

Monika NAUSCH, Doris SETZKORN, Ines GLOCKZIN, Annett GRÜTTMÜLLER

Bakterielle Aktivitäten als Parameter für die Modifikation des organischen Materials zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken (Pommernbucht, südliche Ostsee)

Zusammenfassung

In der Ostsee sind die tiefen Becken Depositionsgebiete für allochthones und autochthones Material. Der Transport von den flachen, küstennahen Regionen zu den tiefen Becken erfolgt vorwiegend in der bodennahen Nepheloidschicht (BNL). Während dieses Transportes unterliegt das partikuläre organische Material einer biologischen Modifikation, an der Bakterien maßgeblich beteiligt sind. Auf 4 Expeditionen von März 1997 bis März 1998 wurden die bakterielle Produktion und extrazelluläre Enzymaktivitäten (Aminopeptidase-, α - und α -Glukosidaseaktivität) zur Charakterisierung von Prozessen, die zur Modifikation organischen Materials führen, in der BNL und im Wasser untersucht. Weiterhin wurden Bestandsparameter wie Chlorophyll a, Phaeopigmente, POC, PON, partikuläre Proteine und Kohlenhydrate bestimmt.

Thymidinaufnahme und Aminopeptidaseaktivität waren in der euphotischen Zone höher als in der BNL. Die Glukosidaseaktivitäten waren an den meisten Stationen in der BNL gleichgroß oder höher als in der euphotischen Zone. Dies weist darauf hin, daß Proteine intensiv in der Wassersäule abgebaut werden, während der Kohlenhydratabbau mehr in der BNL stattfindet.

In der BNL korrelieren diese Aktivitäten mit der Konzentration des partikulären Materials. Die negativen Korrelationen zwischen den Aktivitätsparametern und dem Chl a-Gehalt im Seston und der Relation Chl a/Phaeopigment sprechen für den Abbau des sedimentierten Phytoplanktons durch Bakterien. Dieser Zusammenhang kann durch andere Faktoren wie Temperatur und Exudation niedermolekularer Substanzen durch das Phytoplankton überlagert werden.

1 Einleitung

In der Ostsee wird über die Flüsse eingetragenes allochthones und autochthon produziertes organisches Material nicht in flachen und küstennahen Bereichen sondern in den tiefen Becken abgelagert. In der westlichen Ostsee gelten Gebiete mit Tiefen unter 40 m (Christiansen & Emelyanov 1995) und in der zentralen Ostsee Becken mit Tiefen unter 70 m (Jonsson et al. 1990) als permanente Depositionsgebiete. Als Beispiel für die Wechselwirkung zwischen flachen Küstenregionen und tiefen Becken wurde die Beziehung zwischen Pommernbucht und Arkona-Becken in mehreren Projekten (*ODER 1993 -1996, TRUMP 1994 -1997, BASYS 3a 1997 - 1999) untersucht. In die Pommernbucht mündet die Oder, der fünftgrößte Fluß im gesamten Ostseeraum, mit einem Süßwassereintrag von 17 km³ /Jahr (Mohrholz & Lass 1998, Meyer & Lampe 1999) und einer Partikelfracht von 425 000 t/Jahr (Pohl et al. 1998). Die Untersuchungen im Rahmen des TRUMP-Projektes zeigten, daß während der Wachstumsperiode (März-September) der Eintrag an anorganischen Nährstoffen aus der Oder in die Pommernbucht sehr gering ist, weil diese im vorge-lagerten Oderhaff durch intensive Planktonproduktion umgesetzt werden. Der Eintrag in die Pommernbucht erfolgt zu dieser Zeit überwiegend als partikuläres Material mit einem hohen Phyto-planktonanteil. Hohe mikrobielle Aktivitäten weisen ebenfalls darauf hin, daß im eingetragenen Wasser bereits intensive Remineralisation stattfindet (Jost & Pollehne 1998, Nausch et al. 1998). Der Eintrag von Wasser aus dem Oderhaff über die Swina erfolgt pulsartig als diskrete Ereignisse (Bodungen et al. 1995; Siegel et al. 1996). Innerhalb von etwa 10 sm wird das eingetragene Wasser mit Wasser aus der offenen Ostsee vermischt und limnische Arten werden durch mehr marine Arten ersetzt (Jost & Pollehne 1998). Neben den Umsatz- und Vermischungsprozessen in der Wassersäule findet eine Sedimentation des partikulären Materials statt. Das Ergebnis dieser Sedimentation ist die „Fluffy Layer“, eine Mulmschicht, die dem sandigen Sediment aufgelagert und reich an organischem Material ist (Christiansen et al. 2000, Emeis et al. 2000). Der Transport ins Arkona-Becken, dem Hauptdepositionsgebiet für Material aus der Pommernbucht, erfolgt in der bodennahen Nepheloidschicht (BNL) (Neumann et al. 1996, Leipe et al. 1998). Dieser Transport wird von der Hydrodynamik, die überwiegend windgetrieben ist (Mohrholz 1998), bestimmt. Bereits bei Strömungsschwindigkeiten vom 4 cm s⁻¹ wird das partikuläre Material aus der Fluffy Layer in die BNL oder höher resuspendiert und weiter transportiert (Leipe et al. 2000). An der Station Odas hat das partikuläre Material in der Fluffy Layer eine Residenzzeit von 1 - 2 Tagen (Leipe et al. 2000). Auf dem Transportweg ins Arkona-Becken unterliegt das partikuläre Material in der BNL einer biologischen Modifikation. Diese Modifikation kann durch Zoobenthos (Powilleit et al. 1995, Kube et al. 1996) und durch heterotrophe Bakterien erfolgen.

Im Projekt „ODER“ wurde die Zusammensetzung und der Transportweg aus der Oder in die Pommernbucht eingetragenen partikulären Materials und im Projekt „BASYS 3a“ die Dynamik des Transportes von den flachen küstennahen Regionen ins Arkona-Becken sowie Menge und Zusammensetzung des Materials untersucht. In diesen Projekten lag der Schwerpunkt auf der Veränderung mineralischer Bestandteile und von Schadstoffen. Der Schwerpunkt eines weiteren Projektes „Partikelresuspension und -modifikation in der bodennahen Nepheloidschicht“ (1996-1998) lag auf der Untersuchung biologischer Prozesse, die während des lateralen Transportes stattfinden und die diesen Transport beeinflussen können. Im Rahmen dieses

Projektes wurden bakterielle Aktivitäten in der BNL und in der Wassersäule untersucht, um die bakterielle Modifikation des organischen Materials auf dem Transportweg von der Swinamündung ins Arkona-Becken zu beschreiben.

*ODER: Oder discharge environmental response

TRUMP: Transport- und Umsatzprozesse in der Pommernbucht

BASYS: Baltic Sea System Study

2 Probenahme und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet und Probenahme

Von März 1997 bis März/April 1998 wurden 4 Expeditionen mit dem Forschungsschiff „Prof. Albrecht Penck“ in die Pommernbucht durchgeführt, bei denen 5 Stationen auf einem Tiefengradienten zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken beprobt wurden (Abb. 1):

- die Station Swina nahe der Swina-Mündung mit einer Wassertiefe von 9 m
- die Station Odas ca. 10 km von der Swina-Mündung und einer Wassertiefe von 15 m
- die Station Prosa 5 in der Saßnitzrinne mit einer Tiefe von 21 m
- die Station Prosa 13 auf dem südlichen Hang zum Arkona-Becken mit Tiefen zwischen 23 und 26 m
- die Station Prosa 4 mit einer Tiefe von 43 m im Arkona-Becken.

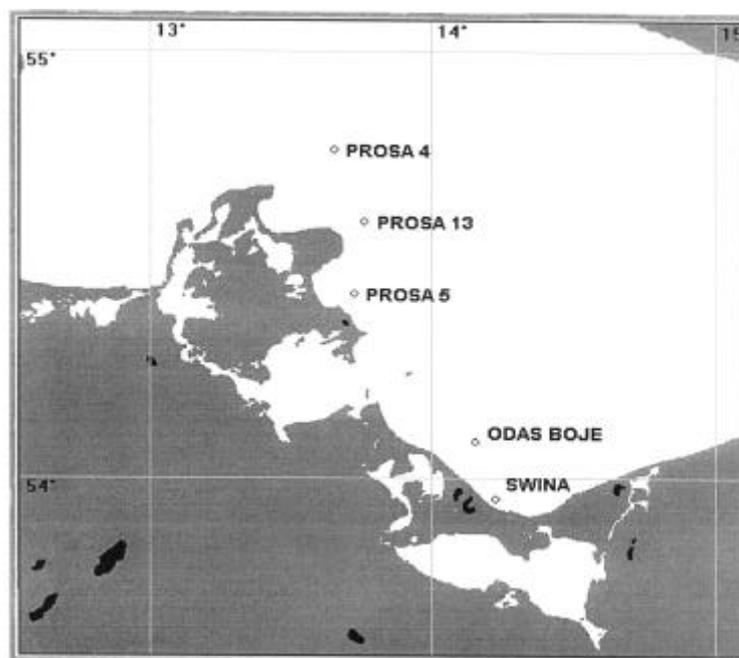


Abb. 1 Untersuchungsgebiet mit Stationen

In Tabelle 1 sind Temperatur und Salinität im Oberflächen- und im bodennahen Wasser während der Untersuchungszeiträume zusammengefasst. Im Oberflächenwasser nahm die Salinität von der Station Swina bis zur Station Prosa 5 zu und blieb auf den nördlicheren Stationen auf dem gleichen Niveau. Im bodennahen Wasser wurde ein Anstieg der Salinität von der innersten zur äußersten Station gemessen. Die Temperaturverteilung zeigte im Oberflächenwasser eine leichte Abnahme von den inneren zu den äußeren Stationen. Bei den meisten Untersuchungen war in Bodennähe kühleres und salzreicheres Wasser als im Oberflächenwasser vorhanden. Im Juli und September 1997 spiegelten Temperatur- und Salinitätswerte die windbedingte Durchmischung der Wassersäule an einigen Stationen wieder.

Die Werte für die Salinität im Oberflächenwasser zeigen auch, daß die Pommern-bucht während der Untersuchungen im Juli 1997 von der Oderflut noch unbeeinflusst war.

Tabelle 1 Salinität und Temperatur im Oberflächenwasser (WP) und in der bodennahen Schicht während der Untersuchungen

Station	März 1997		Juli 1997		September 1997		März 1998	
	WP	BNL	WP	BNL	WP	BNL	WP	BNL
	Salinität (PSU)							
Swina	n.d.	n.d.	5,5	10,7	8,5	10,1	6,0	7,5
Odas	6,9	7,4	9,6	10,5	10,1	10,1	7,1	7,4
Prosa 5	8,4	12,9	11,0	11,0	11,2	11,2	8,6	9,9
Prosa 13	8,5	9,0	10,8	10,9	n.d.	n.d.	8,4	10,2
Prosa 4	7,8	15,9	11,2	13,2	n.d.	n.d.	8,1	14,5
	Temperatur (°C)							
Swina	n.d.	n.d.	19,6	18,1	16,7	17,1	5,2	4,2
Odas	3,6	2,9	18,5	18,2	16,8	16,8	4,8	4,2
Prosa 5	3,9	2,4	16,8	16,6	17,0	16,8	4,4	3,7
Prosa 13	3,3	3,5	17,5	10,1	n.d.	n.d.	4,2	3,6
Prosa 4	3,3	3,4	17,6	10,0	n.d.	n.d.	4,1	4,1

In der Wassersäule erfolgte die Probenahme mit einer Wasserschöpfer-Rosette, die mit einer CTD-Sonde und mit einem Fluoreszenzsensor zur Messung von Temperatur, Salinität und Chlorophyllfluoreszenz kombiniert war. Die Wassersäule wurde im Chlorophyllmaximum der euphotischen Zone (WP 1) und 1 m über Grund (WP 2) beprobt. Zur Probenahme in der BNL wurde ein Bodenwasserschöpfer verwendet, dessen Ansaugstellen 5cm (Bw 1), 10 cm (Bw 2), 15 cm (Bw 3) und 20 cm (Bw 4) über Grund angebracht waren.

2.2 Methoden

Die Bestimmung der Konzentration des partikulären Materials (Seston) erfolgte gravimetrisch. 100 bis 250 ml Probenwasser wurden über vorgewogene 0.8 μm Polycarbonat-Filter (Nuclepore) filtriert, 12 h bei 60°C getrocknet und bis zur Wägung im Exsikkator aufbewahrt.

Chlorophyll a (Chl a)- und Phaeopigmentkonzentrationen wurden nach dem JGOFs-Protokoll (UNESCO 1994) bestimmt. 100 – 500 ml Probenvolumen wurden über Glasfaserfilter (Whatman, GF/F) filtriert und bis zur Extraktion in 90% Azeton bei -20°C gelagert. Die Messung erfolgte im Fluorometer bei 440 nm Excitation und 670 nm Emission. Für die Phaeopigmentbestimmung wurden 10 ml Extrakt mit 100 μl 1N HCl versetzt und bei den gleichen Wellenlängen gemessen.

Für die Bestimmung von partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON) wurden 100 – 500 ml Probenwasser über vorglühte (4h, 430°C) GF/F-Filter filtriert. Die Filter wurden bis zur Messung im CHN-Analysator (EA 1110, Fison Instruments, Italien) bei -20°C gelagert.

Für die Bestimmung partikulärer Proteine und Kohlenhydrate wurden Proben (100 – 300 ml) über Polykarbonat-Filter filtriert und bis zur weiteren Bearbeitung bei -20°C gelagert. Die Proteinbestimmung erfolgte nach Bradford (1976). Nach Hydrolyse der Proben mit 1 N NaOH bei 60°C für 2 h wurde das Hydrolysat mit Bio-Rad-Reagenz versetzt und die Extinktion im Photometer bei 595 nm gemessen. Für die Berechnung wurde eine Eichreihe aus Rinderserumalbumin (Merck) herangezogen.

Partikuläre Kohlenhydrate wurden mit der Schwefel-Phenol-Methode nach Dubois et al. (1956) bestimmt. Dazu wurden die Filter mit 800 μl Milli-Q, 800 μl 5%igem Phenol und 4 ml konzentrierter H_2SO_4 versetzt. Nach einer Inkubationszeit von 15 min. bei 20°C wurde die Extinktion im Photometer bei 488 nm gemessen. Die Kohlenhydrat-konzentrationen sind in Glukoseeinheiten angegeben.

Die bakterielle Produktion wurde mittels Aufnahme von [^3H]-Thymidin (Amher-sham, spez. Aktivität 25 Ci mmol^{-1}) bestimmt (Fuhrman & Azam 1982, Bell 1993). Dazu wurden 10 ml Probe in 3 Parallelen mit 20 nmol l^{-1} [^3H]-Thymidin (Endkonzentration) versetzt und dunkel bei *in situ*-Temperatur inkubiert. Nach einer Inkubationszeit von 1 h wurde die Thymidinaufnahme durch Zugabe von 100 μl partikelfreiem unge-puffertem Formaldehyd beendet. Für Blindwerte wurden Proben vor Zugabe des radioaktiven Thymidins mit Formaldehyd fixiert. Nach der Inkubation wurden die Proben über Polykarbonat-Filter filtriert und mit 10 ml 5%iger eiskalter Trichloressigsäure gespült. Nach Zugabe von Scintillationsflüssigkeit (Ultima-Gold XR, Packard) wurden die Filter im Flüssigkeits-Scintillationszähler (Packard, Canberra, USA) gemessen.

Für die Charakterisierung der Protein- und Kohlenhydrathydrolyse durch Bakterien wurde die Aminopeptidaseaktivität und die α - und β -Glukosidaseaktivität nach Zugabe von 200 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (Endkonzentration) Leucin- Methylcoumarinylaminide (Leu-MCA) bzw. 4-Methylumbelliferyl -(MUF)- α - und MUF- β -Glukose fluorometrisch gemessen (Hoppe 1993, Nausch et al. 1998). Die Inkubation für diese Messungen erfolgte in 3 Parallelen bei *in situ* Temperatur und im Dunkeln.

Für Größenfraktionierungen wurden Polykarbonatfilter mit Porengrößen von 0.2 μm , 0.8 μm , 5 μm und 14 μm verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Charakterisierung des partikulären Materials

Partikuläres Material (Seston)

In der euphotischen Zone wurden die höchsten Partikelkonzentrationen an der Station Swina bestimmt (Tab. 2, Abb. 2). Mit zunehmender Entfernung von der Swina-Mündung nahm die Partikelkonzentration ab. In die Saßnitzrinne kann zusätzlich Material aus dem Greifwalder Bodden eingetragen werden, was sich in den Sestonkonzentrationen an der Station Prosa 5 widerspiegelte.

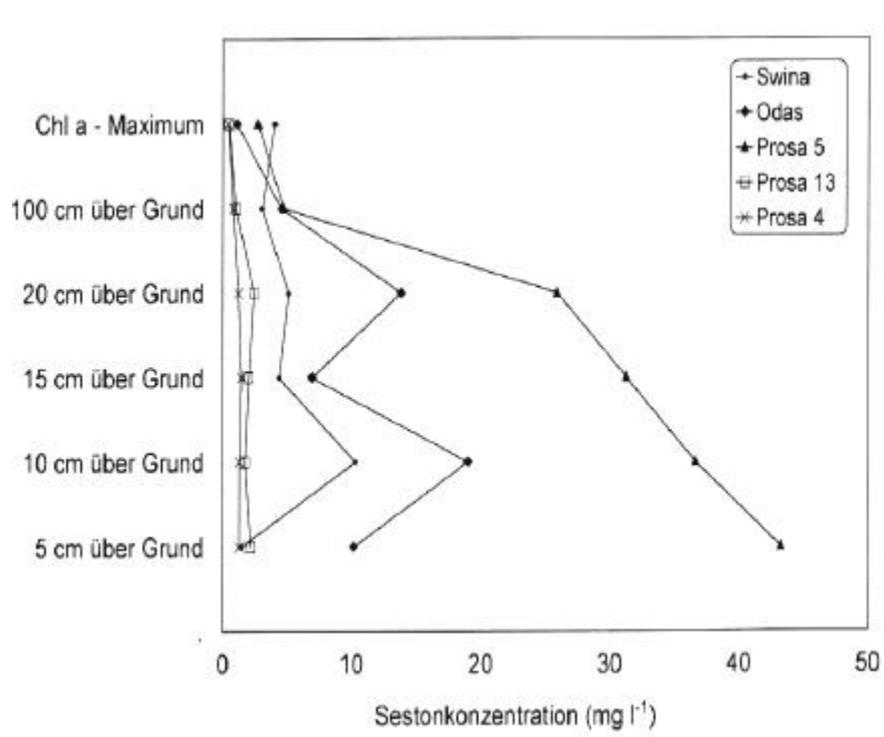


Abb. 2 Sestonkonzentrationen in der Wassersäule und in der BNL im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken im März 1998

Bei den meisten Untersuchungen wurden in der BNL höhere Sestonkonzentrationen als in der darüberliegenden Wassersäule gemessen. Teilweise wurden bereits in einer Tiefe von 1 m über Grund höhere Partikelkonzentrationen als in der euphotischen Zone bestimmt. Abb. 2 zeigt die Sestonkonzentrationen in der Wassersäule und in den einzelnen Horizonten der BNL für die Untersuchungen im März 1998, die auch für die anderen Untersuchungen repräsentativ ist. Die Partikel-

konzentration ist nicht immer in 5 cm über Grund am höchsten, dort wo der größte Einfluß durch Resuspension aus der „Fluffy Layer“ erwartet wurde. Im März und Juli 1997 wurden die höchsten Partikelkonzentration an der Station Prosa 4 gemessen. Dagegen waren im März 1998 die Konzentrationen an der Station Prosa 5 am höchsten. Zu dieser Zeit wurden in der BNL der inneren Stationen höhere Partikelkonzentrationen gemessen als an den äußeren Stationen (Tab. 2). Eine Zunahme des partikulären Materials in der BNL war mit einer Erhöhung der Menge organischen Materials verbunden. Das zeigen die Korrelationskoeffizienten zu Chl a, POC, PON, partikulären Kohlenhydraten und Proteinen (Tab. 3).

Tabelle 2 Sestonkonzentrationen, Chl a-Gehalt im Seston und das Verhältnis Chl a/ Phaeopigment zur Charakterisierung des partikulären Materials in der euphotischen Zone (WP 1) und in der BNL (gemittelt über Bw 1 - Bw 4) im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken

		März 1997	Juli 1997	September 1997	März 1998
		<i>Seston (mg l⁻¹)</i>			
Swina	WP 1	n.d.	7.6	3.4	4.0
	BNL	n.d.	n.d.	3.8	5.7
Odas	WP 1	1.7	1.9	2.9	1.1
	BNL	2.2	4.1	4.7	12.4
Prosa 5	WP 1	2.0	2.9	1.9	2.7
	BNL	3.1	2.6	n.d.	34.2
Prosa 13	WP 1	0.9	1.4	n.d.	0.5
	BNL	2.9	5.6	n.d.	2.1
Prosa 4	WP 1	0.8	1.1	n.d.	0.4
	BNL	9.4	9.8	n.d.	1.3
		<i>Chla /Seston (µg mg⁻¹)</i>			
Swina	WP 1	n.d.	4.6	2.1	2.2
	BNL	n.d.	n.d.	1.3	0.8
Odas	WP 1	3.2	5.4	2.5	6.3
	BNL	1.1	0.9	1.5	0.2
Prosa 5	WP 1	4.8	1.1	2.9	3.3
	BNL	0.2	0.5	n.d.	0.3
Prosa 13	WP 1	6.7	3.0	n.d.	6.8
	BNL	1.9	0.2	n.d.	2.9
Prosa 4	WP 1	3.3	2.5	n.d.	16.7
	BNL	0.1	0.1	n.d.	1.9
		<i>Chla /Phaeopigment</i>			
Swina	WP 1	n.d.	5.0	2.5	1.8
	BNL	n.d.	n.d.	2.0	0.7
Odas	WP 1	9.8	2.6	2.6	2.0
	BNL	2.1	1.2	1.5	0.3
Prosa 5	WP 1	9.8	1.4	5.2	3.5
	BNL	0.8	0.6	n.d.	0.8
Prosa 13	WP 1	9.0	2.8	n.d.	3.4
	BNL	6.0	0.4	n.d.	4.3
Prosa 4	WP 1	4.8	2.5	n.d.	5.2
	BNL	0.2	0.3	n.d.	3.9

Tabelle 3 Korrelationskoeffizienten zwischen der Sestonkonzentration und organischen Bestandsparametern in der BNL. $p=0.01$ für alle Parameter

Parameter	Korrelationskoeffizient <i>r</i>	Anzahl der Daten <i>n</i>
Chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	0,55	33
Phaeopigment ($\mu\text{g l}^{-1}$)	0,91	33
POC ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	0,96	33
PON ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	0,96	33
part. Kohlenhydrate (mg l^{-1})	0,73	30
part. Proteine (mg l^{-1})	0,5	29

Chlorophyll und Phaeopigmente

Die Chl a- Konzentrationen lagen bei den Untersuchungen im März und im September zwischen $2.7 \mu\text{g l}^{-1}$ und $9.7 \mu\text{g l}^{-1}$ im Chlorophyllmaximum der euphotischen Zone und zwischen $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ – $9.8 \mu\text{g l}^{-1}$ in der BNL. Im Juli waren die Chl a-Konzentrationen in der euphotischen Zone der inneren Stationen deutlich höher. Sie lagen zwischen $32.2 \mu\text{g l}^{-1}$ an der Station Swina und $2.4 \mu\text{g l}^{-1}$ an der Station Prosa 4. In der BNL waren die Chl a-Konzentrationen mit Werten zwischen $0.9 \mu\text{g l}^{-1}$ und $3.3 \mu\text{g l}^{-1}$ niedriger als im März.

Die Phaeopigmentkonzentrationen im März und September variierten zwischen $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$ und $4.8 \mu\text{g l}^{-1}$ in der euphotischen Zone und zwischen $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ und $14.5 \mu\text{g l}^{-1}$ in der BNL. Im Juli wurden Phaeopigmentkonzentrationen zwischen $0.9 \mu\text{g l}^{-1}$ und $6.4 \mu\text{g l}^{-1}$ im Chlorophyllmaximum und von $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ bis $3.1 \mu\text{g l}^{-1}$ in der BNL bestimmt.

Chl a/ Seston- und Chl a/Phaeopigment-Relationen >2 in der euphotischen Zone weisen auf autochthon frisch produziertes Phytoplankton hin (Tab.2). Im März nahmen diese Werte in der euphotischen Zone von den inneren zu den äußeren Stationen zu (Abb.3, Tab.2). Dagegen wurden im Juli 1997 die höchsten Werte an den inneren Stationen Swina und Odas beobachtet.

Geringe Chl a/Seston-Quotienten und geringe Chl a/Phaeopigment-Relationen in der BNL mit Werten <1 sind ein Anzeichen dafür, daß das sedimentierte Phytoplankton in einem hohen Grad abgebaut war. Werte >1 , wie sie im September 1997 an den Stationen Swina und Odas und besonders im März 1998 an den äußeren Stationen Prosa 13 und Prosa 4 beobachtet wurden, zeigen, daß relativ frisches Phytoplankton in die BNL aus der darüberliegenden Wassersäule sedimentiert war. Generell kamen in der BNL hohe Chla/Phaeopigmenten-Relationen bei niedrigeren Sestonkonzentrationen vor (Abb. 4). Bei Sestonkonzentrationen größer 10 mg l^{-1} , wie sie in der Saßnitzrinne vorkamen, blieb dieses Verhältnis gleichbleibend niedrig. Der Chl a-Gehalt im Seston korrelierte mit dem PON-Gehalt ($r=0.55$; $n=36$, $p=0.01$) und dem POC-Gehalt ($r=0.51$; $n=31$; $p=0.01$).

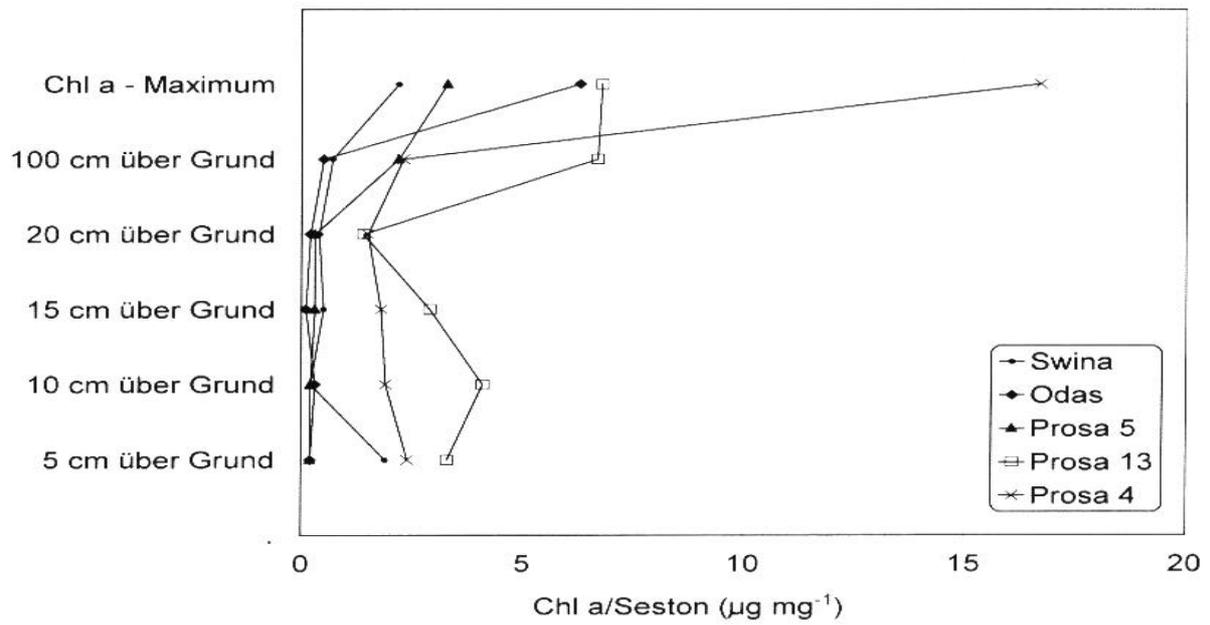


Abb. 3 Chl a-Gehalt im Seston in der Wassersäule und in der BNL im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken im März 1998

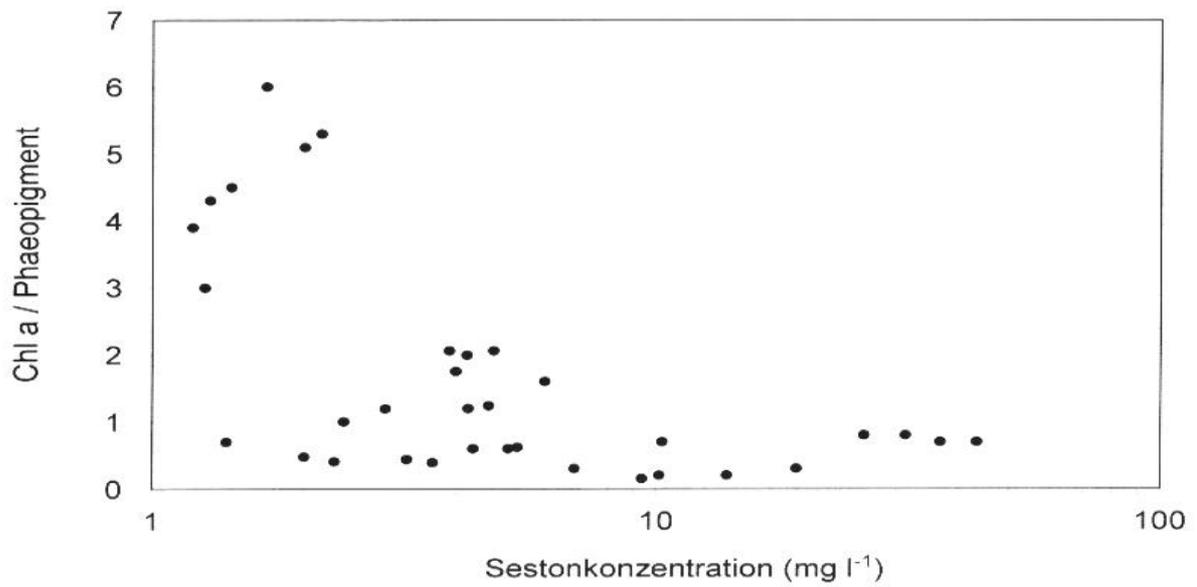


Abb. 4 Chl a/ Phaeopigment-Relation in der BNL während der Untersuchungen von März 1997 bis März 1998

Kohlenhydrate und Proteine

Minimum- und Maximumwerte für partikuläre Kohlenhydrat- und Proteinkonzentrationen im Transekt sind in Tab. 4 für die einzelnen Untersuchungsperioden zusammengefaßt. Bei den Proteinkonzentrationen konnten keine saisonalen Unterschiede gefunden werden. Die Kohlenhydratkonzentrationen waren im September deutlich niedriger als in den anderen Untersuchungsperioden. Die Frühjahrsblüte im März bewirkte eine Erhöhung der Kohlenhydratkonzentrationen im Wasser und in der BNL.

Tabelle 4 Minimum- und Maximumwerte für Protein- und Kohlenhydratkonzentrationen in der euphotischen Zone und in der BNL (gemittelt über Bw 1 - Bw 4) im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken in den einzelnen Untersuchungszeiträumen

	März 1997		Juli 1997	
	WP	BNL	WP	BNL
part. Proteine (mg l ⁻¹)	0.5 - 2.8	1.3 - 3.9	0.2 - 0.7	0.1 - 0.9
Anteil in Fraktion <0.8µm (%)	26 - 41	42 - 99	21 - 47	15 - 50
part. Protein/Seston(mg mg ⁻¹)	0.21 - 0.51	0.07 - 0.28	0.14 - 0.39	0.04 - 0.28
part. Kohlenhydrate (mg l ⁻¹)	0.6 - 0.9	0.3 - 4.9	0.4 - 1.5	0.7 - 1.8
Anteil in Fraktion <0.8µm (%)	3 - 16	9 - 37	24 - 45	2 - 37
part. Kohlenhydrate/Seston(mg mg ⁻¹)	0.4 - 0.93	0.14 - 0.63	0.12 - 0.55	0.19 - 0.27
	September 1997		März 1998	
	WP	BNL	WP	BNL
part. Proteine (mg l ⁻¹)	1.2 - 2.6	1.2 - 4.2	1.6 - 3.9	1.6 - 11.3
Anteil in Fraktion <0.8µm (%)	70 - 72	70 - 76	81 - 93	84 - 99
part. Protein/Seston(mg mg ⁻¹)	0.15 - 0.21	0.10 - 0.21	0.07 - 0.67	0 - 0.47
part. Kohlenhydrate (mg l ⁻¹)	0.02 - 0.04	0.03 - 0.09	3.2 - 5.9	2.7 - 36.7
Anteil in Fraktion <0.8µm (%)	7 - 8	6 - 27	12 - 25	2 - 41
part. Kohlenhydrate/Seston(mg mg ⁻¹)	0.006 - 0.014	0.005 - 0.012	0.21 - 1.32	0.09 - 0.56

Es konnte weder eine Zu- noch eine Abnahme von den inneren zu den äußeren Stationen beobachtet werden. Die geringsten Kohlenhydrat- und Proteinkonzentrationen wurden sowohl für die euphotische Zone als auch für die BNL an der Station Prosa 5 bestimmt. An der inneren Station Odas als auch an den äußeren Stationen waren diese Konzentrationen höher. Gemittelt über alle Horizonte der BNL, waren die Proteinkonzentrationen hier nicht niedriger als in der euphotischen Zone, jedoch wurden starke Unterschiede zwischen den einzelnen Horizonten beobachtet.

Mit Ausnahme der Situation im Sommer lag ein großer Teil (42-99%) der Proteinkonzentration in der Fraktion <0.8 µm.

Der Kohlenhydratgehalt des Sestons in der BNL korrelierte mit dem Chlorophyll-gehalt im Seston ($r=0.72$, $n=29$, $p=0.01$).

3.2 Bakterielle Aktivitäten

Bakterielle Produktion

Die bakterielle Produktion in der Wassersäule und in einzelnen Horizonten der BNL zwischen Swinamündung und Arkona-Becken ist für März 1998 dargestellt (Abb. 5). Wird die Station Prosa 5 nicht berücksichtigt, dann kann eine Abnahme der Thymidinaufnahme von den inneren zu den äußeren Stationen beobachtet werden. Eine höhere Thymidinaufnahme an der Station Prosa 5 als an den inneren Stationen Swina und Odas wurde nur im März 1998 gemessen (Abb. 5, Tab. 5). Die Thymidinaufnahme in der BNL zeigte einen ähnlichen Verlauf wie in der Wassersäule, nämlich eine Abnahme von den inneren zu den äußeren Stationen. Innerhalb der BNL traten Unterschiede in den einzelnen Horizonten auf. Die höchsten Aktivitäten wurden meistens in der bodennächsten Schicht (5 cm über Grund) gemessen. Zum Teil waren die Werte der BNL höher als in der euphotischen Zone. Gemittelt über die gesamte BNL unterschied sich die Thymidinaufnahme aber oft nicht von der in der euphotischen Zone. Sehr hohe Thymidinaufnahmen wurden in der BNL der Station Prosa 4 im Arkona-Becken im März und Juli 1997 gemessen, die deutlich über der in der euphotischen Zone lagen (Tab. 5).

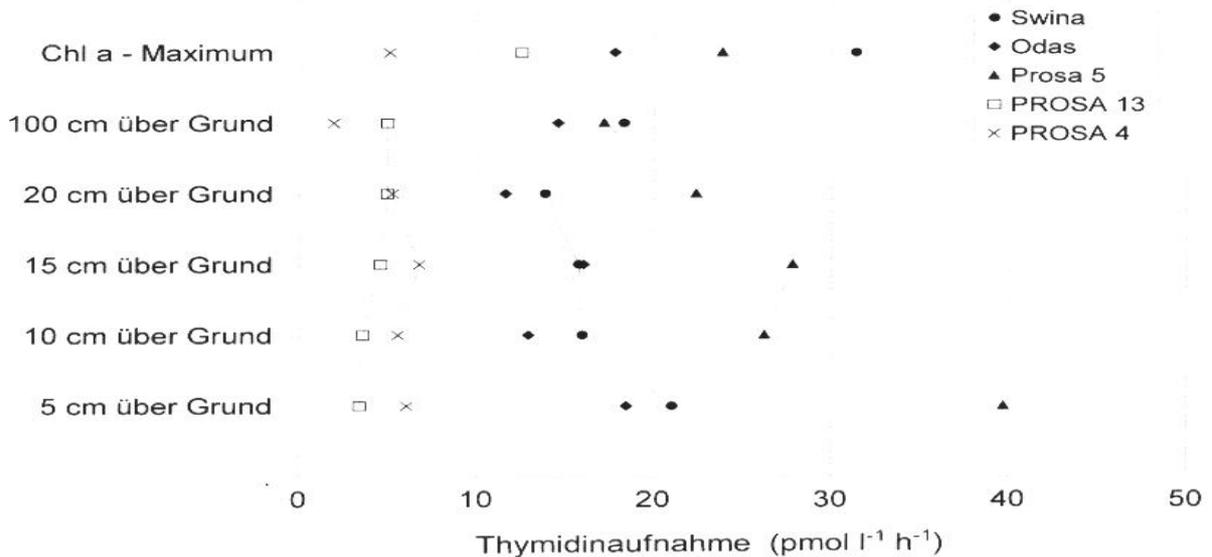


Abb. 5 Thymidinaufnahme von Bakterien in der Wassersäule und in der BNL im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken im März 1998

Die Thymidinaufnahme zeigte saisonale Unterschiede. Die höchsten Werte wurden im Sommer 1997 bestimmt, die niedrigsten im März 1997 (Tab. 5). Die Un-

terschiede zwischen den Aufnahmezeiten im März und im Juli werden nur um 16-28% geringer, wenn sie auf eine Temperatur normiert werden.

Tabelle 5 Thymidinaufnahme von Bakterien in der euphotischen Zone und in der BNL (gemittelt über Bw 1 - Bw 4) sowie die Verteilung in einzelnen Größenfraktionen an ausgewählten Stationen im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken

Station	Untersuchungszeitraum		Thymidinaufnahme (pmol l ⁻¹ h ⁻¹)	Anteil in Größenfraktionen (%)			
				0.2µm-0.8µm	0.8µm-5µm	5µm-14µm	> 14µm
Odas	März 1997	WP 1	10.78 +/- 0.95	33,9	55,7	5,5	4,9
		BNL	9.21 +/- 1.76	53,1	40,1	4,0	2,8
	Juli 1997	WP 1	99.48 +/- 4.39	72,6	23,8	2,8	0,7
		BNL	87.38 +/- 26.50	63,4	18,8	11,7	6,2
September 1997	WP 1	45.16 +/- 9.96	34,6	59,4	3,3	2,7	
	BNL	44.70 +/- 8.54	46,0	31,0	9,2	13,8	
März 1998	WP 1	17.79 +/- 1.00	37,7	55,3	3,2	3,8	
	BNL	14.71 +/- 3.10	31,5	48,1	14,8	5,5	
Prosa 5	März 1997	WP 1	6.31 +/- 0.52	65,6	22,8	1,5	5,6
		BNL	4.27 +/- 0.47	64,9	16,7	6,2	12,1
	Juli 1997	WP 1	32.74 +/- 6.83	62,6	23,5	7,6	6,2
		BNL	32.34 +/- 2.71	44,9	36,4	6,3	12,4
September 1997	WP 1	13.27 +/- 3.44	61,8	27,9	3,9	6,4	
	BNL	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
März 1998	WP 1	23.83 +/- 3.12	68,2	17,0	9,3	5,6	
	BNL	29.01 +/- 7.49	6,7	6,2	17,2	70,0	
Prosa 4	März 1997	WP 1	3.27 +/- 0.73	69,7	17,9	6,5	5,7
		BNL	28.80 +/- 1.91	13,3	6,7	6,0	74,1
	Juli 1997	WP 1	16.40 +/- 3.17	68,6	29,7	0,4	1,3
		BNL	45.82 +/- 3.14	35,0	15,9	26,5	22,6
September 1997	WP 1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
	BNL	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
März 1998	WP 1	5.09 +/- 1.72	78,0	14,6	2,5	5,0	
	BNL	5.83 +/- 0.65	78,7	13,8	4,8	2,7	

In Tabelle 6 sind Korrelationskoeffizienten zwischen der Thymidinaufnahme und Bestandsparametern in der BNL für die Untersuchungen im März 1998 dargestellt.

Tabelle 6 Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Thymidinaufnahme, Peptidase- und Glukosidaseaktivitäten und Bestandsparametern in der BNL während der Untersuchungen im März 1998.
n=20, ohne Stern p=0.01, *p=0.05, ** nicht signifikant

Parameter	Thymidin- aufnahme ($\mu\text{mol l}^{-1}\text{h}^{-1}$)	Peptidase- aktivität ($\text{nmol l}^{-1}\text{h}^{-1}$)	a-Glukosidase- aktivität ($\text{nmol l}^{-1}\text{h}^{-1}$)	b-Glukosidase- aktivität ($\text{nmol l}^{-1}\text{h}^{-1}$)
Seston (mg l^{-1})	0.91	0.74	0.91	0.69
Chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	0.54*	0.51*	0.57*	0.49*
Phaeopigment ($\mu\text{g l}^{-1}$)	0.89	0.69	0.86	0.61
PON($\mu\text{mol l}^{-1}$)	0.92	0.74	0.91	0.68
POC ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	0.89	0.70	0.89	0.70
part. Kohlenhydrate (mg l^{-1})	0.79	0.62	0.77	0.58*
part. Proteine (mg l^{-1})	0.40**	0.49*	0.54*	0.23**
Chl a /Phaeopigment	-0.64	-0.61	-0.58*	-0.33**
Chl a /Seston ($\mu\text{g mg}^{-1}$)	-0.65	-0.56*	-0.65	-0.38**
PON/Seston (%)	-0.23**	-0.20**	-0.36**	-0.26**
POC/Seston (%)	-0.36**	-0.36**	-0.49*	-0.31**
part.KH/Seston (mg mg^{-1})	-0.52*	0.04**	-0.11**	-0.11**
part Prot /Seston(mg mg^{-1})	-0.45**	-0.40**	-0.46*	-0.32**

Die Thymidinaufnahme nahm mit der Partikelkonzentration und der damit verbundenen Erhöhung der Menge organischen Materials zu. Die Zunahme der Thymidin-aufnahme ging aber einher mit einer Abnahme des Anteils organischen Materials im Seston. Das wurde am deutlichsten an der Relation Chl a/Seston und Chl a/Phaeopigment, die eine negative Korrelation zur Thymidinaufnahme zeigten. Dies deutete sich auch bei den anderen Parametern an, jedoch waren die Korrelationen nicht signifikant. Die Korrelationsberechnungen für Juli 1997 brachten das gleiche Ergebnis erst, nachdem die Thymidinaufnahmen von den inneren und den äußeren Stationen auf eine Temperatur normiert wurden.

Der Anteil der bakteriellen Produktion in einzelnen Größenfraktionen variierte sowohl zwischen den Stationen als auch zwischen den Untersuchungsperioden. Deutlich wurde dies im Anteil freier Bakterien ($<0.8\mu\text{m}$) an der Thymidinaufnahme an der Station Odas (Tab. 5). Im Sommer betrug dieser Anteil in der euphotischen Zone 72.6% im Vergleich zu 35.4% in den übrigen Untersuchungsperioden, in denen 55.3% - 59.4% der Thymidinaufnahme in der Fraktion $0.8\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$ gemessen wurde. Auch in der BNL hatten im Juli die freien Bakterien mit 63.4% den größten Anteil an der bakteriellen Produktion, 18.8% lagen in der Fraktion von $0.8\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$. In den anderen Untersuchungsperioden machten die freien Bakterien zwischen 31.5% und 53.1% und die Fraktion von $0.8\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$ 31.0% - 48.1% aus. An der Station Prosa 4

hingegen hatten generell die freien Bakterien in der euphotischen Zone mit 68.6% - 78.7% den größten Anteil an der bakteriellen Produktion. In der BNL lag der größte Teil der Thymidinaufnahme in den Fraktionen $>5\mu\text{m}$.

Extrazelluläre Enzymaktivitäten

Das Muster der Aminopeptidaseaktivität unterschied sich von dem der α - und β -Glukosidaseaktivität sowohl im Transekt als auch in den Untersuchungsperioden. Für die Aminopeptidaseaktivität wurden hohe Aktivitäten im März 1997 und 1998 und niedrige im Juli und September bestimmt (Tab. 7). Bei den meisten Untersuchungen war die Aminopeptidaseaktivität in der euphotischen Zone höher als in allen Horizonten der BNL. Lediglich im Juli und September 1997 konnten an einigen Stationen keine Unterschiede zwischen der Aktivität in der euphotischen Zone und in der BNL beobachtet werden.

In der Relation der Aminopeptidaseaktivität zur Thymidinaufnahme wurden deutliche Unterschiede zwischen dem Frühjahr und dem Sommer/Herbst festgestellt. Im März korrelierte die Aminopeptidaseaktivität mit der bakteriellen Produktion ($r=0.68$; $n=27$; $p=0.01$). In den anderen Jahreszeiten korrelierten beide Aktivitäten nicht miteinander. Die Aminopeptidaseaktivität zeigte die gleiche Beziehung zu den Bestandsparametern wie die Thymidinaufnahme (Tab. 6).

Die α - und β -Glukosidaseaktivitäten waren im März 1998 in der euphotischen Zone der Station Swina mit $1.71 \text{ nmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ und $2.64 \text{ nmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ am höchsten. An dieser Station waren diese Aktivitäten in der BNL mit mittleren Aktivitäten von $0.17 \text{ nmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ und $1.27 \text{ nmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ deutlich niedriger als in der euphotischen Zone. An den anderen Stationen waren die Glukosidaseaktivitäten in der BNL gleichgroß oder höher als in der euphotischen Zone (Tab. 7). In Abb. 6 ist die α -Glukosidaseaktivität im Transekt für März 1998 abgebildet. Ein ähnliches Muster wurde auch in den anderen Untersuchungsperioden bestimmt. Die β -Glukosidaseaktivität zeigte im März das gleiche Verhalten, wie es in Abb. 6 für α -Glukosidaseaktivität dargestellt ist. Während der anderen Untersuchungsperioden blieb die β -Glukosidaseaktivität im Gegensatz zur α -Glukosidaseaktivität an einigen Stationen in der euphotischen Zone höher als in der BNL (Tab. 7).

Die β -Glukosidaseaktivität korrelierte mit der Thymidinaufnahme und mit Bestandsparametern in gleicher Weise wie die Aminopeptidaseaktivität (Tab. 6). Dagegen korrelierte die α -Glukosidaseaktivität nur bei den Untersuchungen im März 1997 und 1998, aber nicht im Juli und September mit diesen Parametern.

Tabelle 7 Aminopeptidase- und Glukosidaseaktivitäten in der euphotischen Zone und in der BNL (gemittelt über Bw 1 - Bw 4) an ausgewählten Stationen im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken

Station	Untersuchungs- zeitraum		Aminopeptidase- aktivität (nmol l ⁻¹ h ⁻¹)	a-Glukosidase- aktivität (nmol l ⁻¹ h ⁻¹)	β-Glukosidase- aktivität (nmol l ⁻¹ h ⁻¹)
Odas	März 1997	WP 1	86.37 +/- 4.59	0.27 +/- 0.07	0.69 +/- 0.03
		BNL	21.92 +/- 1.86	0.23 +/- 0.03	0.38 +/- 0.07
	Juli 1997	WP 1	16.09 +/-1.23	0.37 +/- 0.24	1.35 +/- 0.22
		BNL	7.30 +/- 0.65	0.16 +/- 0.01	0.27 +/- 0.14
	September 1997	WP 1	1.81 +/- 0.85	0.21 +/- 0.03	2.27 +/- 1.27
		BNL	2.64 +/- 0.28	0.24 +/- 0.08	0.58 +/- 0.24
	März 1998	WP 1	259.81 +/- 7.74	0.31 +/- 0.06	1.12 +/- 0.03
		BNL	117.96 +/- 6.41	0.69 +/- 0.19	1.02 +/- 0.26
Prosa 5	März 1997	WP 1	22.31 +/- 1.81	0.18 +/- 0.05	0.44 +/- 0.05
		BNL	10.19 +/- 1.16	0.18 +/- 0.04	0.52 +/- 0.02
	Juli 1997	WP 1	4.49 +/- 0.42	0.18 +/- 0.04	0.51 +/- 0.11
		BNL	2.77 +/- 1.78	0.29 +/- 0.05	0.23 +/- 0.07
	September 1997	WP 1	9.44 +/- 4.63	3.39 +/- 1.46	1.17 +/- 0.42
		BNL	n.d.	n.d.	n.d.
	März 1998	WP 1	424.80 +/- 11.45	0.99 +/- 0.18	1.33 +/- 0.14
		BNL	281.89 +/- 42.38	1.75 +/- 0.33	2.67 +/- 0.61
Prosa 4	März 1997	WP 1	33.08 +/- 2.36	0	0
		BNL	20.51 +/- 0.80	0.27 +/- 0.10	0.92 +/- 0.03
	Juli 1997	WP 1	6.93 +/- 1.42	0.05 +/- 0.04	0.26 +/- 0.03
		BNL	4.02 +/- 1.35	0.13 +/- 0.05	0.20 +/- 0.04
	September 1997	WP 1	n.d.	n.d.	n.d.
		BNL	n.d.	n.d.	n.d.
	März 1998	WP 1	78.84 +/- 8.60	0.18 +/- 0.06	0.25 +/- 0.08
		BNL	37.85 +/- 5.11	0.24 +/- 0.11	0.42 +/- 0.08

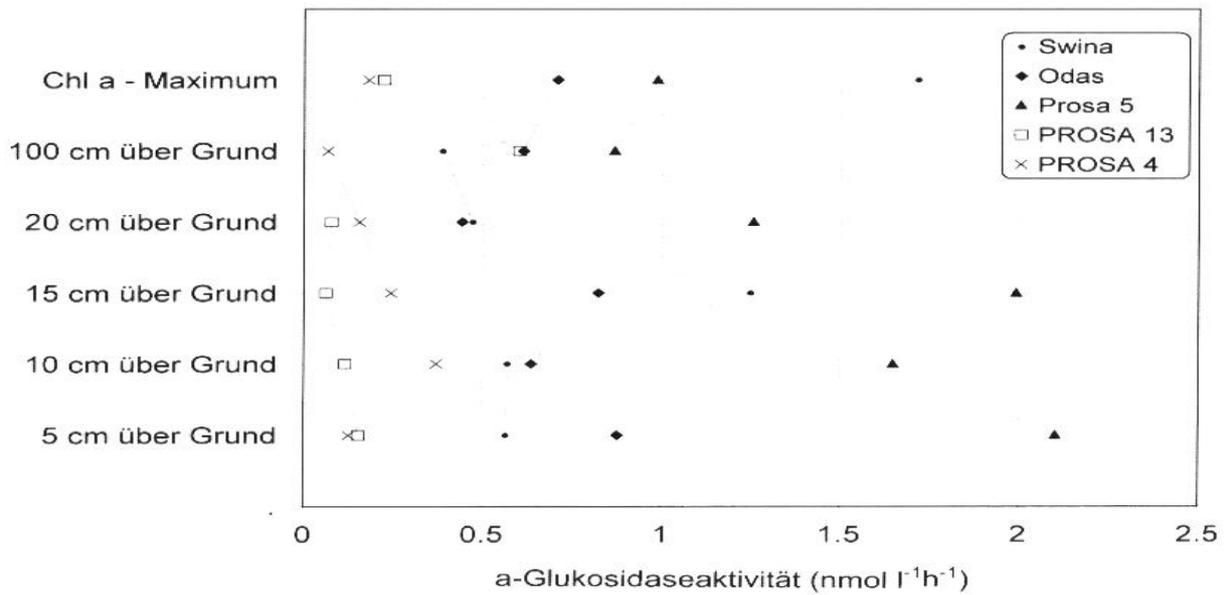


Abb. 6 α -Glukosidaseaktivität in der Wassersäule und in der BNL im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken im März 1998

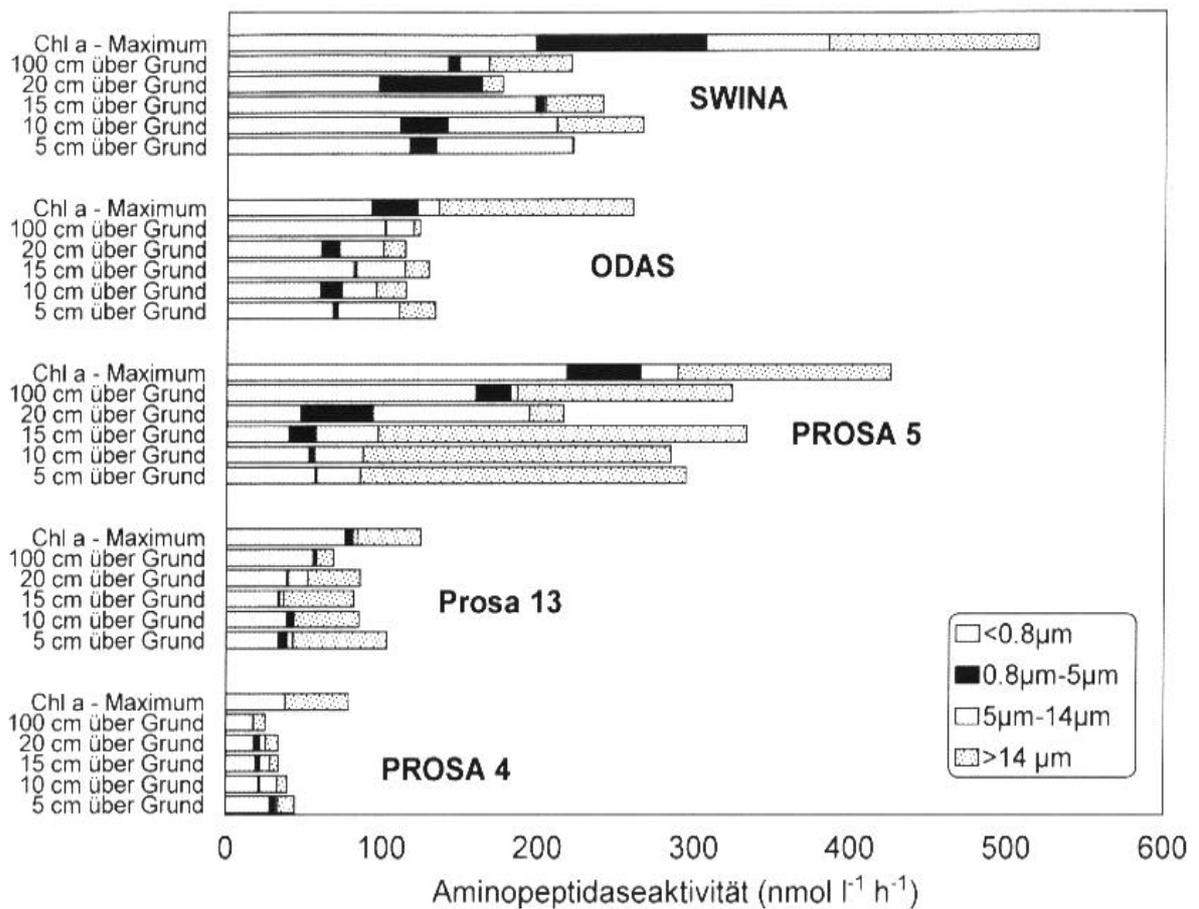


Abb. 7 Aminopeptidaseaktivität in verschiedenen Größenfraktionen im Wasser und in der BNL im Transekt zwischen Swina-Mündung und Arkona-Becken im März 1998

Die Zuordnung der Enzymaktivitäten zu einzelnen Größenfraktionen wird für die Aminopeptidaseaktivität im März 1998 dargestellt (Abb. 7). Sowohl in der euphotischen Zone als auch in der BNL machten die freien Bakterien zwischen 38% und 56% an der Gesamtaktivität aus. Nur in der BNL der Station Prosa 5 wardieser Anteil kleiner als 20%. Daneben war die meiste Aktivität an die Fraktionen $>14\mu\text{m}$ und an die Fraktion von $5\mu\text{m} - 14\mu\text{m}$ gebunden. Die Peptidaseaktivität in der Fraktion von $0.8\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$ war nur an der Station Swina von Bedeutung.

4 Diskussion

In der Pommernbucht werden Partikelkonzentration und Zusammensetzung des partikulären Materials in der BNL durch Eintrag aus der Oder, Sedimentation aus der darüberliegenden Wassersäule sowie Resuspension von Oberflächensediment, besonders der Fluffy Layer, beeinflusst. Allochthon über die Oder eingetragenes Material konnte im Sediment und in der Fluffy Layer der Pommernbucht nachgewiesen werden (Witt & Trost 2000). Die Sedimentation frischen Phytoplanktons in die BNL während der Frühjahrsblüte wurde bei unseren Untersuchungen sichtbar. Die Zunahme der Partikelkonzentration in der BNL durch Resuspension in Abhängigkeit von der Windstärke ist von Jähmlich & Pazdro (1999) beschrieben worden.

Unsere Ergebnisse bezüglich der Partikelkonzentration und deren Zusammensetzung zeigen sowohl Übereinstimmungen als auch Unterschiede mit denen von Christiansen et al. (2001) (2001), Emeis et al. (2001) und Leipe et al. (2001), die ihre Untersuchungen im gleichen Gebiet durchgeführt haben. In folgenden Punkten stimmen unsere Ergebnisse mit denen dieser Autoren überein:

- In der BNL wurden höhere Partikelkonzentrationen gemessen als im freien Wasser.
- In der BNL ist eine Erhöhung der Partikelkonzentrationen mit einer Erhöhung der Menge von Chl a, Phaeopigmenten, POC, PON verbunden.
- Die Phaeopigmentkonzentrationen sind in der BNL höher als im freien Wasser. Das Chl a/Phaeopigment-Verhältnis ist in der BNL niedriger als in der Wassersäule.
- Von uns gemessene Partikelkonzentrationen in der BNL von $0.5\text{ mg l}^{-1} - 9.8\text{ mg l}^{-1}$, Chlorophyllkonzentrationen von $0.5\text{ }\mu\text{g l}^{-1} - 9.7\text{ }\mu\text{g l}^{-1}$ und der POC-Gehalt im Seston mit Werten von 9.5 - 21.7% liegen in der gleichen Größenordnung.

Die Unterschiede zwischen unseren Ergebnissen und denen der oben genannten Autoren können wie folgt beschrieben werden:

- Im Gegensatz zu den Untersuchungen von Christiansen et al. (2001) und Jähmlich et al. (2001) fanden wir in der BNL an den meisten Stationen keine kontinuierliche Zunahme der Partikelkonzentration zum Meeresboden hin. Die höchsten Partikelkonzentrationen wurden oft in 10 cm oder 20 cm über Grund gemessen.

- Eine Zunahme der Partikelkonzentrationen in der BNL von den inneren zu den äußeren Stationen, wie sie von Christiansen et al. (2001) und Emeis et al. (2001) beschrieben worden sind, konnte von uns bei den Expeditionen im März und Juli 1997 beobachtet werden. Im März 1998 hingegen wurden in der Tromper Wiek (Prosa 13) und im Arkona-Becken (Prosa 4) die niedrigsten Partikelkonzentrationen gemessen. Zu dieser Zeit kam es zu einer starken Anreicherung von Partikeln in der BNL der Saßnitzrinne (Prosa 13) und an der Station Odas.
- Leipe et al. (2001) stellten sehr geringe saisonale Unterschiede in der Zusammensetzung des partikulären Materials in der BNL fest. Bei unseren Untersuchungen konnte anhand des Chl a-Gehaltes im Seston und der Chl a/Phaeopigment-Relation das Signal der Frühjahrsblüte in der BNL gefunden werden. Besonders deutlich wird das im März 1998. Es zeigte sich aber nicht an allen Stationen in gleicher Weise. Auch im September, am Ende der Vegetationsperiode, konnte an den Stationen Swina und Odas frisches Phytoplankton in der BNL nachgewiesen werden.

Die Frühjahrsblüte beginnt im Oderhaff und entwickelt sich von den küstennahen zu den küstenferneren Gebieten mit zeitlicher Verzögerung (Neumann 2000). In der zweiten Märzhälfte kann sie im Arkona-Becken nachgewiesen werden (Wasmund et al. 1998, 1999). Im März 1998 war die Phytoplanktonblüte im Oderhaff und an der Station Swina bereits im Abklingen, während sie im Arkonabecken voll entwickelt war. Signale frisch abgelagerten Phytoplanktons wurden an der Station Swina in 5 cm über Grund und an den Stationen Prosa 13 und Prosa 4 in 5 cm bis 15 cm über Grund gefunden. Dagegen spiegelte sich an der Station Odas der hohe Phytoplanktongehalt im freien Wasser nicht in der BNL wieder. An dieser Station ist in der BNL offenbar Material, das nicht aus der darüberliegenden Wassersäule stammt. Im März 1997 war die Frühjahrsblüte im Arkona-Becken noch nicht so weit fortgeschritten wie im Jahr danach, was aus Chl a/Seston-Gehalt und der Relation Chl a/Phaeopigment abgeleitet werden kann. In diesem Jahr war das Frühjahrsblütensignal in der BNL an der Station Odas und Prosa 13 zu finden.

Die Unterschiede zwischen unseren Ergebnissen und denen der oben genannten Autoren können in der hohen Variabilität der Menge und Zusammensetzung des partikulären Materials (Jähmlich & Pazdro 1999) begründet sein. Es ist auch möglich, daß Chlorophyll sehr schnell abgebaut wird und daher frisch sedimentiertes Phytoplankton nur kurzzeitig in der BNL nachgewiesen werden kann.

Thymidinaufnahme und extrazelluläre Enzymaktivitäten wurden zur Charakterisierung von Prozessen, die organisches Material modifizieren, herangezogen. Diese Parameter zeigten, daß das aus dem Oderhaff in die Pommernbucht eingetragene organische Material bereits in der Wassersäule umgesetzt wird, so wie es von Jost & Pollehne (1998) und Nausch et al. (1998) beschrieben worden ist. In der BNL besteht ein starker Zusammenhang zur Konzentration des partikulären Materials, das immer mit einer Erhöhung der Menge organischen Materials verbunden war. Die negativen Korrelationen zwischen den Aktivitätsparametern und dem Chl a-Gehalt im Seston und der Relation Chl a/Phaeopigment sprechen für den Umsatz des sedimentierten Phytoplanktons durch Bakterien. Die mangelnde Korrelation zwischen partikulären

Proteinen und bakteriellen Aktivitäten kann darin begründet sein, daß ein großer Teil der Proteine durch die Bakterien selbst gebildet wurde.

Die Saßnitzrinne ist ein temporäres Ablagerungs- und Modifikationsgebiet, was die Untersuchungen im März 1998 zeigten. Der hohe organische Gehalt des Sedimentes in diesem Gebiet (Koine 1995) weist darauf hin, daß hier organisches Material auch ins Sediment eingetragen wird.

Ein weiterer Faktor für Regulation bakterieller Aktivitäten ist die Temperatur. Die Unterschiede in der Thymidinaufnahme zwischen März und Juli/September können nur zu einem geringen Teil durch die Temperaturunterschiede erklärt werden. Eine mögliche Erklärung ist eine höhere Bereitstellung niedermolekularer Substanzen für Bakterien durch das Phytoplankton im Sommer. Das würde auch die niedrigen Amino-peptidaseaktivitäten im Sommer erklären. Eine Hemmung der Amino-peptidaseaktivität durch niedermolekulare Peptide konnte in Experimenten gezeigt werden (Nausch 2001). Ein Zusammenhang zwischen Glukosidaseaktivitäten und der Verfügbarkeit von gelösten Kohlenhydraten wurde von Nausch et al. (1998) für die Pommernbucht abgeleitet. Dabei ist die α -Glukosidaseaktivität möglicherweise stärker betroffen als die β -Glukosidaseaktivität, was aus den mangelnden Korrelationen zwischen α -Glukosidaseaktivität und den Bestandsparametern im Sommer abgeleitet werden kann. α -Glukosidaseaktivität spaltet primär Speicherstoffe, während die β -Glukosidaseaktivität Kohlenhydrate aus Zellwänden hydrolysiert (Boetius 1995).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bakterielle Produktion und Enzymaktivitäten die Modifikation organischen Materials in der BNL aufzeigen. Der Abbau in der BNL wird durch die Menge organischen Materials stimuliert. Dieser Zusammenhang kann durch Temperatur und wahrscheinlich durch Exudation niedermolekularer Substanzen durch das Phytoplankton überlagert werden.

Literatur

- BELL, R.T. (1993): Estimating production of heterotrophic bacteria via incorporation of tritiated thymidine. In: Kemp, P.F.; Sherr, B.F.; Sherr, E.B.; Cole, J.J. (eds) Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology, Lewis Publishers, Boca Raton: 495-504.
- BOETIUS, A. (1995): Microbial hydrolytic enzyme activities in deep sea sediments. Helgol. Meeresunters. 49, 177-187.
- BODUNGEN v. B.; GRAEVE, M.; KUBE, J.; LASS, U.; MEYER-HARMS, B.; MUMM, N.; NAGEL, K.; POWILLEIT, M.; RECKERMANN, M.; SATTLER, C.; SIEGEL, H. & D. WODARG (1995): Stoffflüsse am Grenzfluß – Transport- und Umsatzprozesse im Übergangsbereich zwischen Oderästuar und Pommerscher Bucht (TRUMP). Geowiss 12/13: 479-485.
- BRADFORD, M.M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem. 72: 248-254.
- CHRISTIANSEN, C. & E. EMELJANOV (1995): Nutrients and organic matter in southern Kattegat – western Baltic Sea sediments: Effects of resuspension. Danish J. of Geography 95: 19-27.
- CHRISTIANSEN, C.; EDELVANG, K.; EMEIS, K.-C.; GRAF, G.; JÄHMLICH, S.; KOZUCH, J.; LAIMA, M.; LEIPE, T.; LÖFFLER, A.; LUND-HANSEN, L.-C.; MILTNER, A.; PAZDRO, K.; PEMPKO-WIAK, J.; SHIMMIELD, G.; SHIMMIELD, T.; SMITH, J.; VOSS, M. & G. WITT (2001): Material transport from the nearshore to the basinal environment in the southern Baltic Sea, I: Process and Mass estimates. J. Mar. Sys. (in press).

- DUBOISE, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A. & F. SMITH (1956): Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analyt. Chem.* 28: 350-358.
- EMEIS, K.-C.; CHRISTIANSEN, C.; JÄHMLICH, S.; LAIMA, M.; LEIPE, T.; LUND-HANSEN, L.-C.; LÖFFLER, A.; MILTNER, A.; PAZDRO, K.; PEMPKOWIAK, J.; POLLEHNE, F.; SHIMMIELD, T.; VOSS, M. & G. WITT (2001): Material transport from the nearshore to the basinal environment in the southern Baltic Sea, II: Origin and properties of material. *J. Mar. Sys.* (in press).
- FUHRMANN, J.A. & F. AZAM (1982): Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results. *Mar. Biol.* 66: 109-120.
- HOPPE, H. G. (1993): Use of fluorogenic model substrates for extracellular enzyme activity (EEA) measurement of bacteria. In: Kemp, P. F.; Sherr, B F.; Sherr, E. B.; Cole, J. J. (eds) *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*, Lewis Publishers, Boca Raton: 423-431.
- JÄHMLICH, S. & K. PAZDRO (1999): Short time and spatial variations in the bottom near particle load properties and sediment fatty acid concentration at a sandy station in the Pomeranian Bight, western Baltic, Germany. *BASYS-Final Scientific Report*, part 1.4.3.
- JÄHMLICH, S.; LUND-HANSEN, L.-C.; LEIPE, T.; EMEIS, K.-C. & G. GRAF (2001): Enhanced transport of organic carbon by aggregation of particulate matter in the benthic boundary layer. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* (in press).
- JONSSON, P.; CARMAN, R. & F. WULFF (1990): Laminated sediments in the Baltic – A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* 19: 127-148.
- JOST, G. & F. POLLEHNE (1998): Coupling of autotrophic and heterotrophic processes in a Baltic estuarine mixing gradient (Pomeranian Bight). *Hydrobiologia* 363: 107-115.
- KOINE, B. (1995). *Sedimentuntersuchungen in der Pommerschen Bucht*. Diplomarbeit, Rostock.
- KUBE, J.; POWILLEIT, M. & J. WARZUCHA (1996): The importance of hydrodynamic processes and food availability for the structure of macrofauna assemblages in the Pomeranian Bight /southern Baltic Sea). *Arch. Hydrobiol.* 138: 213-228.
- LEIPE, T.; TAUBER, F.; BRÜGMANN, L. & U. HENNINGS (1998): Schwermetallverteilung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee (Arkonabecken- Mecklenburger/Lübecker Bucht und Kieler Bucht). *Meyniana* 50: 137-154.
- LEIPE, T.; LÖFFLER, A.; EMEIS, K.-C.; JÄHMLICH, S.; BAHLO, R. & K. ZIERVOGEL (2001): Vertical patterns of suspended matter characteristics along a coastal-basin transect in the western Baltic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* (in press).
- MEYER, H. & R. LAMPE (1999): The restricted buffer capacity of a south Baltic estuary – The Oder estuary. *Limnologica* 29: 242-248.
- MOHRHOLZ, V. & H.-U. LASS (1998): Transport between Oderhaff and Pomeranian Bight – a simple barotropic box model. *Dt. Hydrogr. Z.* 50: 371- 383.
- NAUSCH, M.; POLLEHNE, F. & E. KERSTAN (1998): Extracellular enzyme activities in relation to hydrodynamics in the Pomeranian Bight /Southern Baltic Sea). *Microb. Ecol.* 36, 251-258.
- NAUSCH, M. (2001): Experimental evidence for interactions between bacterial peptidase and alkaline phosphatase activity in the Baltic Sea. *Aquat. Ecol.* (in press).
- NEUMANN, T.; LEIPE, T.; BRAND, T. & G. SHIMMIELD (1996): Accumulation of heavy metals in the Oder estuary and its off-shore basins. *Chem. Erde* 56: 207-222.
- NEUMANN, T. (2000): Towards a 3D-ecosystem model of the Baltic Sea. *J. Mar. Sys.* 25: 405-419.
- POHL, C.; HENNINGS, U.; PETERSON, I. & H. SIEGEL (1998): Trace metal budget, transport, modification and sink in the transition area between the Oder and the Peene rivers and the southern Pomeranian Bight. *Mar. Poll. Bull.* 36: 598-616.
- POWILLEIT, M.; KUBE, J., MASLOWSKI, J. & J. WARZUCHA (1995): Further results of studies on the distribution and population dynamics and on bioturbative activity of macrozoobenthos in the Pomeranian Bight (Southern Baltic Sea) Report of the ICES-BEWG, 03-06.05.1995, Torshavn, Faroe Island, DK (ICES C.M./L: 3), annex 9: 42-43.
- SIEGEL, H.; GERTH, M. & T. SCHMIDT (1996): Water exchange in the Pomeranian Bight investigated by satellite data and shipborne measurements. *Cont. Shelf Res.* 16: 1793-1817.
- UNESCO (1994). *Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements*. IOC/SCOR Manual and Guides 29: 128-134.
- WASMUND, N.; AHLHEIT, J.; POLLEHNE, F.; SIEGEL, H. & M. ZETTLER (1998): Ergebnisse des Biologischen Monitorings der Ostsee im Jahre 1997 im Vergleich mit bisherigen Untersuchungen. *Meereswiss. Ber. Warnemünde* 32: 1-66.

- WASMUND N.; AHLHEIT, J.; POLLEHNE, F.; SIEGEL, H. & M. ZETTLER (1999): Der biologische Zustand der Ostsee im Jahre 1998 auf der Basis von Phytoplankton-, Zooplankton- und Zoobenthosuntersuchungen. Meereswiss. Ber. Warnemünde 37: 1-75.
- WITT, G. & E. TROST (2000): Distribution and fate of polycyclic hydrocarbons (PAHs) in sediments and fluffy layer material from the Oder river estuary. Acta hydrochim hydrobiol 27: 308-315.

Verfasser

Monika Nausch
Doris Setzkorn
Ines Glockzin
Annett Grützmüller
Institut für Ostseeforschung (IOW)
Sektion Biologische Meereskunde
Seestraße 15
18119 Rostock