

Tim STEINHARDT* & Uwe SELIG

*Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, Albert Einstein Str. 3, 18051 Rostock
timsteinhardt@gmx.de

Diasporen von Characeen und Angiospermen in Sedimenten von Küstengewässern der südlichen Ostseeküste

Seed bank of charophytes and angiosperms in sediments of coastal waters on the southern Baltic Sea

Abstract

The diaspore banks in the sediments of six shallow brackish lagoons (southern Baltic Sea) were investigated. The distribution and density of diaspores was analysed at three to seven depths on transects in each lagoon along salinity and nutrient gradients.

The diaspore analysis yielded 11 taxa of submerged diaspore types: 7 angiosperm taxa and 4 charophyte taxa groups. The *Chara aspera/canescens*-group, the *Chara baltica*-group, *Tolypella nidifica*, *Ruppia cirrhosa*, *Potamogeton pectinatus* and *Zannichellia palustris* were found in all lagoons. Oospores of charophytes dominated the diaspore bank independent of location and water depth on all transects. The distribution of charophyte oospores is characterised by translocation to deeper areas, whereas seeds of *Zostera marina* and *Ruppia cirrhosa* were mainly accumulated in vegetation stands.

Salinity and nutrient gradients are the key factors governing the distribution of the vegetation and diaspore banks. Statistical analysis (ANOSIM) of vegetation and diaspore bank shows differences in the similarities between the lagoon parts and the lagoons. Furthermore, diaspore deposition of *Zannichellia palustris*, *Ruppia cirrhosa*, *Chara baltica* and *Tolypella nidifica* depended on wave exposure. *Zannichellia palustris* showed the most wide-ranging generative recolonization potential of all macrophytes in the lagoon.

Keywords: charophytes, seed bank, coastal lagoon, salinity, eutrophication, exposition, dispersal

1 Einführung und Zielsetzung

Im Zeitraum 1999 bis 2007 erfolgten umfangreiche Vegetationsuntersuchungen in den inneren Küstengewässern an der deutschen Ostseeküste, welche einen Überblick über das rezente Arteninventar geben (PORSCHE et al. 2008). Diese Untersuchungen erfolgten im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie

(WRRL) durch Forschungsprojekte und erste Praxistests für die Etablierung eines neuen Monitoringprogramms. BLÜMEL et al. (2002) haben in umfangreichen Literaturarbeiten vorhandene historische Daten zu den Makrophyten aus vier Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns zusammengestellt. Ein Vergleich dieser historischen Daten mit den rezenten Befunden belegt einen Rückgang der Artenzahl und der Tiefenverbreitung der submersen Vegetation. SCHUBERT et al. (2003) nutzen diese Degradationserscheinungen für die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für innere Küstengewässer. Dieses Verfahren beruht auf dem Ausfall von Pflanzengemeinschaften und dem Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze, welche für die einzelnen Gewässer sehr differenziert ermittelt wurden (SELIG et al. 2007). Diese Verfahren basieren auf der Beschreibung von Referenzzuständen für die Gewässer entsprechend den Vorgaben der WRRL.

Die vorhandenen historischen Funde waren aber unzureichend, um aus diesen Daten einen Referenzzustand für alle inneren Küstengewässer zu definieren. So wurden durch MERTENS & SELIG (2007) nur wenige historische Nachweise für Characeen in der Literatur für die inneren Küstengewässer Schleswig-Holsteins gefunden. Insbesondere für die mittlere Schlei und den Dassower See fehlen historische Nachweise für Characeen und auch Angiospermen. Für beide Gewässer wird aber vermutet, dass Characeen zum natürlichen Artenspektrum der submersen Vegetation gehören. Durch die schlechte Datenlage können die so erstellten Referenzbedingungen nicht als gesichert angesehen werden. Aus diesem Grund müssen weitere Untersuchungen erfolgen, um diese Bewertungsverfahren zu evaluieren. Dies kann u. a. durch die Untersuchung der Diasporenbank im Sediment eines Gewässers erfolgen. Aus diesen Analysen lassen sich Rückschlüsse über das potenzielle Artenspektrum eines Gewässers ziehen.

Im folgenden Artikel werden die vorliegenden Untersuchungen über die Diasporenbanken der Küstengewässer zusammengefasst. Dabei wird die Verteilung der Diasporen in den Küstengewässern in Abhängigkeit von der Gewässertiefe, Salinität, Eutrophierung sowie Exposition untersucht und diskutiert. Die Ergebnisse sollen u. a. Rückschlüsse über ein Wiederbesiedlungspotenzial von Characeen und Angiospermen in den Küstengewässern ermöglichen.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgewässer

Entlang der deutschen Ostseeküste wurden sechs Gewässer untersucht (Abb. 1). Das Salzhaff wurde 1999 durch STEINHARDT (2001) untersucht, während die Darß-Zingster Boddenkette (DZBK), der Greifswalder Bodden und der Große Jasmunder Bodden 2001 und 2002 untersucht wurden (SCHUBERT et al. 2003). Die schleswig-holsteinischen Gewässer Schlei und Dassower See wurden 2007 beprobt (SELIG & STEINHARDT 2008).

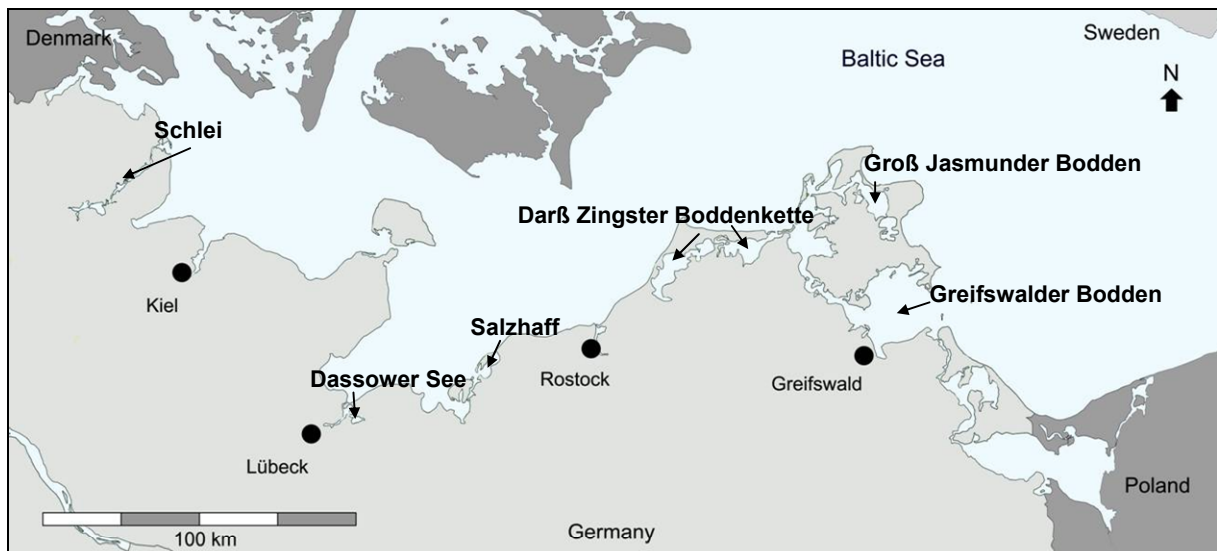


Abb. 1 Ostseeküste Deutschlands mit den sechs untersuchten inneren Küstengewässern.

Tab. 1 Morphometrische und hydrographische Angaben zu den sechs untersuchten Gewässern (k.A. – keine Angaben).

	Schlei	Dassower See	Salzhaff	DZBK	Greifswalder Bodden	Großer Jasmunder Bodden
Volumen [km ³]	0,53	k.A.	0,06	0,40	2,96	0,31
Fläche [km ²]	53,4	8,0	27,0	197,0	510,2	58,6
Einzugsgebiet [km ²]	667,0	k.A.	271,0	1578,0	659,3	k.A.
Zufluss	Füsinger Au	Stepenitz	Hellbach	Recknitz, Barthe	Ryck, Ziese	k.A.
Mittl. Tiefe [m]	2,5	k.A.	2,3	2,0	5,8	5,3
Max. Tiefe [m]	8,2		9,5	16,5	13,5	10,3
Trophie	stark eutroph	k.A.	eutroph	stark eutroph	mesotroph	eutroph
Salinität (Min.-Max.) [PSU]	3,2-19,7	k.A.	4,5-17,6	2,7-9,8	3,2-11,2	8,4-9,9

2.2 Beprobung

Die Beprobung der Sedimente erfolgte während der Vegetationskartierung der Forschungsprojekte und des Praxistests im Rahmen des Monitoringprogramms Schleswig-Holsteins (FÜRHAUPTER et al. 2007). Analog zur Vegetation wurde entlang der Transekte in den Tiefenstufen 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m und 2,5 m Sedimentproben entnommen. Die Proben wurden mittels eines Stechröhres entnommen. Dabei wurden pro Tiefenstufe jeweils mehrere Teilproben (2 bis 4) mit einer Sedimenttiefe von ca. 5-10 cm genommen und vermisch. Die beiden Proben wurden bis zur Analyse kühl bei 4 °C gelagert.

2.3 Aufbereitung der Sedimentproben

Die Bestimmung des Anteils der Trockenmasse (TM) jeder Sedimentprobe erfolgte durch Trocknung (10 h bei 105 °C) nach den Methodenbeschreibungen von SCHLUNGBAUM (1979). Dieser ermittelte Trockenmasseanteil wurde für die spätere Berechnung der Trockenmasseanteile der Siebfractionen genutzt.

Für die Bestimmung der Diasporen wurden ca. 100 – 400 g Frischsediment nach Wägung durch Nasssiegung in verschiedene Korngrößenfractionen (2, 1, 0,5, 0,2 und 0,1 mm) aufgetrennt. Nach der Siebung wurden die einzelnen Siebe mit Alufolie umhüllt und 4 h im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet. Nach dem Abkühlen wurde die TM jeder Siebfraction bestimmt. Der Anteil der < 0,1 mm-Fraction wurde aus der Differenz der TM der Einwaage und der Summe der TM der ausgewogenen Siebfractionen bestimmt. Die Trockenmasse der Einwaage wurde aus der Einwaage der Frischmasse und dem parallel bestimmten Anteil der Trockenmasse errechnet. Die Siebfractionen 1, 0,5 sowie 0,2 mm wurden für die Diasporenanalyse genutzt.

2.4 Bestimmung der Diasporen

Das Auszählen der Proben erfolgte mittels eines Binokulars. Die beiden großen Probefractionen (1-2 und 0,5-1 mm) wurden vollständig untersucht, um alle vorhandenen Diasporen zu erfassen (STEINHARDT 2001). Von der kleinsten Fraction (0,2-0,5 mm) wurde aufgrund der teilweise großen Probemenge eine Stichprobe von 15% der Fraction untersucht (OSTENDORP 1998). Die Diasporenzahlen wurden für eine Fläche von 1 m² berechnet, um spätere Vergleiche mit anderen Angaben zu ermöglichen.

Zur Bestimmung der Diasporen wurde für die Characeen der Schlüssel von VEDDER (2004) genutzt. Dieser ermöglicht nicht in jedem Fall die Unterscheidung bis zur Art, sondern es können teilweise nur Artengruppen unterschieden werden, bei denen bis zu vier Arten in Frage kommen. Weiterhin ist es in einigen Fällen nur möglich, einen Teil der Diasporen bis zur Art zu bestimmen, da diese nach Größe differenziert werden. Ein anderer Anteil derselben Art kann (wie im Falle von *Chara aspera*) aufgrund von bestimmten Merkmalen (wenn die Diasporen subfossil sind) nur einer Artengruppe zugeordnet werden (bei *Chara aspera* kommt dann *Chara aspera* oder *Chara canescens* in Frage – Abb. 2B).

Im Falle der Angiospermen wurde nur *Potamogeton spec.* (Abb. 2D) nicht bis zur Art bestimmt. Die übrigen auftretenden Angiospermen ließen sich nach Form und Größe bis zur Art zuordnen (BERTSCH 1941, BEIJERINCK 1947). Dies bezieht sich auf die vorgefundenen Samen von *Najas marina*, *Ruppia cirrhosa*, *R. maritima*, *Zannichellia palustris*, *Zostera noltii* und *Z. marina*. In SELIG & STEINHARDT (2008) wird ausführlich die Differenzierung zwischen den einzelnen Diasporen beschrieben.

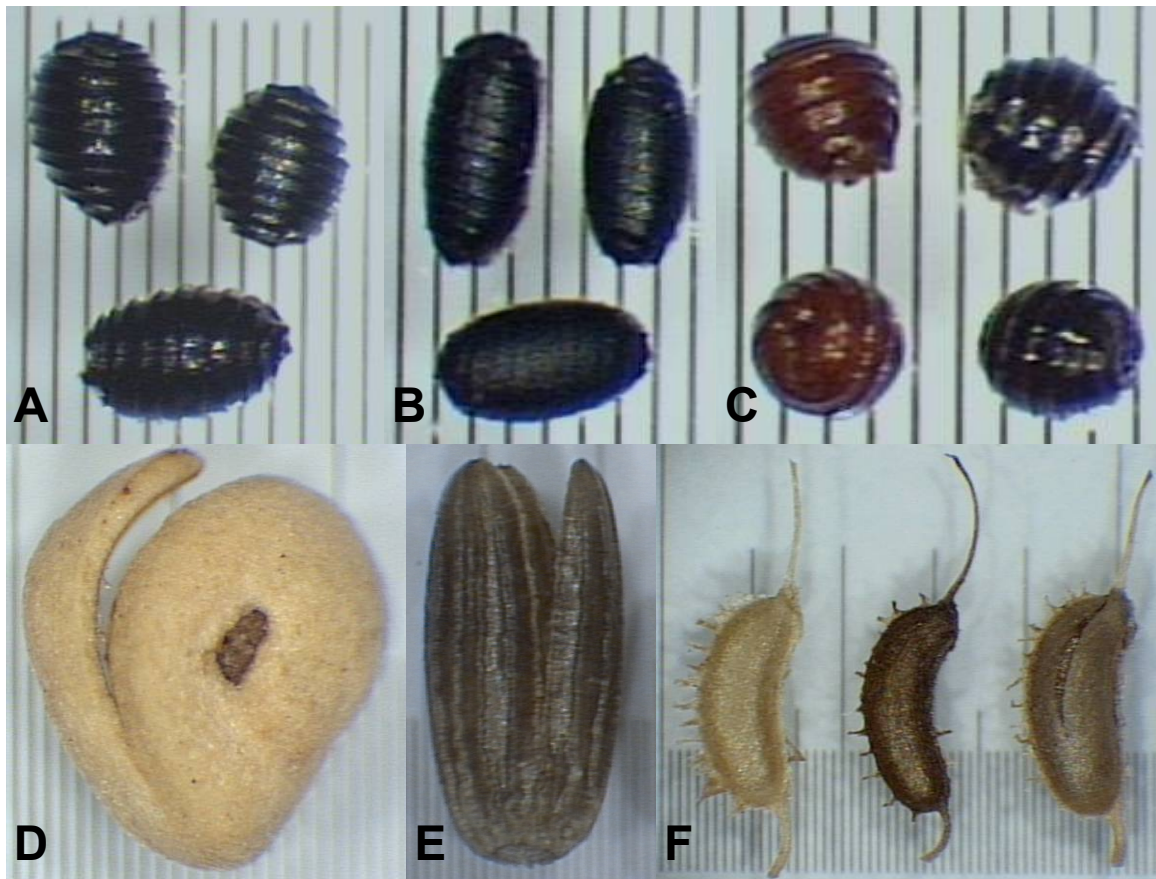


Abb. 2 Oosporen von *Chara aspera* (A), der *Chara aspera/canescens*-Gruppe (B), *Tolypella nidifica* (C), Samen von *Potamogeton spec.* (D), *Zostera marina* (E) und *Zannichellia palustris* (F) (Teilstrich = 100 μ m).

2.5 Statistische Analysen

Die Zusammenhänge zwischen Diasporenmasse und Diasporendichte wurde mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten berechnet. Die Vergleiche im Salz- und Südhaff hinsichtlich der Expositionsunterschiede erfolgten mit dem Mann-Whitney-U-Test. Diese statistischen Berechnungen erfolgten in SPSS.

Weiterhin wurde eine Änderung der Artenzusammensetzung der Transekte entlang des o. g. Salz- und Nährstoffgradienten betrachtet. Diese erfolgten in der Schlei, DZBK und im Salz- und Südhaff. Hierzu wurde die Artenähnlichkeit (Bray-Curtis Ähnlichkeitsindex) der Diasporenbank zwischen den Transekten berechnet und getestet, zwischen welchen Transekten sich Unterschiede ergeben. Dafür kam als Testverfahren die einfaktorielle (one-way) ANOSIM der Software PRIMER v.5 bzw. v.6 zum Einsatz. Im Salz- und Südhaff wurde zusätzlich die Exposition berücksichtigt und deshalb eine zweifaktorielle (two-way crossed) ANOSIM der Software PRIMER v.5 berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Diasporenbank der Gewässer

Tab. 2 und 3 zeigen die Arten und Artengruppen, welche als Diasporen in den sechs Gewässern gefunden wurden. Die Werte sind als mittlere Diasporendichten (Anzahl pro m²) sowie als Prozentanteile der Anzahl der untersuchten Probestellen in denen die Art aufgefunden wurde für alle Probestellen jedes Gewässers gegenübergestellt. Insgesamt wurden 13 verschiedene Arten bzw. Artengruppen nachgewiesen. Sechs Arten bzw. Artgruppen wurden in allen Gewässern angetroffen. In allen Gewässern dominieren die Diasporen der Characeen. Während in der Schlei, im Dassower See und im Salzhaff *Tolypella nidifica* mit 73 bis 82% die Diasporenbank dominiert, so war es die *Chara aspera/canescens*-Gruppe mit 44 bis 69% in der DZBK, dem Greifswalder Bodden und Großen Jasmunder Bodden. *Chara vulgaris* und *Zostera noltii* wurden nur in der Schlei gefunden. *Zostera marina* wurde nur in der Äußeren Schlei, dem Salzhaff und dem Greifswalder Bodden angetroffen.

Tab. 2 Mittlere Diasporendichte [m⁻²] und relativer Anteil [%] der Arten und Artengruppen in der Diasporenbank der Küstengewässer Schlei, Dassower See und Salzhaff (Mittelwert (SD)).

Art / Artengruppe	Schlei (n = 28)		Dassower See (n = 19)		Salzhaff (n = 68)	
	Anzahl [m ⁻²]	Anteil [%]	Anzahl [m ⁻²]	Anteil [%]	Anzahl [m ⁻²]	Anteil [%]
<i>Zostera marina</i>	592 (2614)	0.23	0	0	680 (1539)	0.60
<i>Zostera noltii</i>	42 (178)	0.02	0	0	0	0
<i>Zannichellia palustris</i>	12858 (25696)	4.95	3396 (6769)	5.43	6981 (11056)	6.20
<i>Ruppia maritima</i>	264 (774)	0.10	27 (80)	0.04	0	0
<i>Ruppia cirrhosa</i>	516 (866)	0.20	94 (174)	0.15	299 (700)	0.30
<i>Potamogeton spec.</i>	55 (127)	0.02	268 (929)	0.43	23 (70)	0.02
<i>Najas marina</i>	9 (48)	0.01	376 (1361)	0.60	0	0
<i>Chara baltica</i>	1183 (2704)	0.46	5947 (15053)	9.52	8523 (7192)	8.40
<i>Chara baltica/horrida</i>	213 (551)	0.08	0	0	0	0
<i>Chara aspera</i>	3588 (5907)	1.38	3550 (5803)	5.68	0	0
<i>Chara aspera/canescens</i>	33162 (136957)	12.77	3291 (4762)	5.27	2389 (2197)	2.30
<i>Chara vulgaris</i>	91 (358)	0.04	0	0	0	0
<i>Tolypella nidifica</i>	207000 (550472)	79.75	45545 (82472)	72.88	89438 (143936)	81.80

Tab. 3 Mittlere Diasporendichte [m^{-2}] und relativer Anteil [%] der Arten und Artengruppen in der Diasporenbank der Küstengewässer Darß-Zingster-Bodden-Kette (DZBK), Großer Jasmunder Bodden (GJB) und Greifswalder Bodden (GB) (Mittelwert (SD)).

Art / Artengruppe	DZBK (n = 137)		GJB (n = 60)		GB (n = 60)	
	Anzahl [m^{-2}]	Anteil [%]	Anzahl [m^{-2}]	Anteil [%]	Anzahl [m^{-2}]	Anteil [%]
<i>Zostera marina</i>	0	0	0	0	96 (176)	0.10
<i>Zostera noltii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Zannichellia palustris</i>	6436 (40742)	5.10	6511 (12053)	2.10	6633 (6490)	6.90
<i>Ruppia maritima</i>	52 (233)	0.04	6 (15)	0	14 (25)	0
<i>Ruppia cirrhosa</i>	10458 (2969)	0.82	3886 (7781)	1.20	1940 (1515)	2.00
<i>Potamogeton spec.</i>	467 (1894)	0.37	346 (447)	0.10	462 (333)	0.50
<i>Najas marina</i>	671 (4065)	0.53	25 (57)	0,01	623 (1128)	0.70
<i>Chara baltica</i>	13648 (35490)	10.76	16811 (7616)	5.40	5212 (4864)	5.50
<i>Chara baltica/horrida</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chara aspera</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chara aspera/canescens</i>	78381 (177365)	61.77	214281 (216938)	68.80	41812 (36049)	43.80
<i>Chara vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Tolypella nidifica</i>	26166 (129458)	20.62	69689 (68189)	22.30	36432 (23975)	38.10

Neben der mittleren Diasporendichte im Sediment wurde die mittlere Diasporenmasse der Diasporen bestimmt (außer für *Chara vulgaris*, da in diesem Falle zu wenige Oosporen vorhanden waren – Daten siehe SELIG & STEINHARDT 2008). Die Diasporenmasse wurde dann gegen die mittlere Diasporendichte aufgetragen. Aus diesem Zusammenhang lassen sich Erkenntnisse über die Verbreitungsstrategien der einzelnen Arten gewinnen und Aussagen über den Zustand der Diasporenbank der Gewässer ableiten. In Abb. 3 ist dieser Zusammenhang für die Schlei und das Salzhaff dargestellt. Die Abbildungen verdeutlichen, dass *Tolypella nidifica*, die Art mit der höchsten Diasporendichte im Sediment, die kleinste Masse pro Diaspore hat. Arten mit sehr geringen Diasporendichten, wie *Potamogeton spec.* und *Najas marina*, haben dagegen eine sehr hohe Diasporenmasse. Es ergibt sich also ein negativer Zusammenhang zwischen Diasporendichte und Diasporenmasse. Die Korrelation wurde mittels des Rangkorrelationskoeffizienten getestet und mit sowie ohne *Zannichellia palustris* berechnet (STEINHARDT & SELIG 2007). So ergibt sich für die Schlei ein signifikanter Zusammenhang ($r = -0,624$, $p < 0,05$, $n = 11$ ohne *Zannichellia palustris*; $r = -0,550$, n. s., $n = 12$ mit *Zannichellia palustris*). Für das Salzhaff zeigt sich ein ähnlicher Trend ($r = -0,325$, n. s., $n = 6$ ohne *Zannichellia palustris*; $r = -0,304$, n. s., $n = 7$ mit *Zannichellia palustris*), welcher aber nicht als signifikant nachgewiesen werden konnte.

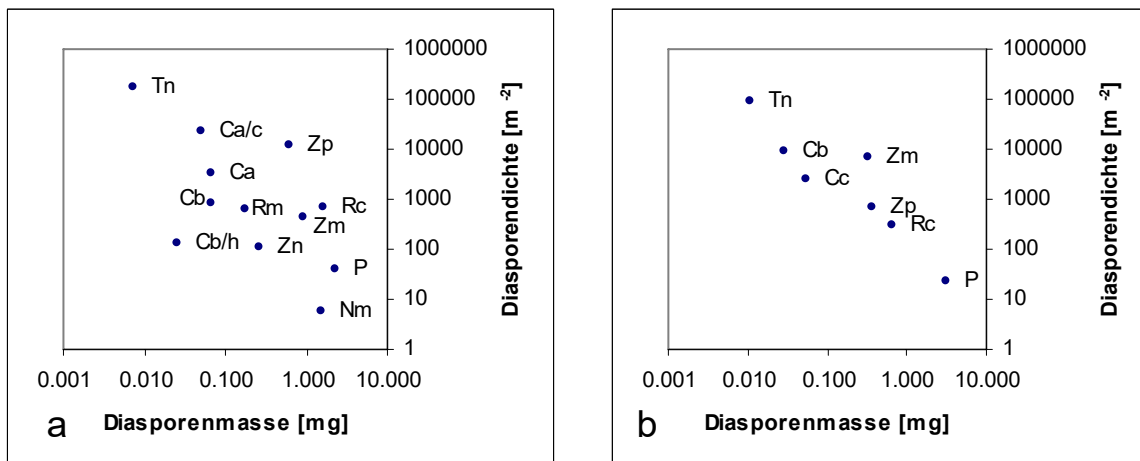


Abb. 3 Zusammenhang zwischen Diasporenmasse und Diasporendichte der Diasporenbank in der Schlei (a) und im Salzhaff (b) (Tn: *Tolypella nidifica*, Ca/c: *Chara aspera/canescens*-Gruppe, Ca: *Chara aspera*, Cb: *Chara baltica*, Zp: *Zannichellia palustris*, Rc: *Ruppia cirrhosa*, Rm: *Ruppia maritima*, P: *Potamogeton spec.*, Nm: *Najas marina*).

3.2 Tiefenabhängigkeit der Diasporendichten in den Gewässern

Für die Schlei und das Salzhaff wurde beispielhaft die Diasporendichte einzelner Arten im Sediment in Abhängigkeit von der Wassertiefe dargestellt (Abb. 4a-f).

Zostera marina hat in der Schlei und im Salzhaff in größeren Wassertiefen (1,50-2,50 m) deutlich höhere Diasporendichten als im Flachwasser (Abb. 4a). Diese Art kommt in der Vegetation schwerpunktmäßig in Wassertiefen ab 1,00 m mit höheren Deckungsgraden vor (PORSCHKE et al. 2008).

Zostera noltii, eine typische Flachwasserart der Vegetation, kommt in der Diasporenbank nur in geringen Wassertiefen in der Schlei vor. Diese Art wurde 1999 auch im Salzhaff rezent gefunden, aber keine Diasporen im Sediment nachgewiesen.

Zannichellia palustris zeigt in der Schlei eine deutliche Zunahme der Diasporendichte im Sediment mit der Wassertiefe, während sie im Salzhaff relativ konstant bleibt (Abb. 4b).

Für *Ruppia cirrhosa* ist für die Schlei eine Zunahme der Diasporen mit der Tiefe aufzeigbar, jedoch hat diese Art bereits im Flachwasser (bei 0,5 m Wassertiefe) eine erhöhte Diasporendichte (Abb. 4c). Im Salzhaff erfolgt die Ablagerung von *Ruppia cirrhosa*-Samen schwerpunktmäßig im Flachwasser, im tiefen Wasser ab 2,00 m findet man kaum noch Diasporen.

Ruppia maritima hat in der Schlei ein Diasporenmaximum in 2 m Wassertiefe und hat ebenfalls im Flachwasser bereits höhere Diasporendichten im Sediment.

Potamogeton spec. hat in beiden Gewässern sehr geringe Diasporendichten im Vergleich zu den anderen Arten (Abb. 4d). Im Salzhaff zeigt sich keine Ablagerungstendenz mit der Wassertiefe, in der Schlei sind die Diasporendichten in 1,50 m Wassertiefe in etwa doppelt so hoch wie im flachen Wasser (0,50 m). In noch größeren Wassertiefen (2,00-2,50 m) findet man wiederum keine Diasporen mehr.

Chara baltica hat in der Schlei ihr Maximum der Oosporendichte bei 2 m und im Salzhaff bei 2,5 m Wassertiefe (Abb. 4e). Im Salzhaff zeigte sich eine starke Zunahme der Diasporendichte mit der Wassertiefe.

Tolypella nidifica hat sowohl im Salzhaff als auch in der Schlei das Oosporenmaximum in 2,50 m Wassertiefe. Für *Tolypella nidifica* nimmt im Salzhaff und in der Schlei die Diasporendichte mit der Wassertiefe stark zu (Abb. 4f).

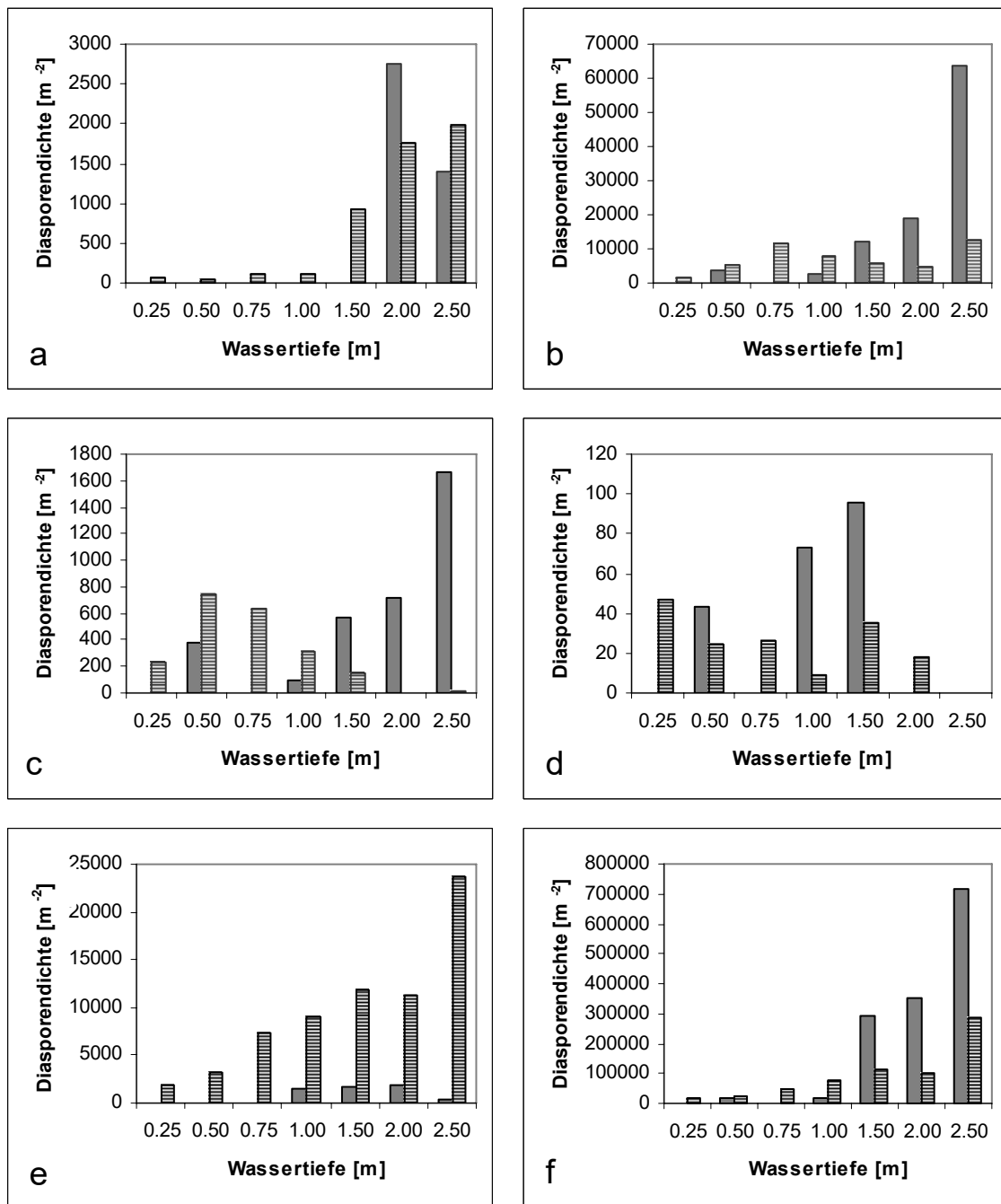


Abb. 4 Tiefenverteilung der Diasporen von *Zostera marina* (a), *Zannichellia palustris* (b), *Ruppia cirrhosa* (c), *Potamogeton spec.* (d), *Chara baltica* (e) und *Tolypella nidifica* (f) in der Schlei (grau) und im Salzhaff (gestreift).

3.3 Verteilung der Diasporen in Abhängigkeit von Salz- und Nährstoffgradienten

Die Schlei, das Salzhaff und die DZBK sind Gewässer mit einem stark ausgeprägten Salzgradienten. Innerhalb dieser Gewässer wurden drei Transekte entlang des Salzgradienten (innerer, mittlerer und äußerer Bereich) untersucht und die Artenähnlichkeit der Standorte statistisch verglichen. Innerhalb des Salzgradienten eines Gewässers konnte nur für die Schlei ein signifikanter Unterschied zwischen den Transekten vorgefunden werden, nicht für das Salzhaff und die DZBK (Tab. 4).

Vergleicht man die drei Gewässer untereinander, so konnte zwischen der Schlei und der DZBK der höchste Unterschied in der Artenähnlichkeit ermittelt werden, während zwischen dem Salzhaff und der DZBK ein geringerer (10% Signifikanzniveau) und zwischen der Schlei und dem Salzhaff kein Unterschied festgestellt werden konnte (Tab. 5).

Tab. 4 Einfaktorielle (one-way) ANOSIM der Diasporendichten zwischen jeweils drei Transekten (inneres, mittleres, äußeres) entlang des Salzgradienten der Schlei, des Salzhaffes und der DZBK.

	Schlei		Salzhaff		DZBK	
	R Statistik	Signifikanzniveau [%]	R Statistik	Signifikanzniveau [%]	R Statistik	Signifikanzniveau [%]
Globaler Test zwischen Transekten						
	0.282	0.3	0.026	33.1	0	43.2
Paarweise Tests zwischen Transekten						
inneres vs. mittleres	0.016	37.7	0.052	21.6	-0.026	53.2
inneres vs. äußeres	0.241	1.3	0.080	21.9	-0.050	69.5
mittleres vs. äußeres	0.667	0.4	-0.004	43.7	0.091	15.4

Tab. 5 Zweifaktorielle (two-way nested) ANOSIM der Diasporendichten zwischen den Gewässern Schlei, Salzhaff und der DZBK.

	R Statistik	Signifikanzniveau [%]
Globaler Test zwischen Transekten	0.103	1.3
Globaler Test zwischen Küstengewässern	0.432	0.4
Paarweiser Test zwischen Küstengewässern		
Schlei vs. Salzhaff	0.185	40.0
Schlei vs. DZBK	0.630	10.0
Salzhaff vs. DZBK	0.556	10.0

3.4 Abhängigkeit der Diasporendichten von der Exposition der Standorte

Für die Untersuchungen des Salzhaffs wurde die Exposition der Untersuchungstransekte nach HÄKANSON (1981) berechnet und die Transekte wurden danach in exponierte und geschützte Transekte eingeteilt (siehe auch STEINHARDT & SELIG 2007). Die Ergebnisse sind in Tab. 6 dargestellt. Diasporen von *Zannichellia*

palustris, *Ruppia cirrhosa*, *Chara baltica* and *Tolypella nidifica* wurden signifikant mehr in den geschützten Bereichen vorgefunden, während für *Zostera marina* und *Chara canescens* keine Unterschiede nachweisbar waren.

Tab. 6 Diasporendichte [m^{-2}] in Abhängigkeit von der Windexposition der Untersuchungsgebiete im Salzhaff (Mittelwert (SD)). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s. nicht signifikant

Art	Windexposition				p
	geschützt (n=30)		exponiert (n=30)		
<i>Zostera marina</i>	268	(74)	747	(363)	n.s.
<i>Zannichellia palustris</i>	9739	(24969)	2704	(595)	**
<i>Ruppia cirrhosa</i>	601	(177)	88	(30)	**
<i>Chara canescens</i>	1669	(334)	2343	(880)	n.s.
<i>Chara baltica</i>	10697	(2839)	4157	(1227)	*
<i>Tolypella nidifica</i>	87603	(19625)	40631	(12300)	**

4 Diskussion

4.1 Verteilung der Diasporen in den Gewässern

In allen untersuchten Gewässern wurden mehr Arten in der Diasporenbank als in der rezenten Vegetation gefunden. So wurden Diasporen von zehn Arten (ohne Berücksichtigung der Artgruppen) in der Schlei gefunden, aber nur sieben Arten in der rezenten Vegetation im Jahr 2007 (SELIG & STEINHARDT 2008). Neben dieser höheren Artenzahl ist entlang der Salinitätsgradienten der Gewässer eine deutliche Veränderung der Diasporenbank nachweisbar: die Artenzahl nahm in der Schlei mit zunehmender Salinität und abnehmenden Nährstoffgehalten zu.

Tolypella nidifica wurde in vier Gewässern mit der höchsten Diasporendichte aller Arten vorgefunden, unabhängig davon ob diese Art in der rezenten Vegetation vorkam. Aus der DZBK liegen nun Vegetationsuntersuchungen aus sieben aufeinanderfolgenden Jahren vor, in denen nie *Tolypella nidifica* vorzufinden war. In der Schlei konnten ebenfalls 2005 und 2006 keine Nachweise dieser Art erbracht werden, obwohl diese Art die Diasporenbank des Gewässers dominiert. Damit müssen die vorhandenen Oosporen bereits über viele Jahre im Sediment liegen. Allerdings kann es bei *Tolypella nidifica* nicht ganz ausgeschlossen werden, dass die Beprobung der Vegetation zu einem zu späten Zeitpunkt erfolgte, um *Tolypella nidifica* im Gewässer vorzufinden. Diese Art tritt vor allem am Anfang der Vegetationsperiode auf und wird im Laufe der Saison durch andere, schnell wachsende Arten verdrängt. Diese Art wird in der DZBK, im Großen Jasmunder Bodden und Greifswalder Bodden mit wesentlich geringerer relativer Häufigkeit und geringeren Diasporendichten angetroffen als in den anderen drei Gewässern (Tab. 2, 3). Das ist auf den niedrigeren Salzgehalt dieser Gewässer zurückzuführen.

Bei der *Chara aspera/canescens*-Gruppe ist die Verbreitung in den Gewässern genau entgegengesetzt. In den Gewässern mit höheren Salzgehalten findet man die geringeren Werte für die relative Häufigkeit und die Diasporendichten im Sediment. Die Verbreitung der Diasporen steht hier ebenfalls im Zusammenhang mit dem Salzgehalt der Gewässer.

Für die Characeen ergeben sich etwas andere Zusammenhänge bei der Tiefenverbreitung der leichten Oosporen im Vergleich zu den schwereren Samen der Angiospermen. Da für *Chara baltica* die typische Verbreitung dieser Art in der Vegetation in geringeren (1,50 m) Wassertiefen ist, deutet die Akkumulation in größeren Wassertiefen (2,00-2,50 m) auf Verlagerungsvorgänge dieser kleinen Diasporen aus dem Bereich der höchsten Vegetationsdeckung zu größeren Wassertiefen hin (STEINHARDT & SELIG 2007).

Die Vegetationsdeckung von *Tolypella nidifica* nimmt im Salzhaff, wie es für diese Art typisch ist, ebenfalls mit der Wassertiefe zu, so dass sich für diese Art ein direkter Zusammenhang zwischen Vegetationsdeckung und Diasporendichte im Sediment ergibt. Eine Akkumulation der Oosporen von *Tolypella nidifica* im Sediment in größeren Wassertiefen ist zusätzlich anzunehmen.

Die Diasporendichte von *Najas marina* ist typischerweise gering aufgrund der relativ hohen Masse der Nüsse dieser Art. Sie tritt nur im Salzhaff nicht auf und kennzeichnet die durch Süßwasser geprägten inneren Küstengewässerbereiche.

Die größeren Diasporen von *Zostera marina* verdriften weniger und sind deshalb häufiger direkt im Sediment unter den Pflanzenbeständen vorzufinden. So treten Samen von *Zostera marina* in beiden dargestellten Gewässern überwiegend in größeren Wassertiefen auf (Abb. 4a), wo diese Art auch ihren Schwerpunkt in der Vegetationsverbreitung hat (siehe auch PORSCHKE et al. 2008). Das Seegrass *Z. marina* wurde nur in der Schlei, im Salzhaff und im Greifswalder Bodden typischerweise mit geringen Diasporendichten gefunden. In den anderen Gewässern ist diese Art offenbar nicht typisch oder schon länger nicht mehr in der Vegetation vorhanden. *Z. marina* kommt nur in Gewässern mit höheren Salinitäten vor. Nach BOSTRÖM et al. (2003) besitzt *Z. marina* eine Salztoleranz von 3-4 PSU. Rezent wird diese Art aber nur bis zu einer Salinität von ca. 8 PSU vorgefunden. Historische Angaben belegen jedoch für die deutschen Küstengewässer eine größere geographische Ausbreitung. So gibt es für die Schlei Angaben zur historischen Ausbreitung bis Hülßen (auf der Höhe von Goltoft kurz vor der Insel Kieholm und der Königsburg) durch REINKE (1889). In den Sedimenten aus diesem Gebiet konnten aber keine Diasporen von *Z. marina* nachgewiesen werden.

Diasporen von *Ruppia cirrhosa* werden offenbar in erster Linie in der Herkunftsvegetation abgelagert, wie es in der Schlei und im Salzhaff im Flachwasser (0,5 m) deutlich wird. Zusätzlich werden diese Diasporen jedoch auch in größere Wassertiefen verlagert, wo die Art in der Vegetation nur äußerst selten vorkommt. Diese Tendenz konnte für die Schlei gezeigt werden.

Ruppia maritima zeigt die gleiche Ablagerungstendenz wie *R. cirrhosa* in der Schlei. Auffällig bei diesen beiden Arten ist zusätzlich zu der erhöhten Diasporendichte im Flachwasser und damit in der Herkunftsvegetation die Zunahme der Diasporendichte mit der Tiefe. In diesem Zusammenhang kann nur eine Verdriftung der Diasporen oder von Pflanzenteilen vermutet werden.

Diasporen von *Zostera noltii* wurden nur in der äußeren Schlei im Flachwasser gefunden. Das Vorkommen dieser Art in der rezenten Vegetation der Schlei konnte nicht nachgewiesen werden. Für diese Art bestätigt sich in der Schlei jedoch die Tendenz der Ablagerung schwerer Diasporen in der Herkunftsvegetation (STEINHARDT & SELIG 2007), da *Z. noltii* eine typische Flachwasserart ist.

Potamogeton spec. wurde rezent in der Vegetation in allen Gewässern bzw. Gewässerabschnitten vorgefunden, aber stets nur mit einer geringen Diasporendichte im Sediment. Offenbar zeigt sich keine systematische Ablagerungstendenz für diese schweren Diasporen. Dieser perennierenden Art wird eine „kompetitive“

Lebensstrategie zugeordnet (KAUTSKY 1988). Sie zeichnet sich durch eine hohe vegetative Produktionsrate sowie Längenwachstum während der Vegetationsperiode aus.

Unabhängig von der Salinität und geographischen Lage der Gewässer dominieren die Characeen die Diasporenbank. Dies liegt in der Vermehrungsstrategie der Characeen begründet, welche KAUTSKY (1988) als „stunted plants“ beschreibt. Diese Arten haben eine Strategie entwickelt, große Mengen an Diasporen zu produzieren, die das Überdauern der Art sichert (Tab. 2, 3, Abb. 3).

Arten, die Diasporen mit einem hohen Energievorrat erzeugen, benötigen nur wenige davon, um die generative Fortpflanzung der Art zu sichern. Deshalb findet man von diesen Arten nur wenige Diasporen im Sediment (Tab. 2, 3, Abb. 3). Diese Strategie verfolgen vor allem die untersuchten Angiospermen. Die geringen Diasporendichten von *Zostera marina*, *Z. noltii*, *Potamogeton spec.*, *Ruppia cirrhosa*, *R. maritima*, und *Najas marina* sind also kein Kennzeichen für eine schlecht ausgeprägte Diasporenbank, sondern durch die Vermehrungsstrategie dieser Arten begründet.

Zannichellia palustris nimmt allerdings eine Sonderstellung ein, wie in fast allen Gewässern deutlich gezeigt werden konnte (Tab. 2, 3). Diese Art hat eine relativ hohe Diasporendichte und parallel dazu eine relativ hohe Diasporenmasse. Dabei zeigt sich die sehr effiziente Verbreitungsstrategie dieser Art, mit einer hohen Anzahl Diasporen, die gleichzeitig auch mit einem hohen Energievorrat ausgestattet sind. Dieser ermöglicht das schnelle Wachstum einer hohen Anzahl von Keimlingen und somit einen Konkurrenzvorteil. Aufgrund der hohen Diasporendichte kann die Art im Sediment gleichmäßig verteilt sein, wie im Salzhaff. Offenbar kann aber für diese Art, wie in der Schlei, die hohe Diasporendichte in größeren Wassertiefen ebenfalls durch ein Verdriften der Samen oder eine erhöhte Diasporenproduktion in diesen Wassertiefen als Ursache angenommen werden.

4.2 Ableitung eines historischen Leitbildes

Aufgrund von Diasporenuntersuchungen lassen sich nur bedingt historische Veränderungen nachweisen. So ist ein Transport der Diasporen im Gewässer als auch außerhalb des Gewässers (Vögel) nicht auszuschließen. Höhere Diasporendichten – wie sie für die dominanten Arten in den Gewässern vorgefunden wurden – lassen aber auf einen ursprünglichen Bestand dieser Arten in den Gewässern schließen. So kann als gesichert angesehen werden, dass u. a. *Chara aspera*, *Chara baltica* und *Tolypella nidifica* als Bestände im Abschnitt Lindaunis bis zur Schleimündung in der Schlei aufgetreten sind. Gleiches gilt auch für den Dassower See. Für die mittlere Schlei wurde nur ein Transekt in der Großen Breite untersucht. Hier dominierten auch die Oosporen der Characeen in der Diasporenbank, aber mit bedeutend geringeren Diasporendichten. Es lässt sich so zumindest aus der Diasporenbank schließen, dass vor einem längeren Zeitraum (ca. 20-50 Jahre) größere Characeenbestände in diesem Gewässerabschnitt aufgetreten sind.

In den Untersuchungen wurden maximal die oberen ca. 10 cm des Sedimentes untersucht. Diese Untersuchungen lassen daher nur die Betrachtung eines begrenzten Zeitraumes zu. So kann bei einer Sedimentationsrate von 0,2 bis 0,5 cm pro Jahr mit diesen oberen 10 cm ein Zeitraum von 20 bis maximal 50 Jahren betrachtet werden. Aufgrund der stärkeren Eutrophierung dieser beiden Küstengewässer ist eher von einem Zeitraum von 20 Jahren auszugehen

(Messungen über Sedimentationsraten liegen nicht vor). Damit können aus den oberen 10 cm keine Rückschlüsse auf die historische Vegetation (Referenzzustand) dieser Gewässer gezogen werden, weil bereits vor 20 Jahren ein verstärkter Nährstoffeintrag in die Gewässer erfolgte. Solche Aussagen erfordern die Untersuchungen tieferer Sedimentbereiche, so wie dies in der Paläolimnologie erfolgt. Bisher liegen nur Untersuchungen von ZENKER (2003) zur Tiefenverteilung der Oosporen von *Chara cancesens* im Sediment des Salzhaffes und der DZBK vor. Hier zeigte sich eine deutliche Abnahme der Diasporendichte mit der Tiefe.

4.3 Eutrophierung und Wiederbesiedlungspotenzial

Nährstoffeinträge und dadurch bedingte Eutrophierung ist die Hauptdegradationsursache der Küstengewässer der Ostsee. Die Degradation der Gewässer wird sowohl durch den Rückgang der unteren Verbreitungstiefe der submersen Vegetation (KAUTSKY et al. 1986, NIELSEN et al. 2002) als auch durch den Ausfall von Arten und Pflanzengemeinschaften (MARTIN et al. 2003, SCHUBERT & BLINDOW 2004, SELIG et al. 2007) gekennzeichnet. Insbesondere die Characeen werden als sensitive Indikatoren der Eutrophierung auch in den Küstengewässern beschrieben (BLINDOW 2000). Das Fehlen der Characeen in den inneren und mittleren Gewässerabschnitten der Schlei, aber auch teilweise der DZBK, sind auf die starke Phytoplanktonentwicklung aufgrund der Eutrophierung dieses Gewässers zurückzuführen (STEINHARDT & SELIG 2008). Das Vorfinden der Diasporen in den Gewässerabschnitten ohne rezentes Auftreten dieser Arten belegt dies. Allerdings verdeutlichen die Untersuchungen auch, dass entlang des Eutrophierungsgradienten der Gewässer eine unterschiedliche Diasporendichte vorzufinden ist. Anhand dieser quantitativen Analysen lassen sich grobe Abschätzungen über ein Wiederbesiedlungspotenzial ableiten. So ist z. B. für die mittlere Schlei derzeit zu bezweifeln, dass über die gewässerinterne Diasporenbank eine schnelle Wiederbesiedlung möglich ist, da hier doch deutlich geringere Diasporendichten gefunden wurden.

Die Vertikalverteilung der Diasporen in verschiedenen Wassertiefen aufgrund deren Größe und Gewicht ermöglichen den Arten unterschiedliche Wiederbesiedlungsstrategien. So können folgende zwei prinzipielle Verteilungsmuster zwischen Vegetation und Diasporenbank beschrieben werden:

- Diasporendichte ist unterhalb des aktuellen Verbreitungsschwerpunktes der Art in der rezenten Vegetation größer – tritt bei Characeen auf
- Diasporendichte korreliert mit der Vertikalverteilung der Vegetationsbedeckung in den Wassertiefen – tritt u. a. bei *Zostera marina* auf

Characeen können sehr schnell tiefere Bereiche wiederbesiedeln, wenn sich die Lichtbedingungen verbessern. Eine Wiederbesiedlung eines Gewässers, wo nur in den sehr flachen Bereichen (< 1,0 m) die Lichtbedingungen für ein Wachstum vorhanden sind, erscheint aufgrund der Diasporenverteilung im Gewässer dagegen für die Characeen schwieriger.

Die vorliegenden Analysen der Diasporenbank lassen aber nur bedingt Rückschlüsse auf ein Wiederbesiedlungspotenzial der einzelnen Arten im Gewässer zu, da die Untersuchungen keine Aussagen über das Keimungspotenzial und Alter dieser Diasporen ermöglichen. PROCTOR (1967) geht davon aus, dass die im Sediment vorhandenen Oosporen über 5 bis 10 Jahre ihre Keimungsfähigkeit behalten. Da aber erst seit wenigen Jahren wiederholt Untersuchungen der submersen Vegetation in den inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins und

Mecklenburg-Vorpommerns erfolgen, gibt es keine Aussagen über das Vorkommen von Pflanzenbeständen aus den letzten 10 Jahren.

Neben der Anzahl der Diasporen sind die Keimungsbedingungen entscheidend für die Ausbildung einer Vegetation. In SCHUBERT et al. (2003) wurde das Keimungsverhalten von *Najas marina* und *Zannichellia palustris* hinsichtlich Temperatur, Sauerstoffbedingungen und Austrocknung an frischen Samen untersucht. Dabei wurde zumeist eine hohe Keimungsrate von 35 bis 70% erzielt, wobei beide Arten sehr unterschiedlich bezüglich des Sauerstoffgehaltes reagierten. Ein Einfluss von Kälteperioden auf die Dormanz konnte nicht festgestellt werden. Dies wurde auch durch Untersuchungen von ZENKER (2003) hinsichtlich der Keimungsfähigkeit von Oosporen von *Chara cancesens* festgestellt. Hier wurden aber bei allen Versuchen unabhängig von den Versuchsbedingungen immer nur Keimungsraten unter 1% erreicht. Ob diese unterschiedlichen Laborergebnisse artspezifische Unterschiede nachweisen oder doch eher auf den unterschiedlichen Versuchsbedingungen bei den Laborexperimenten beruhen, kann zurzeit nicht abschließend geklärt werden. Zu berücksichtigen ist aber, dass auch bei einer sehr geringen Keimungsrate der Oosporen von Characeen immer noch mehr Einzelpflanzen keimen als bei den Spermatophyten, welche ja bedeutend geringere Diasporendichten im Sediment der Gewässer aufweisen.

Danksagung

Die Untersuchungen der Gewässer Mecklenburg-Vorpommerns wurden im Rahmen der durch das BMBF geförderte Forschungsvorhaben „Entwicklung von leitbildorientierten Bewertungsgrundlagen für Übergangsgewässer nach der EU-WRRL: Übergangsgewässer/ Küstengewässer der deutschen Ostseeküste“ (FKZ 0330014) sowie „Erarbeitung eines ökologischen Gesamtansatzes für die Bewertung der Küstengewässer an der deutschen Ostseeküste entsprechend der Vorgaben der EU-WRRL“ (FKZ: 0330678) durchgeführt. Die Arbeiten in den Küstengewässern Schleswig-Holsteins wurden durch das Forschungsvorhaben „Sediment-Samen Analysen – Nachweis von Diasporen der Characeen und Angiospermen in Sedimenten innerer Küstengewässer“ (4121.3-2007-394F) des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein unterstützt.

Die umfangreichen Feldbeprobungen und Sedimentanalysen wurden durch Christian Blümel, Manfred Schubert, Christian Porsche, Sebastian Unger und Olaf Rust mit durchgeführt. Die Beprobung der Schlei und des Dassower Sees erfolgte im Rahmen des Monitoring des Landes durch die Firma MariLim.

Literatur

- Beijerinck, W., 1947. Zadenatlas der Nederlandsche Flora. Veenmann & Zonen, Wageningen, 316 pp.
- Bertsch, K., 1941. Früchte und Samen. Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung, Band I, Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 247 pp.
- Blindow, I., 2000. Distribution of Charophytes along the Swedish coast in relation to salinity and eutrophication. Internationale Revue der Hydrobiologie 85: 707-717.
- Blindow, I. & M. Schuette, 2007. Elongation and mat formation of *Chara aspera* under different light and salinity conditions. Hydrobiologia 584: 69-76.
- Blümel, C., A. Domin, J. C. Krause, M. Schubert, U. Schiewer & H. Schubert, 2002. Der historische Makrophytenbewuchs der inneren Gewässer der deutschen Ostseeküste. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 10: 5-111.

- Boström, C., S. P. Baden & D. Krause-Jensen, 2003. The seagrasses of Scandinavia and the Baltic Sea. In Green E. P. & F. T. Short (eds), World atlas of seagrasses. California University Press, 310 pp.
- Eggert, A., S. Ihnken, U. Selig, U. Karsten & H. Schubert, 2006. Distribution of three submersed macrophytes in coastal lagoons of the German Baltic Sea: Comparison of laboratory and field data. *Botanica Marina* 46: 386-395.
- Fürhaupter, K., H. Wilken & T. Meyer, 2007. WRRL-Makrophytenmonitoring in den inneren Küstengewässern Schleswig-Holstein. Untersuchungen im Auftrag des Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, 53 pp.
- Håkanson, L., 1981. A manual of lake morphometry. Springer, Berlin, 78 pp.
- Kautsky, L., 1988. Life strategies of aquatic soft bottom macrophytes. *Oikos* 53: 126-135.
- Martin, G., K. Torna, J. Kottaa & H. Orav-Kottaa, 2003. Estonian marine phytobenthos monitoring programme: preliminary results and future perspectives. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology* 52: 112-124.
- Mertens M. & U. Selig, 2007. Vergleich von historischen und rezenten Makrophytenbeständen in den inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 17: 55-66.
- Nielsen, S. L., K. Sand-Jensen, J. Borum & O. Geertz-Hansen, 2002. Depth colonisation of eelgrass (*Zostera marina*) and macroalgae as determined by water transparency in Danish coastal waters. *Estuaries* 25: 1025-1032.
- Ostendorp, W., 1998. Hemmenhofener Methoden - Sedimentologische und Paläolimnische Methoden in der Siedlungsarchäologie. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 68: 243-299.
- Porsche, C., H. Schubert & U. Selig, 2008. Rezente Verbreitung submerser Makrophyten in den inneren Küstengewässern der deutschen Ostseeküste. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 20: 109-122.
- Proctor, V. W., 1967. Storage and germination of *Chara* oospores. *Journal of Phycology* 3: 90-92.
- Reinke, J., 1889. Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. Eine systematisch-pflanzengeographische Studie. Bericht der Kommission zur Wissenschaftlichen Untersuchung der Deutschen Meere in Kiel 6: III-XI, 1-101.
- Schlungbaum, G., 1979. Untersuchungen über die Sedimentqualität in den Gewässern der Darß-Zingster Boddenkette unter besonderer Berücksichtigung der Stoffaustauschprozesse zwischen Wasser und Sediment. Dissertation, Universität Rostock, 129 pp.
- Schubert, H. & I. Blindow, 2004. Charophytes of the Baltic Sea. The Baltic Marine Biologists Publication No. 19. Koeltz Scientific Books, Königstein, 325 pp.
- Schubert, H., C. Blümel, A. Eggert, T. Rieling, M. Schubert & U. Selig, 2003. Entwicklung von leitbildorientierten Bewertungsgrundlagen für innere Küstengewässer der deutschen Ostseeküste nach der EU-WRRL. BMBF Forschungsbericht FKZ 0330014, 167 pp.
- Selig, U., A. Eggert, D. Schories, M. Schubert, C. Blümel & H. Schubert, 2007. Ecological classification of macroalgae and angiosperm communities of inner coastal waters in the Southern Baltic Sea. *Ecological Indicator* 7: 665-678.
- Selig, U. & T. Steinhardt, 2008. Sediment-Samen Analysen – Nachweis von Diasporen der Characeen und Angiospermen in Sedimenten innerer Küstengewässer. Forschungsbericht im Auftrag des Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, Ausschreibungsnummer: 4121.3-2007-394F, 36 pp.
- Steinhardt, T., 2001. Landschaftsökologische Untersuchungen an Standorten submerser Makrophytenvegetation im Salzhaff (Wismarbucht). Diplomarbeit, Universität Greifswald, 103 pp.
- Steinhardt, T. & U. Selig, 2007. Spatial distribution patterns and relationship between recent vegetation and diaspore bank of a brackish coastal lagoon on the southern Baltic Sea, *Estuarine Coastal and Shelf Science* 74: 205-214.
- Steinhardt, T. & U. Selig, 2008. Comparison of recent vegetation and diaspore banks along abiotic gradients in brackish coastal lagoons on the southern Baltic Sea. *Aquatic Botany*, submitted.
- Vedder, F., 2004. Morphologie und Taxonomie rezenter und subfossiler Characeen-Oosporen aus der Ostsee. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 13: 43-54.
- Zenker, A., 2003. Das Keimungsverhalten von *Chara canescens*. Diplomarbeit, Universität Rostock, 52 pp.