

Günther Nausch; Günter Schlungbaum

Sedimentchemische Untersuchungen in Küstengewässern

XXXII. Langzeitvergleiche zur Sedimentdynamik in flachen eutrophen Küstengewässern, dargestellt am Beispiel des Barther Boddens (Darß-Zingster Boddengewässer, südliche Ostsee)¹

Einleitung

Die Eutrophierung der Oberflächengewässer ist gegenwärtig ein weltweites Problem, das sich in starkem Maße auch in inneren und äußeren Küstengewässern dokumentiert. Die Ursache der erhöhten Primärproduktion und der Anreicherung von Biomasse muß vor allem im Überangebot der Pflanzennährstoffe Phosphor und Stickstoff gesehen werden.

Für flache eutrophe Küstengewässer kommt neben dem Austausch mit der vorgelagerten See den Wechselwirkungen am Sediment/Wasser-Kontakt besondere Bedeutung zu. Den grundsätzlichen Aussagen THIENEMANN's (1927) folgend, der die "Sedimente als Regulator des Nährstoffkreislaufes im Wasser" bezeichnet, beschreibt NAGUIB (1982) die Sedimente in ihrer Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit wie folgt: "sowohl aerobe als auch anaerobe mikrobielle Umsetzungen verleihen diesem dominanten Standort (Gewässerboden) die Eigenschaft einer zentralen Schaltstelle für fast alle funktionellen Kreisläufe". Der Beitrag der Sedimente ist dort am höchsten, wo er sich meist nicht als Konzentration an gelösten Ionen dokumentiert, in den Flachgewässern (TESSENOW, 1979).

Folgerichtig gehören Untersuchungen zu physikalischen, chemischen und produktionsbiologischen Charakteristika der Sedimente der Darß-Zingster Boddengewässer (durchschnittliche Tiefe 2m; CORRENS, 1976) seit langem zu den Basisuntersuchungen dieses Ökosystems (SCHLUNGBAUM, 1979, NAUSCH, 1981). Neben Aufnahmen der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der für die Gewässeranalyse bedeutenden Oberflächenschicht der Sedimente aller Hauptbodden des Systems (NAUSCH und SCHLUNGBAUM, 1984b) standen Aussagen zur Sedimentdynamik im Blickpunkt. Bereits früher (NAUSCH und SCHLUNGBAUM, 1984a) konnte eine viermalige Aufnahme des Barther Boddens (1977-1980) vorgestellt werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf Grund einer erneuten Aufnahme des Barther Boddens im Juli 1990 mögliche längerfristige Veränderungen zu erfassen.

¹ Mit diesem Beitrag findet die Publikationsserie "Sedimentchemische Untersuchungen in Küstengewässern der DDR" (Mittelungen I.-XXXI.) ihre Fortsetzung

Material und Methoden

Für den 19,4 km² großen Barther Bodden kam erneut ein Netz homogen verteilter Probenahmestationen mit einem Stationsabstand von 500m zum Einsatz, die in einem komplexen Programm (17. - 19.7.1990) beprobt wurden. Die relativ leichte Möglichkeit der Ortsbestimmung (geringe Größe des Boddens, zahlreiche Landmarken, Haken, Betonung) läßt die Wiederfindung der Meßpunkte ebenso als gesichert erscheinen wie die weitgehende Übereinstimmung der Tiefenstruktur aller 5 Aufnahmen (Abb. 1, Tab. 1).

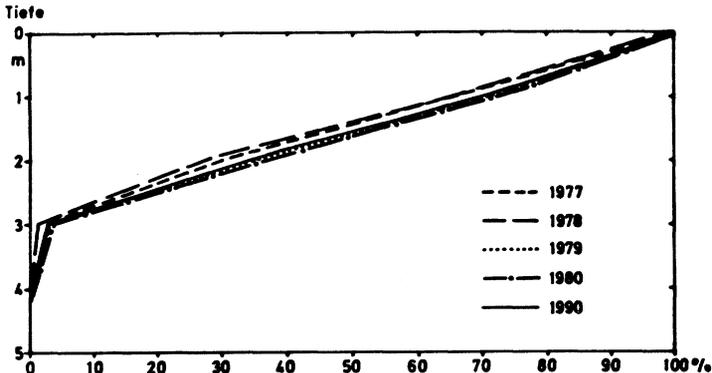


Abb.1 Hypsometrische Kurven der Sedimentaufnahmen des Barther-Boddens 1977 - 1980 und 1990

Tabelle 1 Mittlere Tiefe, Minimal- und Maximaltiefen der Aufnahmen des Barther Boddens sowie eine Tiefenverteilung der Proben

	Juni 1977	Juli 1978	Aug.1979	Mai 1980	Juli 1990
n	100	99	102	101	99*
min. Tiefe (m)	0.30	0.45	0.40	0.50	0.40
max. Tiefe (m)	4.90	4.55	5.30	7.10	4.00
mittl. Tiefe (m)	1.54	1.57	1.67	1.71	1.66
Anzahl der Proben im Bereich					
0 - 1.95 m	62	69	66	63	61*
2m und tiefer	38	30	36	38	38

*1) 1990 konnten 3 Uferstationen auf Grund widriger Witterungsverhältnisse nicht beprobt werden

Die Gewinnung der Sedimentproben erfolgte mit einem Stechrohr nach ARLT (1970) an dem einige Modifizierungen vorgenommen wurden. Untersucht wurde die 5cm-Oberflächenschicht der

Sedimente, wobei je nach Wassergehalt und Konsistenz des Untergrundes 5... 10 Stiche je Station zu einer Mischprobe vereinigt wurden.

Die Sedimentprobe wurde wie folgt charakterisiert:

- Bestimmung des Wassergehaltes der Sedimente als Differenzmessung zwischen Feuchteinwaage und Auswaage nach dem Trocknen bei 105° C;
- Die organische Substanz wird als Glühverlust (Differenz der Auswaagen bei 105° C und 550° C) berechnet;
- Die Korngrößenverhältnisse werden durch Naßsiebung mit Sieben folgender Maschenweite bestimmt: 0.063 mm, 0.1 mm, 0.2 mm, 0.5 mm und 1 mm. Die mittlere Korngröße wird auf rechnerischem Wege als 50%-Wert in der Korngrößensumation ermittelt;
- Ca. 0.1g Asche (Veraschung bei 550°C) werden 15min mit 1 molarer Salzsäure gekocht. Dieser Salzsäureextrakt wurde für folgende Bestimmungen eingesetzt:
 - Gesamtphosphat (ANDERSEN, 1976) durch photometrische Bestimmung im neutralisierten aliquoten Anteil nach VOGLER (1975) mit dem flow-stream-Automaten;
 - Gesamt-HCl-lösliches Eisen im aliquoten Anteil mit der o-Phenanthrolin-Methode auf dem flow-stream-Automaten (VOGLER, 1976).

Die Sedimente werden nach einer Untergliederung, die auf LINDNER (1972) zurückgeht und für die eigenen Sedimentuntersuchungen verbindlich ist, in einen Mineralbodenkomplex und einen Schlickbodenkomplex unterteilt. Als Hauptdifferenzierungsmerkmal wird ein organischer Gehalt von 5% TS angenommen. Diese Unterteilung findet bei der Diskussion aller Parameter Anwendung.

Ergebnisse und Diskussion

Die hypsometrische Kurve bestätigt die extreme Flachheit des Barther Boddens (Abb. 1). Die geloteten Tiefen wurden mit Hilfe des Zingster Pegels auf NN korrigiert. Die weitgehende Identität der Kurven steht darüberhinaus für eine gesicherte Wiederfindung der Probenahmepunkte. Die mittlere Tiefe schwankt lediglich zwischen 1.54 m und 1.71 m. Mit Ausnahme des Jahres 1978 ist auch die Verteilung in einen "flacheren" Bereich (<2m) und einen "tieferen" Bereich nahezu identisch (Tab. 1).

Die Verteilung der organischen Substanzen im Jahre 1990 bestätigt im wesentlichen die bekannten Aussagen. Sowohl was die Verteilung von Mineralbodenkomplex (56 %) und Schlickbodenkomplex (44%) (Tab. 2) als auch was den mittleren organischen Gehalt (7.0% TS) betrifft (Tab. 3), liegt die Aufnahme 1990 im Durchschnitt. In der Regel findet sich eine der Bodentopographie angepaßte Verteilung. Mulden, abgeschlossene Becken und Rinnen zeichnen sich durch entsprechende Schlickkonzentrationen aus, wobei die absolute Wassertiefe nur eine untergeordnete Rolle spielt. Haken, Bodenwellen und windexponierte Anstiege aus Senken sind meist mine-

ralisch. Da die Verteilung der organischen Substanz der Grundparameter ist, zu dem die weiteren Aussagen in Beziehung gesetzt werden, zeigt Abb. 2 nochmals das aktuelle Verteilungsbiid.

Tabelle 2 Verteilung der Meßwerte auf unterschiedliche Bereiche der organischen Substanz - Angaben in %

organische Substanz (% TS)	Juni 1977	Juli 1978	Aug.1979	Mai 1980	Juli 1990
0 - 1	10	9	16	9	16
1 - 2.5	39	24	11	27	12
2.5 - 5	17	20	20	21	27
Mineralbodenkomplex	66	53	47	57	56
5 - 10	9	21	22	19	18
10 - 15	12	11	13	14	16
15 - 20	10	3	6	4	4
20 - 30	3	8	9	6	4
> 30	-	4	3	-	2
Schlickbodenkomplex	34	47	53	43	44

Tabelle 3 Minimal-, Maximal- und Mittelwerte für den Gehalt an organischer Substanz und den Wassergehalt der Sedimente für den Barther Bodden 1977 - 1980 sowie 1990, aufgliedert nach Mineralboden- und Schlickbodenkomplex sowie Gesamtbodengebiet - Angaben in % TS (organische Substanz) bzw. % FS (Wassergehalt)

Aufnahmejahr		Mineral bodenk omplex			Schlickbodenko mplex			Gesamtbodenge biet		
		Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
organischer	Gehalt									
Juni	1977	0.5	5.1	2.2	6.5	26.5	13.3	0.5	26.5	5.9
Juli	1978	0.2	5.5	2.3	5.5	42.9	14.8	0.2	42.9	8.2
August	1979	0.2	5.0	2.1	5.0	38.2	13.4	0.2	38.2	8.1
Mai	1980	0.2	4.8	2.3	5.3	25.9	12.1	0.2	25.9	6.4
Juli	1990	0.0	5.0	2.4	5.1	45.8	12.7	0.0	45.8	7.0
Wassergehalt										
Juni	1977	20.9	66.0	35.8	55.2	91.5	81.9	20.9	91.5	51.2
Juli	1978	21.0	62.5	35.5	38.3	91.1	70.9	21.0	91.1	52.3
August	1979	25.6	84.3	41.9	36.6	95.6	77.5	25.6	95.6	60.8
Mai	1980	22.0	74.2	40.3	55.9	93.7	78.0	22.0	93.7	56.3
Juli	1990	25.5	73.8	38.5	41.4	89.5	71.0	25.5	89.5	52.5

Mehrfach wurde bereits auf die große Heterogenität der Sedimentverteilung hingewiesen. Deshalb wurde die nunmehr fünfmalige Beprobung einer vergleichenden Betrachtung unterworfen. Im wesentlichen können auch hier frühere Aussagen bestätigt werden (Abb. 3).

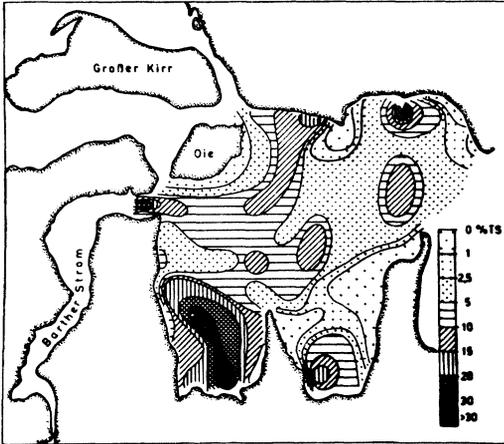


Abb. 2 Horizontalverteilung der organischen Substanz in der 5 cm - Oberflächenschicht des Barther Boddens (Juli 1990)

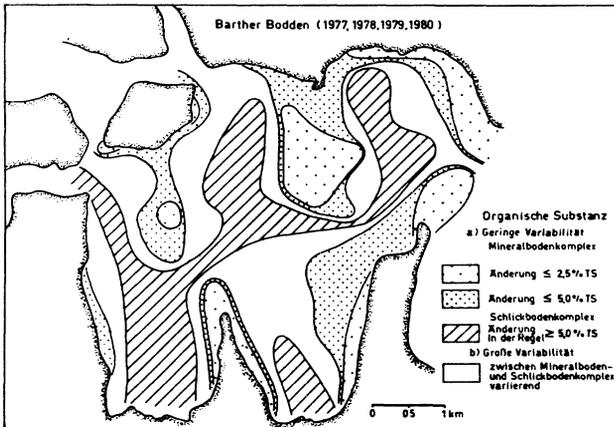


Abb. 3 Verallgemeinerte Verteilungskarte des Gehaltes an organischen Substanzen für den Barther Bodden

Im Barther Bodden existieren einige feststehende Strukturen, die in den Flachwasserregionen zu finden sind (Salzhaken, südliche Fortsetzung der Oie, Uferbereiche). Sie werden nahezu durchweg mineralisch mit nur geringen Variabilitäten gefunden. Andererseits gibt es Gebiete mit nahezu ständiger Schlickbedeckung (Barther Bucht, Barthemündung, Fahrwasser nach Zingst, Teile der Kleinen Wieck und der Glöwitzer Bucht). Die Unterschiede sind hier von Aufnahme zu Aufnahme jedoch wesentlich größer, was für eine hohe Mobilität der Sedimente spricht. Dazwischen gibt es typische Übergangsbereiche. Faßt man alle 5 Aufnahmen zusammen, ergibt sich folgende Übersicht:

Zugehörigkeit zum		Anzahl der Proben		mittlere Differenz des organischen Gehaltes (% TS)
Mineralboden komplex	Schlickboden komplex			
5x	-	32	45 mineralische	2.9
4x	1x	13	Strukturen	6.9
3x	2x	11	20 Übergangs-	8.8
2x	3x	9	bereiche	13.8
1x	4x	12	33 schlickige	12.3
-	5x	21	Strukturen	17.0

Zwischen organischem Gehalt und Wassergehalt bestehen enge Beziehungen (Tab. 5). 90% der organischen Substanz bestehen aus Wasser, das osmotisch in intakten Zellen, als Konstitutionswasser oder kolloidal gebunden vorliegt. Einen weiteren wesentlichen Einfluß besitzt die physikalische Struktur der Sedimente. Je feinkörniger (schlickiger) diese sind, um so mehr Wasser kann absorbiert und durch Kapillarwirkung gebunden werden. Abb. 4 zeigt die Beziehung zwischen beiden Parametern, die auch durch einen guten Korrelationskoeffizienten von $r = +0.79$ ($n = 99$) gestützt wird. Würde man eine solche Rechnung noch für mineralische Proben ($< 5\%$ TS) und schlickige Proben ($> 5\%$ TS) getrennt ausführen, würden sich die Beziehungen noch enger gestalten.

Tabelle 4 Mittlere Korngröße im Gesamtboddengebiet sowie aufgegliedert nach Mineralboden- und Schlickbodenkomplex

	Juni 1977	Juli 1978	Aug. 1979	Mai 1980	Juli 1990
Mineralbodenkomplex	0.264	0.187	0.240	0.302	0.266
Schlickbodenkomplex	0.158	0.123	0.190	0.202	0.184
Gesamtbodden	0.226	0.157	0.220	0.259	0.230

Charakteristisch für den Barther Bodden sind fein- bis mittelsandige Sedimente (0.1 - 0.5 mm Korngröße). Die Aufnahme 1990 ordnet sich gut in die bisherigen Befunde ein (Tab. 4).

Tabelle 5 Korrelationskoeffizienten zwischen verschiedenen Sedimentparametern für die Aufnahmen des Barther Boddens der Jahre 1977 - 1980 sowie 1990

	1977	1978	1979	1980	1990
organischer Gehalt - Wassergehalt	+ 0.91	+ 0.72	+ 0.78	+ 0.84	+ 0.79
organischer Gehalt - mittlere Korngröße	- 0.65	- 0.48	- 0.44	- 0.49	- 0.53
organischer Gehalt - Gesamt-Phosphor	+ 0.84	+ 0.50	+ 0.68	+ 0.87	+ 0.57
organischer Gehalt - Gesamt-HCL-lösl. Eisen	+ 0.92	+ 0.56	+ 0.82	+ 0.87	+ 0.72
Gesamt-Phosphor - Gesamt-HCL-lösl. Eisen	+ 0.81	+ 0.88	+ 0.84	+ 0.92	+ 0.68

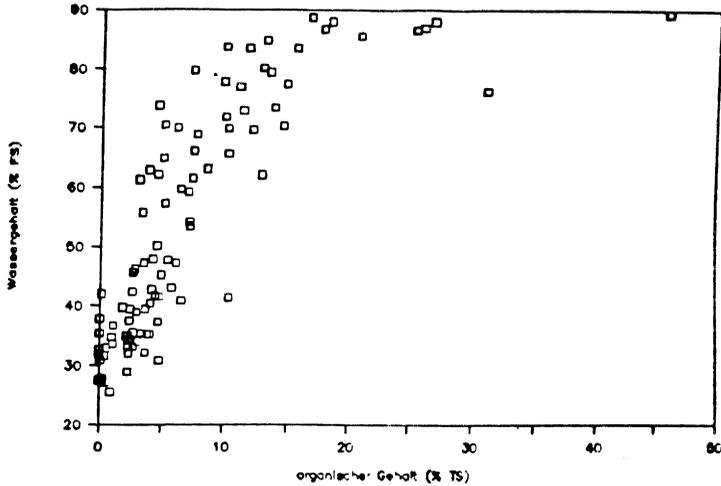


Abb. 4 Beziehung zwischen organischen Gehalt und Wassergehalt in der 5 cm - Oberflächenschicht des Barther Boddens (Juli 1990)

Gesicherte korrelative Zusammenhänge existieren zwischen dem Glühverlust und der mittlere Korngröße (Tab. 5). Wir finden also in der Regel eine der Bodentopographie und damit der Verteilung der organischen Substanzen angepaßte Struktur. Die Flachwasserareale weisen eine Anreicherung und Sortierung größerer Bestandteile auf. Hier dominiert die Mittelsandfraktion (0.2 - 0.5mm). Im Schlickkomplex herrscht dagegen Feinsand vor (0.1-0.2mm).

Lediglich die Aufnahme des Jahres 1978 ordnet sich nur begrenzt in dieses Bild ein. Starke Pegeldifferenzen bewirkten einen starken Ausstrom, stürmische Winde sorgten für erhebliche Wasserumwälzungen. Im Ergebnis dieser Prozesse kommt es zur Verwischung der "normalen" Strukturen. Aufgewirbelte, mobile, feinere, schlickigere Bestandteile lagerten sich auf größerem, stationärerem Material auf. So geht selbst im Mineralboden der Anteil der Mittelsandfraktion stark zurück (Tab. 4). Anzunehmen ist, daß sich ein Sortierungsprozeß anschließt, der dann wieder zu "normalen" Verhältnissen führt. Die Dauer dieser "Normalisierung" ist schwer abschätzbar und

wird sicher stark vom aktuellen hydrographischen und meteorologischen Geschehen bestimmt. Infolge der engen Verknüpfung zwischen organischem Gehalt und Gesamtphosphor (Tab. 5, Tab. 6) ergibt sich eine gute Übereinstimmung der Verteilungsmuster. Die höheren Phosphorgehalte der organisch reicheren Sedimente basieren auf ihren besseren Sorptionseigenschaften (BAADER, 1982).

Generell findet sich das vertraute Bild: Uferbereiche und andere Flachareale (Haken) sind mineralisch, grobkörnig und relativ phosphorarm. Mulden, Buchten, Barthemündung und Fahrwasserbereiche sind schllickig, feinkörnig und phosphorreich.

Tabelle 6 Minimal-, Maximal- und Mittelwerte für Gesamtphosphor und HCl-lösliches Eisen der Sedimente des Barther Boddens 1977-1980 sowie 1990, aufgegliedert nach Mineralboden- und Schlickbodenkomplex sowie Gesamtboddengebiet

Angaben in $\mu\text{g P} \cdot \text{g TS}^{-1}$ bzw. $\text{mg Fe} \cdot \text{g TS}^{-1}$

Aufnahmejahr	Mineralbodenkomplex			Schlickbodenkomplex			Gesamtboddengebiet		
	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Gesamtphosphor									
Juni 1977	36	390	130	110	720	410	30	720	220
Juli 1978	90	540	190	150	1300	420	90	1300	300
August 1979	69	490	190	110	1260	520	60	1260	370
Mai 1980	90	460	200	296	1280	620	90	1280	380
Juli 1990	30	970	190	150	2180	430	30	2180	300
HCl-lös. Eisen									
Juni 1977	0.5	6.1	2.6	2.7	19.6	12.9	0.5	19.6	5.8
Juli 1978	0.8	5.8	2.4	1.7	14.8	6.4	0.8	14.8	4.3
August 1979	0.4	7.1	2.0	1.7	14.7	7.0	0.4	14.7	4.6
Mai 1980	1.2	6.4	2.9	3.6	20.4	8.6	1.2	20.4	5.3
Juli 1990	0.5	9.4	2.4	2.0	18.6	7.1	0.5	18.6	4.5

Faßt man die Aussagen aller 5 Aufnahmen für die verschiedenen Parameter zusammen, muß festgestellt werden, daß sich für den untersuchten Zeitraum von nahezu 15 Jahren keine Tendenz zur verstärkten Akkumulation nachweisen läßt. Auch die Phosphorgehalte, und das ist besonders bemerkenswert, haben sich im genannten Zeitraum nicht erhöht. Daraus darf jedoch nicht geschlossen werden, daß die Belastung gering und ohne Auswirkungen auf das Gewässer ist oder auch nur auf die Sedimente hat. Vielmehr muß darauf hingewiesen werden, daß trotz hoher Belastung, die durch Messungen belegt ist, keine Veränderungen im Phosphorstatus zu registrieren sind. Diese fehlenden Veränderungen im Phosphorstatus der Sedimentoberflächenschicht sind ein Zeichen dafür, daß die Sedimentdynamik mit ihren Kenngrößen Sedimentation/Resuspension, Sorption/Desorption hier auf Grund der hohen Produktivität des Gewässers und seiner Flachheit erheblichen Einfluß ausübt. Die registrierte Belastung der Sedimente mit Phosphat ist

aber ausreichend für den hohen Trophiestatus der Gewässer. Für Sanierungsstrategien ist dieser Fakt grundlegend (RYDING and FORSBERG, 1977; LIJKLEMA, 1986; SINKE et al., 1990).

Zusammenfassung

Nach einer 4-maligen Sedimentkartierung des Barther Boddens in den Jahren 1977 - 1980 erfolgte 1990 eine erneute Aufnahme der Sedimentbeschaffenheit dieses Gewässers mit dem Ziel, mögliche längerfristige Veränderungen zu erfassen. Die Untersuchungen wurden mit identischer Methodik (100 Meßpunkte in einem 500 m-Stationsraster) durchgeführt.

Faßt man die Aussagen aller 5 Aufnahmen zusammen, muß festgestellt werden, daß sich für den untersuchten Zeitraum von nahezu 15 Jahren keine Tendenz zur verstärkten Akkumulation nachweisen läßt, was jedoch nur als Kennzeichen einer immensen Umsatzleistung, nicht aber einer geringeren Belastung gewertet werden kann.

Summary

After a mapping out of the sediments of the Barther Bodden, repeated between 1977-1980 four times, a new survey of the sediment quality of the same area was done in 1990. The aim was to find out possible long term variations. The investigations were performed by the same method using a 100-point-net with a distance between the stations in any direction of 500m.

Summing up all five surveys we could not find in a period of around 15 years an evidence of increasing accumulation. This has to be evaluated rather as a result of an intensive turnover rate of the substances than as evidence of lower loading out of the catchment area.

Literatur

- ANDERSEN, J. M. (1976): An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Res.* 10, 329-331.
- ARLT, G. (1970): Zur Gewinnung von Sedimentproben für quantitative Meiofaunauntersuchungen in flachen Gewässern, unveröff. Forschungsbericht, Sektion Biologie, Univ. Rostock.
- BAADER, G. (1982): Nährstoffgleichgewichte an der Sediment/Wasser-Kontaktzone von Flachwasserökosystemen. Diss., Univ. Rostock.
- CORRENS, M. (1976): Charakteristische morphometrische Daten der Bodden- und Haffgewässer der DDR. *Vermessungstechnik* 24, 12, 459-461.
- LIJKLEMA, L. (1986): Phosphorus accumulation in sediments and internal loading. *Hydrobiological Bulletin* 20, 1/2, 213-224.
- LINDNER, A. (1972): Soziologisch-ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. Diss., Univ. Rostock.
- NAGUIB, M. (1982): Methanogenese im Sediment der Binnengewässer. I. Methanol als dominanter Methan-Precursor im Sediment eines eutrophen Sees. *Arch. Hydrobiol.* 95, 1/4, 317-329.
- NAUSCH, G. (1981): Die Sedimente der Darß-Zingster Boddengewässer - Zustandsanalyse und Stellung im Phosphorkreislauf. Diss., Univ. Rostock.
- NAUSCH, G. und G. SCHLUNGBAUM (1984a): Sedimentchemische Untersuchungen in Küstengewässern der DDR. - XVII. Spezielle Untersuchungen zur Dynamik der Oberflächensedimente eines flachen Boddengewässers (Barther Bodden). *Acta hydrochim. hydrobiol.* 12, 1, 61-72.

- NAUSCH, G. und G. SCHLUNGBAUM (1984b): Sedimentchemische Untersuchungen in Küstengewässern der DDR.- XX. Die Sedimente der Darß-Zingster Boddengewässer - eine zusammenfassende und vergleichende Übersicht. *Wiss. Ztschr. Univ. Rostock* 33, Math.-nat.R. 6, 59-63.
- RYDING, S.O. and C. FORSBERG (1977): Sediment as a nutrient source in shallow polluted lakes. In: *Interactions between sediments and freshwater*. GOLTERMAN, H.L.(Ed) pp-227-234., W. Junk BV Publishers, The Hague.
- SCHLUNGBAUM, G. (1979): Untersuchungen über die Sedimentqualität der Darß-Zingster Boddenkette unter besonderer Berücksichtigung der Stoffaustauschprozesse zwischen Wasser und Sediment. Diss. B, Univ. Rostock.
- SINKE, A.J.C., CORNELESE, A.A., KEIZER, P., VAN TONGEREN, O.F.R. and Th.E. CAPPENBERG (1990): Mineralization, pore water chemistry and phosphorus release from peaty sediments in the eutrophic Loosdrecht lakes, The Netherlands. *Freshwater Biol.* 23, 3, 587-599.
- TESSENOW, U. (1979): Die Wechselwirkungen zwischen Sediment und Wasser in ihrer Bedeutung für den Nährstoffhaushalt von Seen. *Z. f. Wasser- und Abwasser-Forsch.* 12, 2, 29-36.
- THIENEMANN, A. (1927): *Der Nahrungskreislauf im Wasser*. Aus *Forschungen und Fortschritte*, Berlin.
- VOGLER, P. (1975): Analysenautomation in Wasserlaboratorien mit flowstream-Automaten. Teil 2: Die kombinierte automatische Bestimmung von Orthophosphat und Orthosilikat in Wassern. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 3, 2, 145-158.
- VOGLER, P. (1976): Analysenautomation in Wasserlaboratorien mit flowstream-Automaten. Teil 5: Die automatische Bestimmung von Eisen im Wasser. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 4, 2, 115-127.

Verfasser:

Dr. rer. nat. Günther Nausch
 Prof. Dr. habil. Günter Schlungbaum
 Universität Rostock
 Fachbereich Biologie
 Freiligrathstraße 7/8
 PF 999
 0-2500 Rostock