder in den *Dreissenabänken* auf. Die von ihnen erreichten Besiedlungsdichten können Werte bis zu 27600 Ind./m<sup>2</sup>(1993) aufweisen (Maximalwert 1994: 11000 Ind./m<sup>2</sup>).

Die Verbreitung von *Marenzelleria* wird im wesentlichen durch das Vorhandensein günstiger Lebensbedingungen (Sandboden und sauerstoffreiches Wasser) gewährleistet. Es wird angenommen, daß sich *Marenzelleria* im Kleinen Haff nicht vermehrt, sondern über Larventransporte seine Vorkommengrenzen bis ins Kleine Haff vorgeschoben hat.

Die Oligochaeten stellen eine Mischgruppe aus mehreren Arten dar (vergl. dazu die Artenliste, Anlage, Tabelle 78). Sie sind vorwiegend aus limnischen Bereichen eingewandert. Im Kleinen Haff treten vor allem die Gattungen *Potamotrix*, *Tubifex*, *Limnodrilus* und *Criodrilus* auf. Im Nordteil des Kleinen Haffs wurde die relativ große Art *Criodrilus lacuum* in Tiefen bis zu 2 m häufig gefunden.

Die Oligochaeten sind, mit einigen wenigen Ausnahmen, im ganzen Haff vertreten. Die Abundanzen schwanken zwischen 210 und 34700 Ind./m<sup>2</sup>.

Aus der Gruppe der Hirudineen sind die beiden Arten *Erpobdella octoculatus* (L.) und *Helobdella stagnalis* (L.) relativ häufig auf den *Dreissena*- Bänken angetroffen worden.

Die Crustaceen sind im Kleinen Haff mit den folgenden Arten vertreten: *Gammarus salinus* (SPOONER), *Gammarus zaddachi* (SEXTON), *Gammarus duebeni* (LILJEBORG), *Corophium volutator* (PALLAS) und *Asellus aquaticus* (L.). Zusammengefaßt erreichen sie auf den *Dreissenabänken* eine maximale Abundanz von 11300 Ind./m<sup>2</sup>. *Corophium volutator* und *Asellus aquaticus* sind nur in wenigen Exemplaren gefunden worden.

Mit geringen Abundanzen treten außerdem die folgenden Mollusken auf den *Dreissena*-Bänken auf: *Valvata piscinalis* (MÜLLER), *Theodoxus fluviatilis* (L.) und *Potamopyrgus jenkinsi* (SMITH). Die drei genannten Taxa waren nach NEUBAUR (1927) regelmäßig im gesamten Haff anzutreffen.

## - Sandige Sedimente

Die Sand- und Schlickhabitate unterscheiden sich von den *Dreissena*-Bänken durch ein reduziertes Arteninventar und veränderte Abundanzziffern. Die das Kleine Haff im Norden und Süden begrenzenden sandigen Sedimente bestehen zum überwiegenden Teil aus Fein- und Mittelsanden. Der prozentuale Anteil der kleinsten Siebfraktion (SF < 63 µm) liegt bei 0 - 15% (mündl. Mitteilung MEYER 1993).

Diese Bereiche werden teilweise durch große *Dreissena*-Bänke bedeckt. Auf den Sandflächen zwischen den Muschelbänken treten folgende Arten bzw. Gruppen auf:

*Marezzelleria viridis*, *Bithynia tentaculata*, Oligochaeten, Gammariden und Chironomiden.

*Marezzelleria* stellte auf den Sandböden mit einer Abundanz bis zu 11000 Tiere pro m<sup>2</sup> die individuenreichste Art dar. *Bithynia* war mit relativ wenigen Exemplaren vertreten (max. ca. 390 Tiere pro m<sup>2</sup>). Eine ähnliche Situation lag auch bei den Gammariden (ca. 80 Exemplare pro m<sup>2</sup>) und bei den Oligochaeten vor (ca. 250 Tiere pro m<sup>2</sup>). Relativ stark war dagegen die Besiedlung der Sedimente mit Chironomiden, die eine Abundanz von etwa 1000 Tieren pro m<sup>2</sup> erreichten.

## - Schlicksedimente

In den Schlicksedimenten, die das zentrale Becken des Kleinen Haffs ausfüllen, treten neben wenigen Exemplaren der Gattung *Marezzelleria* nur noch Chironomiden und Oligochaeten auf. Hohe Besiedlungsdichten (auf wenige Stationen begrenzt) erreichten 1993 die Chironomidenlarven mit 4000 Ind./m<sup>2</sup>. 1994 lag das Maximum der Besiedlungsdichte bei 8400 Ind./m<sup>2</sup>. Untersuchungen von ARNDT (1994) im Saaler Bodden führten zu ähnlichen Abundanzen (April 1989: 4983 im Norden und 8644 Ind./m<sup>2</sup> im Süden des Gewässers).

Die Abundanzen der Oligochaeten schwankten 1993 zwischen 160 und 2100 Ind./m<sup>2</sup>. 1994 lag die Schwankungsbreite der Abundanzen an den Schlickstationen zwischen 100 bis 6300 Ind./m<sup>2</sup>.

### **Dominanzstruktur der auftretenden Arten im Kleinen Haff**

Die Dominanzstruktur im Untersuchungsgebiet wird entscheidend durch die Sedimentbeschaffenheit bestimmt. Ausgehend von der Gesamtzahl der Individuen auf den Dreissenabänken ist *Dreissena polymorpha* als Leitform mit 17,4 % (dominant) relativ gering ausgewiesen.

*Marezzelleria viridis* ist in Sandgebieten mit 67,8 % eine eudominante Form. Auf den Dreissenabänken stellt sie mit 8,5 % Anteil an der Gesamtindividuenzahl nur eine subdominante Art dar. In Schlickgebieten tritt sie sporadisch auf oder nimmt teilweise den Status einer rezedenten Form ein.



Oligochaeten sind auf den *Dreissena*-Bänken mit 23,6 %, im Sandgebiet mit 21,5 % und im Schlickgebiet mit 23,8 % vertreten. Sie stellen in den drei Lebensräumen eine dominante Gruppe dar.

Die Chironomiden sind vorwiegend Schlickbewohner. Mit 76,2 % bilden sie in den Schlickzonen eine eudominante Gruppe. Auf den *Dreissena*-Bänken sind sie mit 19,5 % (dominant) und in den Sandgebieten mit 8,5 % (subdominat) vertreten.

Die Gammariden stellen mit 22,4 % der Gesamtindividuenzahl auf den Dreissenabänken eine dominante Gruppe dar. Im Sandgebiet sind sie mit einem Anteil von 2,4 % an der Gesamtpopulation beteiligt.

*Bithynia tentaculata* bildet auf den *Dreissena*-Bänken mit 6,2 % eine subdominante Gruppe. Im sandigen Sedimenten treten sie nur sporadisch auf.

Alle anderen Arten müssen in den drei Lebensräumen den sporadischen Begleitarten zugeordnet werden.

Zusammenfassend lassen sich zur Entwicklung der Fauna im Untersuchungsgebiet folgende Aussagen treffen: Im Gegensatz zum Greifswalder Bodden gab es nur wenige Publikationen, die sich mit den benthischen Lebensgemeinschaften im Peenestrom und im Kleinen Haff auseinandersetzen. Eine sehr genaue Beschreibung der Verbreitung des Makrozoobenthos in den diskutierten Gebieten wurde durch NEUHAUS (1933) vorgenommen. Er sieht das Auftreten der unterschiedlichen Organismengruppen in engem Zusammenhang mit der Salinität und stellte Verbreitungsgrenzen fest, die sich nur geringfügig von den eigenen Ergebnissen unterscheiden. Interessant wäre in diesem Zusammenhang die Frage nach den eutrophiebedingten Veränderungen des Makrozoobenthos im Verlaufe der vergangenen 60 Jahre. Leider sind bis auf GESSNER (1957) keine Publikationen vorhanden, die Schlüsse über die Entwicklung in dem genannten Zeitraum zu lassen.

		NO3 - N	PO4 - P (in umol/l)
SCHNESE (1967),	1965 Mit.	107,1	1,44
MLODZINSKA (1980),	1970 Max.	168,0	1,5
	Mit.	43,9	1,0
Gewässergütebericht (1991),	1981 Max.	258,3	6,97
	Mit.	86,9	3,88
	1985 Max.	234,8	6,99
	Mit.	73,2	2,46
	1991 Max.	65,8	16,53
	Mit.	14,8	6,69
Gewässergütebericht (1994),	1993 Max.	88,6	5,43
	Mit.	32,6	2,69

Eigene Ergebnisse	1994	Max.	147,0	1,7
		Mit.	51,8	1,0
	April 1995		244,9	1,6
	Juni 1995		3,2	0,06

Die vorstehende Zeitreihe der essentiellen Pflanzennährstoffe (Orthophosphat und Nitrat im Kleinen Haff) verdeutlicht, daß die Eutrophierung in der Zeit von 1981 - 1993 (Phosphatwerte) zugenommen hat und gegenwärtig wieder leicht abklingt. Sie zeigt aber auch, daß der Eutrophierungsgrad seit 1965 (Beginn exakter Messungen) sehr hoch liegt. Es kann angenommen werden, daß diese Situation auch schon früher bestand und die Flora und Fauna sich darauf eingestellt haben.

Es kann angenommen werden, daß diese Situation auch schon früher bestand und Flora und Fauna sich darauf eingestellt haben. In Abhängigkeit von den Habitaten sind euryöke Lebensgemeinschaften entstanden, deren Stabilität durch die in den 80iger Jahren einsetzende starken Veränderung des Eutrophierungsgrades und der damit verbundenen Belastungen nicht mehr entscheidend beeinflußt worden sind.

### **Kohlenstoffumsatz in den Kompartimenten des Untersuchungsgebietes**

Es muß angenommen werden, daß ein großer Teil der im Sediment oder auf seiner Oberfläche lebenden Evertebraten ihre Nahrung (und damit auch den assimilierten Kohlenstoff) direkt aus dem Phytoplankton entnehmen. Das trifft insbesondere für die Mollusken aber auch für die dominanten großen Polychaeten zu. Die filtrierenden Arten sind dabei zu beachtlichen Leistungen fähig. NOORDHUIS et al. (1992) haben in ihren Untersuchungen an *Dreissena* in Abhängigkeit von der Temperatur Filtrierleistungen pro Muschel zwischen 2 und 287 ml pro h ermittelt. Ausgehend von diesen Werten wurde unter Zugrundelegung der Abundanz der Tiere im Kleinen Haff ein Minimal - und ein Maximalwert der möglichen Filterleistungen pro Station errechnet (Tab. 7 a).

Geht man vom Minimalwert der Filtrierrate pro Tag ( $213,6 \text{ l/d m}^2$ ) aus, dann verbirgt sich hinter dieser Zahl eine Leistung, die über eine Veränderung der Wasserqualität erkennbar sein müßte. Das ist unter bestimmten Bedingungen auch der Fall. Im September 1994 und im November 1997 wurden bei ruhigem Wetter im Kleinen Haff während der Probenentnahmen Wasserflächen von mehreren hundert Quadratmeter Größe über Dreissenabänken durchquert, die eine Sichttiefe von 3 m besaßen, während im umliegenden Wasser Sichttiefen von 0,70 m gemessen wurde.

Das durch die Muscheln ausgeschiedene unverdauliche Material wird als Pseudofaeces abgelegt. Wie hoch der Anteil, der damit temporär oder permanent gebundenen Nitrat- und Phosphatverbindungen ist, muß noch untersucht werden.

Tabelle 7 a. Filtrierleistungen von *Dreissena polymorpha* im Kleinen Haff 1994  
(Berechnungsgrundlage NOORDHUIS et al 1992)

Stationen	l/h m <sup>2</sup>	Durchschnitt
2	0,11 - 15,8	8,9 - 1282,1 l/h m <sup>2</sup>
3	4,2 - 599	Bei einer Fläche von 30 km <sup>2</sup>
4	1,5 - 207,5	kann mit einer Filtrierleistung
7	11,7 - 1675,5	von: 2,34 - 337 km <sup>3</sup>
8	0,11 - 15,8	pro Jahr gerechnet werden
13	0,67 - 95,9	(Gesamtvolumen des K. Haffs 1 km <sup>3</sup> )
14	21,35 - 3063,7	entspr. 10.000t - 1.500.000 t SPM-C,
17	1,45 - 207,5	mittl.Biomasse Dreissena-Bänke: 1673 t C
19	9,45 - 1356,4	
25	24,35 - 3494,5	
63	1,22 - 175,6	
70	13,3 - 1914,9	
75	26,8 - 3845,8	

### Produktion und Respiration

Produktion und Respiration stellen zwei Komponenten dar, die beim Energiedurchfluß durch die zu charakterisierenden biologischen Systeme von eminenter Bedeutung sind. Dabei muß generell davon ausgegangen werden, daß Mikroorganismen einen wesentlich höheren Anteil an den ablaufenden Stoffumsatzprozessen besitzen als das Zoobenthos.

Dennoch ist die Größenordnung des im Makrozoobenthos akkumulierten und über die Produktion und Respiration freigesetzten zirkulierenden Kohlenstoffs beachtlich.

Die Produktion wird allgemein als Biomassezuwachs pro Zeiteinheit definiert (SCHWOERBEL 1994; GRAY 1984)..

Die Berechnung der Produktion ist für jede Art (Population) gesondert vorzunehmen. Sie setzt die Erfassung eines möglichst vollständigen Jahresverlaufs der Populationsentwicklung voraus und geht von Kohorten aus. Dieses Kriterium konnte in den vorliegenden Untersuchungen nicht erfüllt werden. Deshalb wurde nach SCHWOERBEL (1994) folgender Weg beschritten (Zitat). "Wenn keine Kohorten der Taxa zu unterscheiden sind, weil sich die Generationen einer Spezies überlappen oder ein Taxon nicht bis zur Art bestimmbar ist, so kann die Produktion über das P/B - Verhältnis wenigstens geschätzt werden. Der P/B - Wert gibt das Verhältnis von Produktion zur durchschnittlichen Biomasse eines Taxons an." Das P/B - Verhältnis muß dabei gleichzeitig als Maß für den Biomassezuwachs und für den "turnover" der untersuchten Gruppen angesehen werden.

Ausgehend von P/B - Werten, die von WATERS (1977) und GRAY (1984) publiziert wurden, konnte die Produktion jeder gefundenen Art oder Gruppe abgeschätzt und dann für jede Station zusammengefaßt werden (Anlage: Tabellen 24 - 77).

Auf der Basis einer Clusteranalyse (nach dem Wainstein - Index), die auf Ähnlichkeitsstrukturen der Stationen 1 -18 ausgerichtet war, sind die Stationen zu Einheiten zusammengeschlossen worden, die den Kompartimenten in der Tabelle 8 a entsprechen.

Für das Kleine Haff ist unter Zugrundelegung der drei großen, oben beschriebenen Habitaten: Schlick, Sand und Dreissena- Bänke (Tabelle 8 a) in ähnlicher Weise verfahren worden.

Den eigenen Untersuchungen vorausgehende Literaturrecherchen ließen primär eine erste Einschätzung der Quantität der Produktion des Makrozoobenthos zu (Vergl. untenstehende Tabelle).

Da die Artenzusammensetzung, die Abundanz, der Salzgehalt und die Temperaturveränderungen im Verlaufe eines Jahres einen entscheidenden Einfluß auf die Produktion und die Respiration ausüben, können die Untersuchungsergebnisse der genannten Autoren nicht unmittelbar auf die zur Diskussion stehenden Gewässer der vorpommerschen Boddenküste übertragen werden.

Autor	Untersuchungsfläche	Produktion g C /m <sup>2</sup> /a
ASMUS & ASMUS(1985)	Königshafen/Sylt	
	Arenicola-Fächen	29,5
	Seegras-Wiesen	28,4
	Nereis-Cor.-Fächen	10,28
BREY (1984)	Schleimünde	ca. 45,9
de WILDE & BEUKEMA(1984)	Niederl. Wattenmeer	12,6
KUIPERS et al.(1981)	Wattenküste	15,9
WORTHMANN (1976)	Schleimünde	ca. 14,1
WOLFF & Wolf(1976)	Grevelingen Aestuar	29,6 - 33,8 (14,4 - 119,9)

Eine vorsichtige erste Einschätzung des Energieflusses ist in der Folge über allgemein gültige Regeln abgeleitet worden.

MÜLLER (1988) gibt in einem generalisierten Schema den Energiefluß durch die unterschiedlichen Trophieebenen wieder. Auf dieses Schema aufbauend, läßt sich der Kohlenstoffumsatz folgendermaßen ableiten. Von der anfallenden Primärproduktion (100%) werden durch die Primärkonsumenten 62% nicht verwertet, 38% werden assimiliert und davon 56,1% veratmet. 43,9% der Energie werden akkumuliert und stellen die Produktion (einschließlich des "standing crop") dar. Über dieses Schema läßt sich die Rückrechnung bis zur Ausgangsmenge des benötigten Kohlenstoffes vornehmen.

In der anschließenden Tabelle enthält die rechte Spalte den Schätzwert des Kohlenstoffanteils, der durch die Primärproduktion bereitzustellen ist, um die Produktion und Respiration in der

vorgegebenen Höhe ablaufen zu lassen: (In dieser Tabelle sind die Biomassewerte von 1994 zugrunde gelegt worden.)

Stationen	Produktion - Durchschnitt		Respiration	Primärprod.
	g C /m2/a	s	g C/m2/a	C/m2/a
GB S*	74,2	48	94,6	444,3
PS N	40,1	33,3	51,1	240,1
AWA	0,5	0,19	0,6	3,0
PS S	9,9	7,1	12,6	59,3
KH	5,68	2,3	7,2	34,0

GB S\* = Greifswalder Bodden Süd (Südlich der Linie Ariadne - Elsa Grund)

Für das Kleine Haff ergaben sich 1994 folgende Größenordnungen für die Produktion und Respiration

	Produktion - Durchschnitt		Respiration	Primärprod.
	g C/m2/a	s	g C/m2/a	g C/m2/a
Schlick	3,13		2,78	18,7
Sand	47,23		60,2	282,6
Dreiss.-Bänke	110,06		140,4	659,3

Daraus resultiert für das Kleine Haff (ausgehend von der Größe der Habitate), daß für die Primärkonsumenten eine durchschnittliche Primärproduktion von 205 g C/qm und Jahr zur Verfügung stehen müßte. Die in den Tabellen aufgeführten Kohlenstoffwerte können in entsprechende Energiewerte überführt werden (0,1 g organischer Kohlenstoff entspricht 4,19 kJ, SCHWOERBEL, 1994).

Vergleiche zwischen den ermittelten Richtwerten und den Untersuchungsergebnissen von ASMUS und ASMUS (1985) lassen Ähnlichkeiten erkennen.

Die Verfasser charakterisierten drei Habitate im Wattenbereich in unmittelbarer Nähe der Insel Sylt. Über umfangreiche Messungen ermittelten sie u.a. auch den Energiefluß durch das Makrozoobenthos und bestimmten das Verhältnis von Produktion zur Respiration.

Untersuchungs- flächen	Energiefluß g C/m2/a	Prod. in %	Resp. in %
Arenicola-Fächen	69	43	57
Seegras-Wiesen	85	33	67
Nereis-Cor.-Fächen	35	29	71

Diese Werte liegen in der gleichen Größenordnung, wie die theoretischen, für das eigene Untersuchungsgebiet ermittelten. Nach diesen vorausgehenden Schätzungen der Größenordnung von Produktion und Respiration folgte die Bestimmung auf der Grundlage gemessener Werte.

Ausgehend von vorliegenden P/B - Werten und einer umfassenden Kohlenstoffbestimmung aller Tiergruppen (Anlage: Tabelle 79) wurde die Produktion jeder gefundenen Art/Gruppe abgeschätzt und für jede Station zusammengefaßt. Diese Werte bildeten die Grundlage für die Jahresdurchschnittswerte in den Kompartimenten (Tabelle 8 a).

Der folgende Schritt bestand in der Ermittlung der Respiration über Messungen im "Sapromaten" und in einer Durchflußmeßzelle.

Als Bezugsgröße für die Respiration wurde die Biomasse gewählt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8a zusammengefaßt worden.

Sie verdeutlicht die Größenordnung des akkumulierten Kohlenstoffs (Biomasse) und des über die Respiration und Produktion freigesetzten Kohlenstoffs pro Jahr.

Da die dominanten Benthosorganismen Filtrierer sind, kann angenommen werden, daß sie einen großen Teil ihres Kohlenstoffbedarfs direkt aus dem Phytoplankton decken.

Aus den Tabellen 8a wird ersichtlich, daß die Menge des organischen Kohlenstoffs, der durch das Makrozoobenthos transformiert wird, erhebliche Ausmaße annehmen kann.

Tabelle 8 a

**Gesamtkohlenstoffumsatz in den Kompartimenten in Gramm C pro qm**

Kompartimente	mittlere Abundanz/a Individuen/qm	mittlere Biomasse/a g C/qm	Produktion/a g C/qm	Respiration/a g C/qm	Summe Prod.+Resp. g C/qm
südlicher Greifsw. Bodden	8784	31,10	63,43	92,82	156,25
nördlicher Peenestrom	6483	16,18	45,95	48,29	94,24
Achterwasser	178	0,06	0,46	0,19	0,65
südlicher Peenestrom	4322	4,49	12,61	13,39	26,00
Kleines Haff Schlick	3004	0,78	4,29	2,35	6,64
Sand mit <i>M. viridis</i>	9238	28,13	64,45	83,95	148,40
Sand ohne <i>M. viridis</i>	2090	1,07	6,09	3,19	9,28
Dreissenabänke	23295	59,63	131,28	177,96	309,24
Kleines Haff gesamt	9406,75	22,40	51,53	66,86	118,39

**Jahresdurchschnittswerte in Tonnen Kohlenstoff pro Kompartiment**

Kompartimente	Fläche in qkm	Akkumulierter Kohlenstoff	C freigesetzt Produktion	C freigesetzt Respiration	Summe Prod.+ Resp.
südlicher Greifsw. Bodden	300,00	9329,81	19029,53	27846,00	46875,53
nördlicher Peenestrom	63,95	1034,64	2938,30	3088,15	6026,45
Achterwasser	75,10	4,81	34,43	14,27	48,70
südlicher Peenestrom	49,20	220,82	620,41	658,79	1279,20
Kleines Haff Schlick	159,00	124,02	682,11	373,65	1055,76
Sand mit <i>M. viridis</i>	15,00	421,93	966,76	1259,25	2226,01
Sand ohne <i>M. viridis</i>	8,00	8,57	48,69	25,52	74,21
Dreissenabänke	61,50	3667,22	8073,81	10944,54	19018,35
Kleines Haff gesamt	243,50	4221,74	9771,37	12602,96	22374,33

Nach einer weiteren Zusammenfassung der Kompartimente vom südlichen Teil des Greifswalder Boddens bis zum südlichen Peenestrom und der Habitats des Kleinen Haffs ergeben sich die folgenden Werte:

	durchschnittl. Biomasse in g C/m <sup>2</sup>	Produktion in g C/m <sup>2</sup> /a	Respiration in g C/m <sup>2</sup> /a
Stationen 1 - 14	12,95	30,61	38,67
Kleines Haff	22,40	51,53	66,86

Aus den durchgeführten Untersuchungen läßt sich die Aussage ableiten, daß über das Makrozoobenthos im Südteil des Greifswalder Boddens Kohlenstoff in einer Größenordnung von 156 g C/qm im Jahr umgesetzt wird. Im nördlichen Peenestrom liegt der Umsatz bei 94 g C/qm, im Achterwasser bei 0,65 g C/qm und im südlichen Peenestrom bei 13 g C/qm. Im Kleinen Haff beträgt die Menge des transformierten Kohlenstoffs etwa 118 g C/qm im Jahr. Der sehr hohe Wert für das Kleine Haff ist auf das Vorhandensein der Dreissenabänke zurückzuführen. Über die Größenordnung des permanent im Sediment verbleibenden Kohlenstoffs kann aufgrund der komplexen bakteriellen Umsatzprozesse und der ablaufenden Resuspensionsvorgänge keine Aussage getroffen werden.

Das prozentuale Verhältnis zwischen Produktion und Respiration stellt sich wie folgt dar:

	Produktion in %	Respiration in %
Stationen 1 - 14	44,28	55,82
Kleines Haff	43,54	56,49

Diese Werte entsprechen den von ASMUS & ASMUS (1985) für die Arenicolaflächen gefundenen Ergebnissen.

## **Zusammenfassung**

Die Abundanz der Organismen und ihre Artenzusammensetzung ist im wesentlichen von vier Faktoren abhängig - von der Salinität, von der Strömung, von der Sedimentstruktur und von der Primärproduktion.

Von den genannten Faktoren besitzt die Salinität das Primat. Sie schwankt in bekannten Grenzen und beeinflusst die Verbreitung der Arten im untersuchten Ökosystem. Das bestehende Konzentrationsgefälle spiegelt sich in der Ausbreitung mariner und limnischer Arten wider.

Die Wasserbewegung ist verantwortlich für den Larventransport und für die Sedimentstruktur (bzw. auch für die Heterogenität der Sedimentationsrate in den Kompartimenten). Sie nimmt damit direkten oder indirekten Einfluß auf die Besiedlungsstrategien des Makrozoobenthos.

Die Sedimentstruktur und der Belüftungsgrad des Sedimentes bilden die Voraussetzungen für die Besiedlung eines Habitates nach einem Larvenfall. In der Folge entscheidet dann die Größenordnung der Primärproduktion über die Existenz, das Vorkommen und die Abundanz der Arten

Das vorhandene Beziehungsgefüge zwischen der Fauna und der Primärproduktion kann, wie im vorliegenden Fall, sehr stabil sein und läßt keine unmittelbare Einflußnahme des Benthos auf das Phytoplanktonregime erkennen. Ein Vergleich zwischen den theoretisch ermittelten Werten der Primärproduktion, die in den einzelnen Kompartimenten (vergl. obenstehende Tabellen) vom Makrozoobenthos benötigt werden und der Primärproduktion, die nach WESTPHAL (Forschungsbericht 1997) real zur Verfügung steht, läßt Unterschiede zwischen Angebot und Verbrauch erkennen (Beispiel: Greifswalder Bodden). Differenzen dieser Art werden durch den Phytoplanktontransport zwischen den Kompartimenten ausgeglichen.

Eine Steuerfunktion auf die Wechselwirkung zwischen Plankton und Benthos kann deshalb bei annähernd gleichbleibender Salinität nur über die Quantität essentieller Pflanzennährstoffe eintreten. Dabei würde die Absenkung des Nährstoffpegels bei dem gegenwärtig bestehenden Überangebot an Phytoplankton in allen Habitaten zu besseren Entwicklungsmöglichkeiten der Makrophyten im Peenestrom und im Kleinen Haff führen und damit auch zu einer Verbesserung der Artendiversität der Fauna beitragen.

Über das Makrozoobenthos erfolgt in dichtbesiedelten Habitaten, zu denen die sandigen Sedimente und die Dreissenabänke gerechnet werden müssen, eine Kohlenstofftransformation in beachtlichen Größenordnungen (Tabelle 8 a). Die Frage nach den Kohlenstoffanteilen, die dauerhaft im Sediment verbleiben, wenn die Tiere absterben, läßt sich aufgrund der Komplexität bakterieller Umsetzungen und der durch Wasserbewegung ausgelösten Resuspensionsvorgänge nicht eindeutig beantworten. Durch die vorhandene Bioturbation wirken die Tiere selbst in begrenztem Maße einer Festlegung von organischem Material im Sediment entgegen. Durch die Belüftung der Sedimente und die Vergrößerung der inneren Oberfläche unterstützen sie aber gleichzeitig bakterielle Umsatzprozesse und bewirken damit die Freisetzung von anorganischem Kohlenstoff und Pflanzennährstoffen.



Die getroffenen Aussagen sind gegenwärtig noch sehr allgemein gehalten. Sie sollten zukünftig durch eine Reihe von Arbeiten unteretzt werden, die sich sowohl mit Fragen der Grundlagenforschung als auch mit angewandten Themen beschäftigen. In diesem Sinne könnte die Größen- und Parameterabhängigkeit der Respiration und Produktion unterschiedlicher Tierarten untersucht und die vorliegenden Ergebnisse besser abgesichert werden. Anwendungsorientierte Themen sollten vor allem auf Sanierungsprobleme ausgerichtet sein. So könnten beispielsweise Verfahren geprüft werden, die auf eine Absenkung des Nährstoffgehaltes in den Habitaten und auf die Verminderung der Phytoplanktonentwicklung gerichtet sind. Dazu gehören insbesondere Arbeiten, die sich mit der Bedeutung der Dreissena-Bänke oder mit der Nutzung der Schilffbestände des Uferbereiches beschäftigen. Wesentlich erscheint auch der Versuch über eine selektive Fischerei unterstützend auf die Entwicklung des Zooplanktons einzuwirken.

## Literatur

- ARLT, G. (1970): Faunistisch- ökologische und produktionsbiologische Untersuchungen am Mikrobenthos des Greifswalder Boddens. Dissertation, EMAU Greifswald
- ARNDT, E.A. (1984): The ecological niche of *Cordylophora caspia* (Pallas, 1771). *Limnologica* (Berlin) 15, S. 469-477
- ARNDT, E.A. (1989): Ecological, physiological and historical aspects of brackish water fauna distribution. In: J. S. Ryland & P. A. Tyler (eds.) *Proc. 23rd Eur. Mar. Biol. Symp.* Swansea UK, Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, p. 327-338
- ARNDT, E.A. (1994): Struktur und Dynamik des Makrozoobenthos in der Darß-Zingster Boddenkette im Laufe der letzten 25 Jahre unter besonderer Berücksichtigung der Makrozoobenthos-Entwicklung im Saaler Bodden von 1986-1990. *Rostock. Meeresbiolog. Beitr.* 2, S. 93-120
- ARNDT, E.A., (1988): Zusammenfassende Ergebnisse von Untersuchungen am Makrozoobenthos der Darß - Zingster Boddenkette von 1967 - 1987. *Wiss. Z. WPU Rostock, N-Reihe* 37, 5, 6 - 12.
- ANDRES, D., (1993): Abschlußbericht, Video- und Fotodokumentation der Bestände von *Dreissena polymorpha* (Pallas) im Oderhaff. *Aldebaran Marine Research and Broadcast*, Kiel. 29.
- ASMUS, H. & ASMUS, R., (1985): The importance of grazing food chain for energy flow and production in three intertidal sand bottom communities of the northern Wadden Sea.-*Helgoländer Meeresunters.* 39: 273- 301
- ASMUS, R.M., (1984): Benthische und pelagische Primärproduktion und Nährsalzbilanz.-Eine Freilanduntersuchung im Watt der Nordsee. *Ber. Inst. Meereskunde Kiel* 131: 1- 148
- AUTORENKOLLEKTIV (1992, 1993, 1994): *Gewässergüteberichte*. Herausgeber: Umweltministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- BESCH, W.K., HAMM, A., LENHART, B., MELZER, A., SCHARF, B. & STEINBER, C. (1992): *Limnologie für die Praxis*. Ecomed, Fach-Verlag Landsberg
- BEUKEMA, J.J., (1981): Quantitative data on the benthos of the Wadden Sea proper. In: *Invertebrates of the Wadden Sea*. Hrsg. Danker B.N., Kühn, H., Wolff, W.J., Balkema, Rotterdam, 134142, (Rep. Wadden Sea Working Group 4)

BICK, A. und BURCKHARDT, R. (1989):Erstnachweis von *Marenzelleria viridis* (Polichaeta,Spionidae) für den Ostseeraum, mit einem Bestimmungsschlüssel der Spioniden der Ostsee. Mitt. Zool. Mus. Berlin. 65 2, 237-247.

BLUHM, H. (1990): Analyse zyklischer Wiederbesiedlungsvorgänge am Beispiel sublitoraler Makrobenthosgemeinschaften in der Flensburger Förde. Diss. C.-A.-Universität Kiel

BÖRNER, R. & KELL, V. (1982): Einfluß von Nährstoffanreicherung auf die Biomasse, Artensequenz und Primärproduktion des Phytoplanktons während einer Komplexanalyse im Zingster Strom (Juni 1981). WZ Rostock, Math.- Nat. R. 31 6, S. 53-56.

BREY, T., (1984): Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrozoobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5 - 15 m Wassertiefe. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Nr. 123, 1-124

BRUST, K., KOHLER, V. und ELLISEN, R. (1995): Untersuchungen der Fauna im Sediment des Ludwigsburger Hakens (Die Lanken) und erstellen einer Artenminimalarealkurve. Praktikumsarbeit, EMAU, 20 S..

BUCKMANN, K. (1994): Messung und numerische Modellierung von Transport-und Austauschprozessen im Greifswalder Bodden und Oderästuar. Forschungsbericht zum Projekt: "Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse". EMAU Greifswald 31 S.

DAMISCH, A. (1956): Quantitative Untersuchungen der Bodenfauna der Dänischen Wiek. Staatsexamensarbeit, EMAU Greifswald

DOERSCHEL, K. (1986): Die Entwicklung des Makrozoobenthos der Lübecker Bucht mit der Wiederbesiedlung im Juni 1980 unter Berücksichtigung der aktuellen Trends des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser. Diplomarbeit, WPU Rostock

ENGELMANN, H.-D., (1964): Qualitative und quantitative Benthos-Untersuchungen im Greifswalder Bodden zur Erfassung der Produktivität. Diss. EMAU Greifswald. 173 S..

GIZINSKI, A., JAGODZINSKA, M., WOLNOMIEJSKI, N., GRYGIEL, I. (1980): Zoobenthos of the muddy areas of Szczecin Lagoon. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Prace Limnologiczne Nr. 12, 43-59

GÜNTHER, B. (1961): Die Fauna des Kooser Sees in Abhängigkeit von ökologischen Faktoren. Diplomarbeit, EMAU Greifswald

GESSNER, F., (1957): Meer und Strand. VEB Deutscher Verlag derWissenschaft, Berlin. 426. S.

GRAY, J.S., (1984): Ökologie mariner Sedimente. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 193 S..

HABERMANN, CH. (1997): Bestimmung der Kohlenstoffgehalte von Polychaeten und Oligochaeten des Greifswalder Boddens, des Peenestroms und des Kleinen Haffs. Praktikumsarbeit, EMAU, 33 S.

HENSEL, S. (1994): Status-quo-Erfassung des Makrozoobenthos im Kleinen Haff unter Berücksichtigung ökologischer Parameter. Diplomarbeit. Univ. Greifswald

HOLME, N.A.& McINTYRE, A.D., (1971): Methods for the Study of Marine Benthos. IBP Handbook No. 16. International Biological Programme, 7 Marylebone Road, London NW 1. 197 - 279

JASCHHOF, M., (1990): Zur Sedimentbesiedlung des Salzhaffs durch die Makrofauna. Diplomarbeit, WPU Rostock.

JÖNSSON, N., BUSCH, A. (1994): Struktur und Funktion von Boddenlebensgemeinschaften im Ergebnis von Austausch- und Vermischungsprozessen. Forschungsbericht zum Projekt: "Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse". EMAU Greifswald, 22 S.

KELL, V. (1984): Primärproduktionsmessungen im Greifswalder Bodden in den Jahren 1981 und 1982. Wiss. Ztschr. WPU Rostock 33, 6, S.53-56

KELL, V. (1985): Untersuchungen zur Qualität und Quantität des Phytoplanktons im Greifswalder Bodden (südliche Ostsee) in den Jahren 1977-1984. Wiss. Ztschr. WPU Rostock 34, 6, S.32-40

LAMPE, R. (1994): Einführung zum Forschungsbericht des Projektes "Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse". EMAU Greifswald, S. 1-25

LAMPE, R. und MEYER, H. (1994): Hydrographie des Oderästuars: Zeitliche und räumliche Verteilung ausgewählter Wasserinhaltsstoffe im Zeitraum Oktober 1993 bis September 1994. Forschungsbericht zum Projekt: "Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse". EMAU Greifswald, 18 S.

LEWIN, G., (1995): Makrozoobenthos in der Spülsaumzone der Karrenderfer Wiesen. Praktikumsarbeit, EMAU, 20 S..

LINDAU, A. und JANSEN, F., (1995): Ökofaunistische Untersuchungen am Wampener Riff (Greifswalder Bodden). Praktikumsarbeit, EMAU, 8 S..

- LINDNER, A., (1978): Soziologisch-ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst (südliche Ostsee). *Limnologica* 11, 2, 229-305
- MASLOWSKI, J. (1992): Bottom macrofauna of the Szczecin Lagoon (north-western Poland). *Acta Hydrobiol.* 34, 3, S. 253-274
- MASLOWSKI, J. (1993): Long-term changes in bottom macrofauna of the Szczecin Lagoon (north-western Poland). *Acta Hydrobiol.* 35, 4, S. 344-355.
- MEßNER, U. (1986): Untersuchungen an der Phytalfauna des Greifswalder Boddens. Diplomarbeit, WPU Rostock
- MLODZINSKA, Z. (1980): Hydrochemia, Sklad jonowy. Zalew Szczecinski, Atlasy i Monografie. Warszawa
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. Quelle und Meyer Verlag, München, Stuttgart
- PIESIK, Z. (1983): Biology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) settling on stylon nets and the role of this mollusc in eliminating the seston and the nutrients from the water-course. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 30, 4, 353-361
- NEUHAUS, E. (1933): Studien über das Stettiner Haff und seine Nebengewässer. Untersuchungen über die allgemeinen und biologischen Verhältnisse. *Z. Fischerei*, 31, S. 427-489
- PIESIK, Z. (1992): Możliwość biologicznej rekultywacji Zalewu Szczecińskiego. *Uniwersytet Szczeciński, Annales Scientiarum Stetinenses*, VII, 1, 23-36
- MÖLLER, R., (1984): Verbreitungsökologische Untersuchungen am Makrozoobenthos im Winterhalbjahr 1983/84 im Barther Bodden. Diplomarbeit, WPU Rostock.
- MÜLLER, H.-J., (1988): Ökologie. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 395 S..
- MÜHLENBERG, M., (1989): Freilandökologie. Quelle und Meyer Verlag München, Stuttgart. 430 S..
- NOORDHUIS, R., REEDERS, H. & BIJDEVAATE, A., (1992): Filtration Rate and Pseudofaeces Production in Zebra Mussels and their Application in Water Quality Management. *Limnol. Actuell*, Vol.4, 101-114

NEUBAUR, R., (1927): 11. Beiträge zur Kenntnis der Molluskenfauna des Stettiner Haffs und der Swinemünder Bucht. Z. Fischerei, 25, 245-261.

PEREZ, M.S., (1990): Bonitierung des Makrozoobenthos im Greifswalder Bodden. Diplomarbeit, WPU Rostock

POLTE, T., (1993): Untersuchungen zum aktuellen Artenbestand der Gattung *Cerastoderma* im Greifswalder Bodden. Praktikumsarbeit, EMAU, 5 S..

PREMKE, K., (1996): Die Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in ausgewählten Makrozoobenthos-Arten (Mollusca) des Greifswalder Boddens, des Peenestroms und des Kleinen Haffs. Praktikumsarbeit, EMAU, 9 S.

REMANE, A. und SCHLIEPER, C., (1958): Die Biologie des Brackwassers. In: Thienemann, A., Die Binnengewässer. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.

SCHNESE, W. (1967): Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Greifswalder Boddens. Diss. EMAU Greifswald

SCHMIDT, I. (1994): Zu den Ursachen sommerlicher Cyanophyceenblüten in den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns. Forschungsbericht zum Projekt: "Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse". EMAU Greifswald 21 S.

SEIFERT, R. (1938): Die Bodenfauna des Greifswalder Boddens. Z.f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere, 34, S. 221-271

STAMMER, H.J. (1928): Die Fauna der Ryckmündung, eine Brackwasserstudie. Z. Morphol. Ökol. 11, S. 53-113

SCHWOERBEL, J., (1993): Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag Jena. 387 S..

SCHWOERBEL, J., (1994): Methoden der Hydrobiologie - Süßwasserbiologie. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. Jena. 368 S..

WARWICK, R.M., & PRICE, R., (1975): Macrofauna production in an estuarine mudflat. - J. mar. biol. Ass. U.K. 55: 1- 18

WATERS, T.F., 1977: Secondary production in inland waters Adv. Ecol. Res. 10: 91- 164

WAWRZYNIAK-WYDROWSKA, B. (1992): Zmiany faunie bentosuw Zalewie Szczecinskim napodstawie badan przeprowadzonych w roku 1989-1991, w porownaniu z wynikami dotychczasowych badan. Raport z realizacji projektu badawczego nr 6 P20507707

- WIEGEMANN, M. (1997): Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in ausgewählten Makrozoobenthos-Gruppen (Crustacea und Chironomidae) des Greifswalder Boddens, des Peenestroms und des Kleinen Haffs. Praktikumsarbeit, EMAU, 44 S.
- WIESNER, L. (1993): Die Crustacea (Amphipoda, Isopoda, Mysidacea und Decapoda) des Greifswalder Boddens. Praktikumsarbeit, EMAU, 4 S.
- WIESNER, L. (1997): Nachweis von Schwermetallen in Mollusken aus dem Kleinen Haff. Diplomarbeit, EMA-Universität Greifswald, 86 S..
- WIKTOR, J., WIKTOR, K. (1954): Jakosciowe i ilosciowe badania fauny dennej Zalewu Szczecinskiego, cz. I, Prace MIR, 7, 127-152
- WIKTOR, K. (1980): Ogolna charakterystyka flory i fauny. Zalew Szczecinski, Atlasy i Monografie. Warszawa
- WOHLRAB, F. (1959): Die Bodenfauna des Freesendorfer Sees. Arch. Nat. Meckl. 5, 396-423
- WOIDIG, S. (1993): Die Molluscen der Ryckmündung und der Dänischen Wieck, Praktikumsarbeit, EMAU, 5 S..
- WOLFF, W.J., deWOLF, L., (1977): Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen Estuary, the Netherlands. Estuar. Coast. Mar. Sci. 5: 1- 24
- WOLNOMIEJSKI, N., GRYGIEL, I. (1989): Makrofauna dna mulistego Zalewu Szczecinskiego. Gdynia, Instytut Rybackiego, Studia i Materialy, Seria A, Nr. 29, 5-42
- WOLNOMIEJSKI, N., GRYGIEL, I. (1994): Badania bentosu i pokarmu ryb Zalewu Szczecinskiego. Gdynia, Morski Instytut Rybacki, Studia i Materialy, Seria B, Nr. 67, 5-65
- ZETTLER, M. L., BOCHERT, R. und BICK, A. (1994): Röhrenbau und Vertikalverteilung von *Marenzelleria viridis* (Polychaeta: Spionidae) in einem inneren Küstengewässer der südlichen Ostsee. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 2, 215-225
- ZETTLER, M.L. (1996): Ökologische Untersuchungen am Neozoon *Marenzelleria viridis* (Verrill, 1873) (Polychaeta: Spionidae) in einem Küstengewässer der südlichen Ostsee. Dissertation, Universität Rostock, 149 S.