

Mareike MERTENS & Uwe SELIG

## **Vergleich von historischen und rezenten Makrophytenbeständen in den inneren Küstengewässern Schleswig – Holsteins**

**Comparison of historical and recent macrophytes in the inner coastal waters of  
Schleswig-Holstein**

### **Abstract**

Submerged vegetation was investigated in four coastal waters on the southern German Baltic Coast (Schleswig-Holstein). The recent vegetation was characterized investigated along transects. A number of 24 taxa were found and the depth distribution varied between 1 and 3 m. Based on the analysis of herbar specimen and literature the historical vegetation was reconstructed. By comparison of recent and historical submerged vegetation two main criteria were discussed as appropriate indicators of eutrophic degradation of the coastal waters: (1) the lower distribution depth of submerged vegetation and (2) the loss of charophyte-dominated vegetation. The results were used for development of a classification system of macroalgae and angiosperms according to the guidelines of the European Water Framework Directive.

**Keywords:** macrophyte, coastal water, classification, Water Framework Directive, eutrophication

## **1 Einleitung**

Die Küstengewässer der Ostsee stellen nicht nur einen Lebensraum mit einem Salzgradienten dar, sondern sind auch ein Puffer- und Filtersystem. So wird der aktuelle Gewässerzustand der Küstengewässer durch den erhöhten Eintrag von Nähr- und Schadstoffen aus Industrie, Landwirtschaft, Schiffsverkehr und Tourismus geprägt. Die anthropogenen Beanspruchungen haben zum Verlust der Selbstregulation und Pufferkapazität geführt. In Folge des Trophieanstiegs in den Küstengewässern kam es zu einer Veränderung in der Zusammensetzung der autotrophen Lebensgemeinschaften (Lüning 1985, Kautsky et al. 1986). Die Eutrophierung verursacht eine verstärkte Planktonentwicklung, welche wiederum zu einer Abnahme der Lichttransmission und damit zu einem Rückgang der benthischen Phytalgemeinschaft führt. Diese Algen und Angiospermen sind gezwungen sich in flache Gewässerbereiche zurückzuziehen, in denen sie mit Algen des Eulitorals in Konkurrenz treten. Erreichen sie dabei den suboptimalen Bereich, werden sie

verdrängt (Landesamt für Natur & Umwelt S-H 2003). Der Nährstoffanstieg fördert zudem schnell wachsende epiphytische filamentöse Arten, was wiederum zu einer verringerten Lichtverfügbarkeit führt (Dahlgren & Kautsky 2002). Nährstoff-Opportunisten, insbesondere annuelle fädige Feinalgen wie *Pilayella littoralis*, *Ceramium* spp., *Cladophora* spp., oder flächige Grünalgen wie *Enteromorpha* spp. und *Ulva* spp. sind bei erhöhtem Nährstoffangebot anderen Makrophyten durch schnelle Nährstoffaufnahme und sehr rasches Wachstum überlegen.

Mit der Verabschiedung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) und ihrem Inkrafttreten am 22.12.2000 wurde als Zielstellung das Erreichen eines mindestens „guten ökologischen Zustandes“ für alle natürlichen Oberflächengewässer bis zum Jahr 2015 genannt. Die Umsetzung dieser Richtlinie beruht, neben der Typisierung, auf der Erarbeitung von Bewertungsansätzen. Aus diesem Grund wurde für die „Makroalgen und Angiospermen“, als eine Bewertungskomponente der EU-WRRL, durch das BMBF- Projekt ELBO ein Bewertungsansatz für die inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns erstellt (Schubert et al. 2003). Im Rahmen einer Diplomarbeit (Mertens 2006) sollte die rezente Vegetation in den inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins erfasst werden und als Datengrundlage eine Überprüfung des Bewertungsansatzes für Mecklenburg-Vorpommern ermöglichen.

## 2 Untersuchungsgebiete

Alle Untersuchungsgewässer liegen im Schleswig-Holsteinischen Hügelland des Norddeutschen Jungmoränenlandes. Landseitig von Ausläufern der Endmoräne umrahmt, entstanden sie aus Gletscherzungenbecken des pleistozänen Glazialreliefs. Die Abbildung 1 kennzeichnet die Lage der Untersuchungsgebiete entlang der Küstenlinie Schleswig-Holsteins.

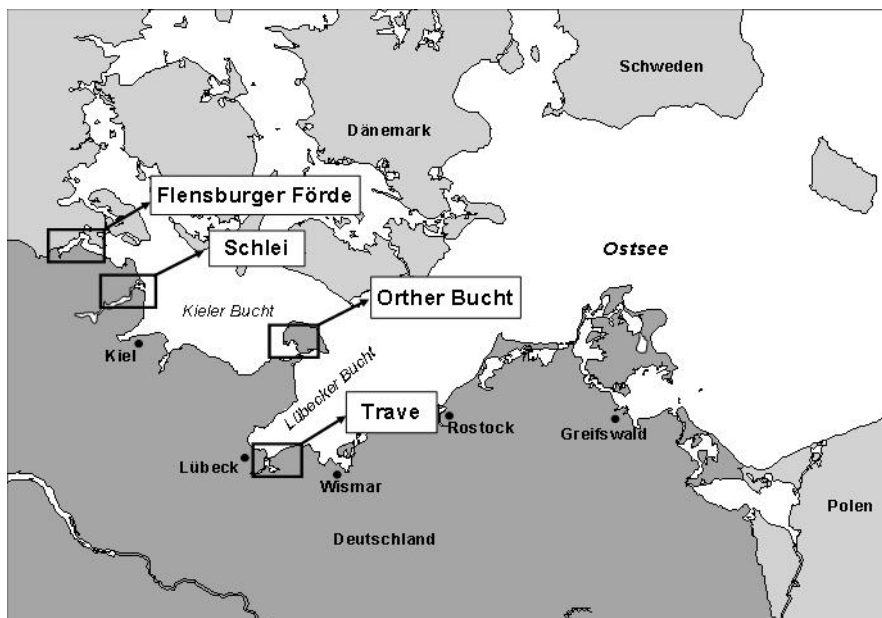


Abb. 1 Lage der Untersuchungsgewässer

Die inneren Küstengewässer Schleswig-Holsteins unterscheiden sich hinsichtlich der Morphologie von den inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns (Tabelle 1). So werden die Gewässer nicht oder nur durch kleinere Süßwasserzuflüsse gespeist und gehören dem Küstentyp „Förden“ an, welcher durch schmale und tiefe Zungenbecken geprägt ist (Schlungbaum & Baudler 2000). Die Untersuchungsgewässer im westlichen Teil der südlichen Ostseeküste unterscheiden sich hinsichtlich einem geringen Küstenausgleich (Geltinger Bucht) bzw. einem relativ starken Küstenausgleich (Schlei, Untertrave).

**Tab. 1** Morphometrische Kenngrößen der inneren Küstengewässer Schleswig-Holsteins – Angaben aus Schlungbaum & Baudler (2000) sowie Krech (2003)

	<b>Flensburger Förde</b>	<b>Schlei</b>	<b>Orther Bucht</b>	<b>Untertrave</b>
Wasserfläche [km <sup>2</sup> ]	330	54	1,8	26
max. Tiefe [m]	38	13	4	20
mittl. Tiefe [m]	15	3	2	5,5
Wasservolumen [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	4.940	160	keine Angaben	128
Einzugsgebiet <sup>3</sup> [km <sup>2</sup> ]	330	667	keine Angaben	2.666
Süßwasserzufluss [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup> ]	200	307	keine Angaben	400

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen fanden im Juli und August 2004 in der Geltinger Bucht (als Teil der Flensburger Förde), Orther Bucht, Schlei (Äußere Schlei) und Untertrave statt. Die Beprobung erfolgte in den Tiefenstufen 0,25; 0,50; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5 und 3 m (bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Vegetation). Pro Tiefenstufe wurden vier parallele Vegetationsaufnahmen (1x1 m<sup>2</sup> Kartierungsrahmen) durchgeführt. Die Rahmenfläche war in vier Quadrate von je 0,25 m<sup>2</sup> unterteilt. In jedem Teilquadrat wurde die Artmächtigkeit der Makrophyten und Makroalgen nach der kombinierten Abundanz-Dominanz-Skala von Braun-Blanquet (1964) zugeordnet, sowie die Gesamtbedeckung und das Vorhandensein von Hartsubstrat (Steine) in Prozent abgeschätzt. Insgesamt wurden 192 Vegetationsaufnahmen durchgeführt.

#### 3.2 Analyse historischer Daten

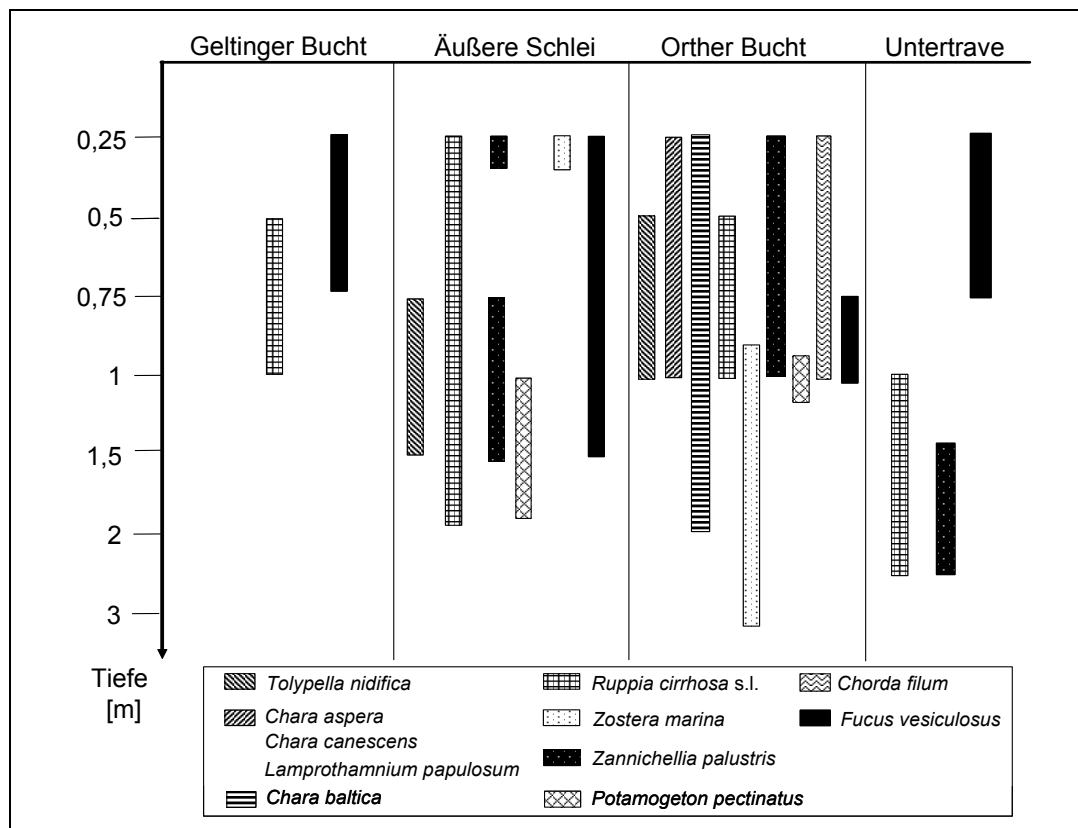
Analog zu den Untersuchungen für die inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns (Blümel et al. 2002) erfolgte eine aufwendige Recherche über historische Daten zu den Makrophytenbeständen. Dazu wurden elektronische Datenbanken von Kühlenkamp (Auftrag des LANU 2003), in welchem die Herbarien

des Institutes für Meereskunde Kiel (IFM) und des Botanischen Instituts in Kiel zusammengefasst sind, sowie eine Datenbank des MAKOMA Projekt (Rieling et al. 2004) ausgewertet. Die Angaben wurden durch eigene Literaturrecherchen ergänzt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vergleich der rezenten Vegetation mit historischen Daten

Insgesamt wurden in den vier Untersuchungsgewässern rezent 24 Arten gefunden, wovon 11 wurzelnd bzw. am Substrat verankert waren. Die Artenzahl variierte dabei sehr stark sowohl zwischen den Untersuchungsstandorten als auch innerhalb eines Transektes. Die Abbildung 2 gibt die Tiefenverbreitung von Charophyten, Spermatophyten und Phaeophyten in den Untersuchungsgewässern wieder. Die untere Verbreitungsgrenze der Vegetation variiert zwischen 1 und 3 m in den Transekten. Diese wurde in den Gewässern von Spermatophyten gebildet, während Characeen und auch *Fucus vesiculosus* überwiegend in den flacheren Bereichen vorzufinden waren.



**Abb. 2** Tiefenverteilung ausgewählter Arten in den Untersuchungsgewässern (Vegetationskartierung 2004).

Im flachen Geltinger Noor als Teil der Geltinger Bucht (Flensburger Außenförde) konnten 7 Arten, überwiegend epilithische Algen nachgewiesen werden. Der Transekt zeichnet sich durch eine durchgehende Vegetationsbedeckung bis 1 m Tiefe aus. Mit dem Rückgang von Hartsubstraten dominiert ab einer Tiefe von 0,5 m

*Ruppia maritima*, als einzige wurzelnde Art. Vergleicht man die vorgefundenen Arten mit den historischen Belegen kann festgestellt werden, dass keine der drei historisch belegten Characeen rezent vorgefunden wurden (Tabelle 2). Des Weiteren fehlen für die Geltinger Bucht Angaben zum Vorkommen von Spermatophyten bis 1950. MARILIM (1996-2000) fand *Zostera marina* bis in 6 m Tiefe vor. Lakowitz (1929) belegt das Vorkommen von *Fucus serratus* bis in 6 m Tiefe, wohingegen *Fucus* spp. im Rahmen des Flachwassermonitoring (MARILIM 1996-2001) nur noch bis in maximal 4 m Tiefe beschrieben wurde. Im Untersuchungstransect wurde *Fucus vesiculosus* lediglich bis in 0,75 m Tiefe vorgefunden (Abbildung 2).

**Tab. 2** Charophyta, Spermatophyta und ausgewählte Phaeophyta und ihre maximalen Verbreitungstiefen [m] in den Untersuchungsgewässern Geltinger Bucht und Äußere Schlei. Die Kennzeichnung mit x bedeutet, dass zu den Belegen keine Tiefenangaben vorhanden sind.

Arten		Geltinger Bucht				Äußere Schlei			
		vor 1900	1900- 1950	1951- 2000	2004	vor 1900	1900- 1950	1951- 2000	2004
Charophyta	<i>Chara aspera</i>	X	X				X		
	<i>Chara baltica</i>	X				X	X		
	<i>Lamprothamnium papulosum</i>	X	X						
	<i>Tolypella nidifica</i>						4		1,5
Spermatophyta	<i>Phragmites australis</i>					1	0,25	0,25	0,25
	<i>Potamogeton pectinatus</i>								2
	<i>Ruppia cirrhosa</i>				1			2	
	<i>Ruppia maritima</i>								2
	<i>Zannichellia palustris</i>			6		2	2		1,5
	<i>Zostera marina</i>					2	4	2	0,25
	<i>Zostera noltii</i>							X	
Phaeophyta	<i>Chorda filum</i>			6		1	4		
	<i>Fucus serratus</i>		6				5	X	
	<i>Fucus</i> sp.			4					
	<i>Fucus vesiculosus</i>				0,75	0,3	4	X	1,5
	<i>Halosiphon tomentosus</i>								1
	<i>Laminaria fexicaulis</i>	6	X						
	<i>Laminaria saccharina</i>					4			
	<i>Pilayella littoralis</i>								1

An den Untersuchungsstandorten der Äußeren Schlei konnten insgesamt 16 Arten nachgewiesen werden. *Tolypella nidifica* siedelt bis in 1,5 m Tiefe, während Hoffmann (1937) die Art zwischen 2 und 4 m Tiefe für Schleimünde erwähnt (Tab. 2).

Auf 0,25 m Tiefe dominieren epilithische Algen, während zwischen 0,75 und 1,5 m Tiefe Spermatophyten das Vegetationsbild bestimmen. Gegenüber den

Beobachtungen von Magnus (1875) und Hoffmann (1937) wurde der ursprünglich durch das Seegrass *Zostera marina* besiedelte Litoralbereich in den aktuellen Vegetationsaufnahmen durch *Ruppia maritima* dominiert. Das Vorkommen von *Zannichellia palustris*, *Potamogeton pectinatus* und *Fucus vesiculosus* konnte bestätigt werden (Tabelle 2). Während *Fucus vesiculosus* im Untersuchungsgewässer bis in 1,5 m gefunden wurde, erwähnt Hoffmann (1937) die Art bis in maximal 4 m Wassertiefe (Maasholmer Breite und Schleimünde). Nach Hoffmann (1937) wuchs *Fucus serratus* in der Äußeren Schlei unterhalb von *Fucus vesiculosus* zwischen 3 und 5 m Tiefe. In den aktuellen Kartierungen wurde die Art nicht gefunden. Im Untersuchungsgewässer fanden sich rezent außerdem die epilithischen Algen *Chorda tomentosa*, *Desmarestia viridis*, *Polyides rotundus* und *Dasya baillouviana*, ein Neophyt.

**Tab. 3** Charophyta, Spermatophyta und ausgewählte Phaeophyta und ihre maximalen Verbreitungstiefen [m] in den Untersuchungsgewässern Orther Bucht und Untertrave. Die Kennzeichnung mit x bedeutet, dass zu den Belegen keine Tiefenangaben vorhanden sind.

Arten		Orther Bucht				Untertrave			
		vor 1900	1900- 1950	1951- 2000	2004	vor 1900	1900- 1950	1951- 2000	2004
Charophyta	<i>Chara aspera</i>	X	X	4	1	X			
	<i>Chara baltica</i>	X		1	1	X			
	<i>Chara canescens</i>			4	1				
	<i>Lamprothamnium papulosum</i>				1				
	<i>Tolypella nidifica</i>	X		6	1	6			
Spermatophyta	<i>Phragmites australis</i>						0,25	0,25	0,75
	<i>Potamogeton pectinatus</i>			4	1	4			
	<i>Ruppia cirrhosa</i>			X		4	X		1,5
	<i>Ruppia maritima</i>				1				2,5
	<i>Zannichellia palustris</i>			6	1		X		2,5
	<i>Zostera marina</i>			6	3	6	X		
Phaeophyta	<i>Chorda filum</i>			6	1				
	<i>Fucus serratus</i>		6						
	<i>Fucus sp.</i>	X						0,3	
	<i>Fucus vesiculosus</i>			6	1	4	0,25	1	0,75

Der Transekt in der Orther Bucht wies 13 Arten auf. Im Unterschied zur Geltinger Bucht dominieren wurzelnde Arten die Vegetationsaufnahmen. In der Orther Bucht wurde neben den in der Literatur beschriebenen Characeen *Chara aspera*, *C. baltica*, *C. canescens* und *Tolypella nidifica*, bei den Vegetationsuntersuchungen 2004 *Lamprothamnium papulosum* gefunden. Die Characeen bilden die dominante Gruppe bis zur kartierten Tiefengrenze von 1 m. *Chara baltica* und *Tolypella nidifica* siedeln bis in 2 m Tiefe, gefolgt von *Zostera marina* mit durchgehender Bedeckung bis in 3 m Tiefe (Jegzentis 2005 sowie Fürhaupter & Meyer 2005). Das Arteninventar der Vegetationskartierung 2004

unterscheidet sich nicht wesentlich von der historisch beschriebenen Vegetation (Tabelle 3). Historische Angaben zur Tiefenverbreitung von Characeen und Spermatophyten fehlen für die Zeiträume 1851-1900 und 1901-1950. Im Transekt wurde *Fucus vesiculosus* lediglich bis in 1 m Tiefe angetroffen. In anderen Teilen der Orther Bucht siedelte die Art bis in 6 m Tiefe (MARILIM 2001). Nach Lakowitz (1929) kam *F. serratus* bis in 6 m Tiefe vor.

An den Untersuchungsstandorten der Untertrave wurden insgesamt 8 Arten kartiert. Die Spermatophyten *Zannichellia palustris* und *Ruppia maritima* wurden bis in 2,5 m Tiefe vorgefunden. Tatsächlich aber geben historische Funde eine Besiedlung durch *Zostera marina* (Lenz 1878) bis in 6 m Tiefe bzw. durch *Potamogeton pectinatus* und *Ruppia cirrhosa* bis in 4 m Wassertiefe an. Während Sonder (1890) das Vorkommen von *Chara aspera*, *C. baltica* und *Tolypella nidifica* für die Untertrave beschrieb, konnten rezent keine Characeen gefunden werden. *Enteromorpha intestinalis* siedelt rezent maximal bis in 1 m Tiefe. Die Grünalge *Cladophora* sp. schließt sich auf 1,5 m Tiefe an. Angaben für Makroalgen zwischen 1901 und 1950 fehlen. *Fucus vesiculosus* wurde nur im flachen Wasser bis in eine Tiefe von 0,75 m angetroffen. Dies stimmt mit Angaben von Goersch (1989) überein, wonach die Art in der Pötenitzer Wiek nur noch im ufernahen Bereich siedelt (Abbildung 2). Lenz (1878) beobachtete *Fucus vesiculosus* bis in 4 m Wassertiefe.

## 5 Diskussion

### 5.1 Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze als Degradationsparameter

Das Wachstum submerser Makrophyten sowie Makroalgen ist von der Lichtverfügbarkeit abhängig (Lampert & Sommer 1999). Demnach stellt die Lichtlimitation einen entscheidenden Faktor für die Tiefenausbreitung der submersen Vegetation dar. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem Vergleich zwischen rezentem und historischem Makrophytenvorkommen diskutiert.

#### Flensburger Förde

Anhand von Untersuchungen an schwedischen Küstengewässern wird ein genereller Rückgang der Tiefenverbreitung von Characeen in der Ostsee angenommen (Blindow et al. 2004). Diese Beobachtung kann für die Geltinger Bucht bestätigt werden. So ist eine Besiedlung nur bis 1929 belegbar. Während der Vegetationskartierungen 2004 konnten keine Characeen nachgewiesen werden. Aufgrund fehlender historischer Angaben zum Vorkommen von Spermatophyten in der Geltinger Bucht lassen sich keine Aussagen zur Verschiebung der unteren Verbreitungsgrenze treffen. Im Gegensatz dazu ist für *Fucus* sp. ein Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze belegbar. Entsprechendes beschreiben Bock et al. (2004), wonach *Fucus* sp. um 1950 noch bis in 9 m Tiefe entlang der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vorkam. Rezent wurde *Fucus* sp. nur bis in 3 m Tiefe nachgewiesen.

## Äußere Schlei

Vergleicht man die rezenten Vorkommen mit den historischen Belegen, so kann ein Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze für *Tolypella nidifica* festgestellt werden. Außerdem konnte das historisch beschriebene Vorkommen von *Chara aspera* und *Chara baltica* rezent nicht bestätigt werden. Ebenso muss ein Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze für *Fucus vesiculosus* angenommen werden. Das Fehlen von *Fucus serratus* in den aktuellen Kartierungen stützt diese Annahme. Eine Verschiebung der unteren Verbreitungsgrenze der Spermatophyten ist anhand historischer und rezenter Tiefennachweise aufgrund der Datenlage nicht nachzuvollziehen. Ursache für den Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze ist der Trophieanstieg ab Mitte des 19. Jahrhunderts, durch die Einleitung unbehandelten Abwassers aus Städten und Industrieanlagen und dem erhöhten Eintrag von Düngemitteln. Das Landesamt für Natur und Umwelt S-H (2001) gibt gegenwärtig als zentrales Problem der Schlei die permanente Überversorgung mit Phosphor aus den Faulschlammablagerungen im Bereich der Inneren Schlei an (gewässerinterne Düngung).

## Orther Bucht

Die Orther Bucht ist mit fünf rezenten Arten das Gewässer mit dem artenreichsten Characeen- Vorkommen. Historischen Belege und die Vegetationskartierungen 2004 können keinen Aufschluss über einen Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze der Spermatophyten geben. Hinweise auf die Abnahme der Verbreitungstiefe für *Fucus vesiculosus* fehlen (MARILIM 2003). Während der Kartierung 2004 konnte die Art aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse nur bis in 1 m Tiefe bestätigt werden. Zudem fehlen am Standort Hartsubstrate zur Ansiedlung von *Fucus* sp.

## Untertrave

Eine Rekonstruktion der historischen Makrophytenvorkommen in der Untertrave ist nur bedingt durch die Auswertung von Literaturdaten möglich. Im Vergleich mit den anderen Untersuchungsgewässern wurden nur wenige Nachweise zum Vorkommen von Makrophyten in der Untertrave gefunden. Nachweise für die historisch beschriebenen drei Characeen- Arten fehlen für den Zeitraum nach 1950. Die aktuellen Vegetationskartierungen konnten ebenfalls keine Funde erbringen. Ein Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze für Spermatophyten muss angenommen werden. Gleiches gilt für *Fucus vesiculosus*. Grosch (1972) geht bei der Untertrave von einer gravierenden Veränderung in der Unterwasservegetation um 1900 aus. Die enorme Abwasserbelastung bzw. die in der Folge auftretenden Schlick- und Faulschlammablagerungen und der Ausbau der Trave zur Großschiffahrtsstraße werden als Ursachen benannt (Schorer 1882 zit. n. Grosch 1972, Dahlstein 1952 zit. nach Grosch 1972, Grosch 1972).

Der Vergleich zwischen den im Untersuchungsjahr 2004 vorgefundenen Verbreitungsgrenzen der Vegetation mit den zusammengestellten Daten der historischen Verbreitungsgrenzen belegt einen Rückgang der unteren



Verbreitungsgrenzen für alle Untersuchungsgewässer nach 1930, mit Ausnahme der Orther Bucht. Diese Bucht zeichnet sich durch einen regelmäßigen Wasseraustausch mit der Ostsee aus, welcher einer Akkumulation von Nährstoffen entgegenwirkt (Laursen 1982).

## 5.2 Ausfall von Arten als Degradationsparameter

### Charophyta

Die Auswertung der Herbarien und Literaturquellen ergibt eine Abnahme der Artenzahl bzw. den Verlust von Characeen für die Untersuchungsgewässer Geltinger Bucht, Äußere Schlei und Untertrave aufgrund der Eutrophierungsfolgen. Für die Küstengewässer Schleswig-Holsteins wird ein starker Rückgang von Characeen bereits ab 1890 und insbesondere bis 1980 als Folge der Eutrophierung beschrieben. Als Ursachen des Rückgangs der Characeen diskutieren Blindow et al. (2004) neben der verstärkten Gewässertrübung aufgrund der Eutrophierung, die Verbauung der Gewässer und den damit einhergehenden eingeschränkten Wasseraustausch und Salzgehaltsschwankungen, als auch die Besiedlung emergenter Vegetation und die Konzentration von Zugvögeln. Das Vorkommen von Characeen kann jedoch auch von natürlichen Störungsereignissen abhängen: Erst nach mechanischen Störungen (Sturm, Eisabrieb) und kalten Wintern entstandene freien Flächen, können noch vor Phanerogamen durch Characeen wieder besiedelt werden, welche als Diasporen im Sediment überdauert haben (Idestam-Almquist 1998).

### Spermatophyta

Für *Zostera marina* muss eine Abnahme der Besiedlungsdichte angenommen werden. So entsprechen die Beobachtungen von Magnus (1875) über „*Zostera*-Wiesen“ in der Äußeren Schlei nicht den Beständen von *Z. marina* während der Kartierung 2004. Für die Untertrave muss sogar ein Ausfall von *Zostera marina* angenommen werden: Mitte des 18. Jahrhunderts wurde die Untertrave bis ins untere Litoral durch *Zostera marina* besiedelt (Lenz 1878, zit. n. Goersch 1989). Petersen (1930/31, zit. n. Goersch 1989) und Schermer (1950) geben *Z. marina* Trave-einwärts noch bis in die Schlutuper Wiek an, während die Art bei den Vegetationskartierungen 2004 in der Untertrave nicht gefunden wurde. Nach Untersuchungen durch das Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten (1978) führte die hohe Nährstoffkonzentration in der Wassersäule zu einer erhöhten Primärproduktion, und Seegras, welches Ammonium hauptsächlich über die Blattspreiten und nur zu einem geringen Teil über die Wurzeln aufnimmt (Thursby & Harlin 1982) kann mit schnellwachsenden Algen nicht konkurrieren und geht in seiner Bestandsdichte zurück (Bohrer et al. 1995, Short et al. 1995).

Im Gegensatz zur Tiefenverbreitung bzw. Vorkommen von *Zostera marina* lassen sich für die anderen Spermatophyten (*Ruppia cirrhosa* s.l., *Zannichellia*

*palustris* und *Potamogeton pectinatus*) keine Veränderungen im Vorkommen aufzeigen.

## **Phaeophyta**

In Teilen der Äußeren Schlei und Untertrave ist *Fucus* sp. vermutlich durch die negativen Folgen der Eutrophierung zurückgegangen bzw. verschwunden. Eine mögliche Ursache für das Zurückweichen des Blasentanges aus der Inneren und Äußeren Schlei ist der Faulschlamm, welcher Siedlungsunterlagen wie Steine oder festen Untergrund überbedeckt (Landesamt f. Wasserhaushalt und Küsten 1978). Seit 1970 wird ein Rückgang im Vorkommen von *Fucus vesiculosus* und anderen auf Hartsubstrat siedelnden Arten in mehreren Regionen der Ostsee beobachtet. Dieser Rückgang wurde vermutlich hervorgerufen durch eine Zunahme der Trübung und der damit einher gehenden Verringerung der Tiefenausbreitung der Vegetation sowie durch eine Überdeckung durch filamentöse Algenmatten infolge der Eutrophierung (Kautsky et al. 1986, Rosenberg et al. 1990, Dahlgren & Kautsky 2002).

Während der Vegetationskartierungen 2004 wurden gezielt Weichboden-Standorte untersucht, welche nur einen geringen Hartsubstratanteil aufwiesen. Aus diesem Grund sind Rückschlüsse auf den Ausfall von epilithischen Algen nur begrenzt möglich.

## **5.3 Biomasseverteilung**

Neben der Artenzusammensetzung und den Verbreitungstiefen wird auch die Veränderung der Gesamtbiomasse als Degradationsanzeiger in limnischen Gewässern diskutiert (Stelzer 2003, Schiewer & Gocke 1996). Durch Mertens (2006) wurden auch Biomasseproben in den vier Untersuchungsgewässers entnommen und starke Schwankungen zwischen den Transekten eines Untersuchungsgewässers festgestellt. In der Äußeren Schlei variierte das Gesamtbiomasse- Trockengewicht zwischen  $137 \text{ g m}^{-2}$  und  $1568 \text{ g m}^{-2}$ . An den Standorten der Untertrave lag es zwischen  $70 \text{ g m}^{-2}$  und  $3526 \text{ g m}^{-2}$ .

Für die untersuchten Standorte liegen keine quantitativen historischen Angaben vor. Daher konnten diese Daten nicht bei den vergleichenden Betrachtungen einbezogen werden.

## **6 Zusammenfassung**

An ausgewählten inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins wurde die Übertragbarkeit des Klassifizierungsmodells ELBO M-V anhand der Komponente „Makroalgen und Angiospermen“ untersucht. Über die beiden Parameter „Rückgang der unteren Verbreitungsgrenze“ und „Ausfall von Arten“ wurde geprüft, ob eine Zustandsbewertung der Untersuchungsgewässer möglich ist. Mit Hilfe historischer Herbarbelege und Literaturquellen wurde der Referenzzustand für jedes Gewässer rekonstruiert. In Freilanduntersuchungen wurde die aktuelle Vegetation in ihrer Abundanz und Artzusammensetzung erfasst. Anhand des Vergleichs von aktuellen Vegetationsaufnahmen und historischen Funden wurden die Veränderungen der submersen Vegetation in drei Untersuchungsgewässern festgestellt. Danach stellen

Characeen für die Küstengewässer Schleswig-Holsteins sensitive Anzeiger für Eutrophierung dar. Die Untertrave, Äußere Schlei und Geltinger Bucht bieten aufgrund der fortgeschrittenen Eutrophierung bzw. der damit verbundenen Zunahme der Wassertrübung und Verschlechterung der Bodenbeschaffenheit nur noch wenige bzw. keine geeigneten Siedlungsräume für Characeen. Ein Rückgang der Verbreitungsgrenzen ist in den sehr flachen Gewässern nur teilweise diskutierbar, aber für *Fucus* sp. aufzeigbar. Die erhobenen Daten wurden genutzt um in Analogie zu Mecklenburg-Vorpommern ein Bewertungsverfahren für die Küstengewässer Schleswig-Holsteins zu erstellen und einen einheitlichen Ansatz für alle inneren Küstengewässer zu erarbeiten (Selig et al. 2007).

## Literatur:

- Blindow I, Garniel A, Munsterhjlm R & Nielsen R (2004) Chapter 6, Conservation and threats – Proposal of a Red Data Book for charophytes in the Baltic Sea. In: Schubert H, Blindow I (2004) Charophytes of the Baltic Sea. Baltic Marine Biologists Publication No. 19. Koeltz Scientific, Königstein.
- Blümel C, Domin A, Krause JC, Schubert M, Schiewer U & Schubert H (2002) Der historische Makrophytenbewuchs der inneren Küstengewässer der deutschen Ostseeküste. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 10: 5-112.
- Bock GM, Thiermann F, Rumohr H & Karez R (2004) Ausmaß der Steinfischerei an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. In: Jahresbericht Landesamt f. Natur und Umwelt S-H (2003), Flintbek, pp 111-116
- Bohrer T, Wright A, Hauxwell J & Valiela I (1995) Effect of epiphyte biomass on growth rate of *Zostera marina* in estuaries subject to different nutrient loading. The Biological Bulletin 189: 260 p
- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 2. Aufl. Springer, Wien. 631 p
- Dahlgren S & Kautsky L (2002) Distribution and recent changes in benthic macrovegetation in the Baltic Sea basins – A literature review. Dept. of Botany, University of Stockholm, 36 p
- Fürhaupter K & Meyer T (2005) Praxistest des Makrophytenmonitoring in den inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins. Bericht an das Landesamt für Natur und Umwelt SH, 32 p
- Goersch R (1989) Die Veränderungen im Zoo- und Phytobenthos der Untertrave –Vergleich 1988 mit früheren Erhebungen. Unveröffentlichte Diplomarbeit CAU Kiel, 90 p & Anhang
- Grosch UA (1972) Die Abwasserbelastung der Untertrave in den Jahren 1968, 1969 und der Einfluss der Abwässer auf das Makrobenthos des Ästuars. Dissertation CAU Kiel.
- Hoffmann C (1937) Die Pflanzenwelt. In: Neubaur, R & Jaeckel, S (Eds.): Die Schlei & ihre Fischereiwirtschaft, Teil III. Schr. Nat.Ver. f. Schleswig-Holstein 22: 230-248.
- Idestam-Almquist J (1998) Temporal and spatial variation of submersed aquatic plants in the Baltic Sea. Doctoral dissertation. Department of Botany, Stockholm University.
- Jegzentis K (2005) Vegetationsstruktur von Seegrasbeständen (*Zostera marina* L.) entlang der deutschen Ostseeküste. Fachbereich Biologie. EMAU Greifswald.
- Kautsky N, Kautsky H, Kautsky U & Waern M (1986) Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* (L.) since the 1940's indicates eutrophication of the Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 28: 1-8.
- Krech M (2003) Leitbildorientierte Bewertung und Analyse der ökologischen Beschaffenheit der inneren Küstengewässer im südlichen Ostseeraum sowie Möglichkeiten ihrer Verbesserung als Grundlage für die fachliche Umsetzung der EU-WRRL. Dissertation Universität Rostock, 173 p
- Lakowitz K (1929) Die Algenfora der gesamten Ostsee. Westpr. Bot.-Zool. Ver. Danzig.
- Lampert W & Sommer U (1999) Limnoökologie. Thieme. Stuttgart. 489
- Landesamt f Wasserhaushalt und Küsten (1978) Die Schlei. Bericht über die Untersuchung des Zustandes und der Benutzung von August 1974 bis Dezember 1977. Band 1. Durchführung und Auswertung. Kiel, 271 p
- Landesamt f Natur und Umwelt S-H (2001) Ergebnisse langjähriger Wasseruntersuchungen in der Schlei: eine Informations- und Planungsgrundlage Kiel, 18 p

- Landesamt f Natur und Umwelt S-H (2003) Flachwasser-Monitoring: Monitoring der Lebensgemeinschaften im flachen Sublitoral der Ostseeküste Schleswig- Holstein, Bearbeiter MARILIM, Kiel.
- Laursen MB (1982) In: Sønderjyllands Amtskommune (1983) Vegetationsuntersuchungen Flensburger Förde 1982. Tønder.
- Lüning K (1985) Meeresbotanik: Verbreitung, Ökophysiologie und Nutzung der marinen Makroalgen. Georg Thieme Verlag Stuttgart/New York.
- Lüning K (1990) Seaweeds: their environment, biogeography and ecophysiology. Wiley. New York.
- Magnus P (1875) Bericht über die botanischen Untersuchungen der Schlei vom 7-10.06.1874 – Verh. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 17: 1-8.
- MARILIM (1996-2003) In: Landesamt f Natur und Umwelt S-H (2003) Flachwasser-Monitoring: Monitoring der Lebensgemeinschaften im flachen Sublitoral der Ostseeküste Schleswig-Holstein, Bearbeiter MARILIM, Kiel.
- Mertens M (2006) Landschaftsökologische Untersuchungen zu Makrophyten (einschließlich Makroalgen) in ausgewählten inneren Küstengewässern Schleswig-Holsteins. Fachbereich Landschaftsökologie und Naturschutz. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.
- Rieling T, Schubert M & Schubert H (2004) Entwicklung eines Monitoringschemas für die Außenbereiche der deutschen Ostseeküste – Makrophytobenthos (MAKOMA-Projekt). Forschungsbericht der Universität Rostock im Auftrag des LANU & LUNG. 35 p
- Rosenberg R, Elmren R, Flescher S, Jonsson P & Dahlin H (1990) Marine eutrophication, Case Studies in Sweden. Ambio 19 (3): 102-108.
- Schermer E (1950) Hydrobiologische Untersuchungen im Travegebiet-Teil I. Forsch. Geogr. Lübeck, Heft 42.
- Schiewer U & Gocke K (1996) Ökologie der Bodden und Förden. pp 216-221. In: Rheinheimer G (Eds.): Meereskunde der Ostsee, 2. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- Schlungbaum G, Baudler H, Krech M & Kwiatkowski B (2000) Die Darß-Zingster Bodden – eine Studie. Hrsg. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. 209p
- Schubert H, Blümel C, Eggert A, Rieling T, Schubert M & Selig U (2003) Entwicklung von leitbildorientierten Bewertungsgrundlagen für innere Küstengewässer der deutschen Ostseeküste nach der EU-WRRL. - BMBF Forschungsbericht FKZ 0330014, 167 p
- Selig U, Schories D, Schubert M, Blümel C & Schubert H (2007) Ecological classification of macroalgae and angiosperm communities of inner coastal waters in the Southern Baltic Sea. Ecological Indicator 7: 665-678..
- Short FT, Burdick DM & Kaldy III JE (1995) Mesocosm experiments quantify the effect of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina*. Limnology and Oceanography 40: 740-749.
- Sonder C (1890) Die Characeen der Provinz Schleswig-Holstein und Lauenburg nebst eingeschlossenen fremden Gebietsteilen. Dissertation. Universität Rostock. Kiel.
- Stelzer D (2003) Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung - Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Dissertation. TU Berlin.
- Thursby GB & Harlin MM (1982) Leaf root interaction in the uptake of ammonia by *Zostera marina*. Marine biology 72: 109-112.

## **Autoren:**

Mareike Mertens  
Anklamerstraße 25 A  
17489 Greifswald

Uwe Selig  
Universität Rostock  
Institut für Biowissenschaften, Ökologie  
Albert-Einstein-Strasse 3  
18051 Rostock

email: mareike-80@gmx.de

email: uwe.selig@uni-rostock.de