

Rolf KAREZ & Dirk SCHORIES

## **Die Steinfischerei und ihre Bedeutung für die Wiederansiedlung von *Fucus vesiculosus* in der Tiefe**

**Stone extraction and its importance for the re-establishment of *Fucus vesiculosus* along its historical reported depths**

### **Abstract**

The glacial deposits represent the main hard substrata for macroalgae development in the Baltic Proper. The limited data from the Baltic Sea have until recently hindered investigation about the importance of these deposits for long-term establishment of specific macroalgae communities. Between 1850 and 1970 stone extraction ('stone fishery') were an important source of money income for the local fishery and industry. Large stones were craned with assistance from divers and used for port and road construction. At least 3.5 million tons of stones were extracted in ecologically sensitive areas along the coast of Schleswig-Holstein. *Fucus* spp. declined from 1950 to 1990 by nearly 95 % in the Kiel Bight due to eutrophication and loss of habitat. While the bladder wrack *Fucus vesiculosus* is still abundant in the upper 2 meters of the littoral zone, it lacks in all other historical reported depths up to 8 ms. Most probably, *Fucus* will be one of the target species for the new EU Water Framework Directive; however the man-made absence of glacial deposits in wide areas of the near-shore environment may complicate the calculation of depth zonation of *Fucus* in future monitoring programs. The authors discuss the loss of habitat due to stone fishery as well as the potential for the re-establishment of *Fucus* below its current depth zonation. It is challenged if *Fucus* is able to spread out without (1) the insertion of additional substrata or (2) artificial transplantation from the uppermost eulittoral zone.

**Keywords:** *Fucus vesiculosus*, stone extraction, Water Framework Directive, re-establishment, eutrophication

## **1 Einleitung**

Die flacheren Bereiche der deutschen Ostsee, besonders Schleswig-Holsteins, wurden durch die historische Steinfischerei, also durch die kommerzielle Entnahme großer Steine und Findlinge, massiv in ihrer Sediment- und damit Besiedlungsstruktur verändert. Für Naturschutz- und Umweltbehörden im Ostsee-Küstenbereich sind

Hartsubstrate in der Ostsee, beziehungsweise deren Fehlen, in mindestens drei Zusammenhängen von Bedeutung. Zum ersten wird, zumeist von Tauchvereinen, regelmäßig der Wunsch an die Behörden herangetragen, durch Einbringen von künstlichen Hartsubstraten (z.B. Reefballs) den oft eher einförmigen Sand- oder Schlickboden durch Hartbodenflora und -fauna sporttaucherisch interessanter zu gestalten. Dabei sollen z.T. auch Fischbestände ein Refugium erhalten oder Miesmuschelbänke den erforderlichen Untergrund für die Larvalansiedlung. Zum zweiten sind verschiedentlich künstliche Riffe aus Naturstein im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen aufgeschüttet worden. Diese bieten, durch Wiedergutmachen der Folgen der Steinfischerei im kleinen Maßstab, eine Gelegenheit, Verursachern einen konkreten Ausgleich für ihre Eingriffe anzubieten. Diese Maßnahmen wurden in Einzelfällen (z.B. Steinriffe bei Falckenstein, Wik, Flensburger Förde (Tab. 1)) schon durchgeführt, jedoch existiert noch kein standardisiertes Verfahren, um z.B. wirklich geeignete Ausgleichsflächen zu ermitteln. Drittens verlangt auch die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) eine Auseinandersetzung mit dem Fehlen von Hartsubstrat in der Ostsee. Die WRRL fordert die Erreichung eines mindestens „guten ökologischen Zustandes“ auch der Küstengewässer bis zum Jahr 2015. Der gute Zustand orientiert sich dabei an einem „sehr guten“ Zustand, dem so genannten Referenzzustand, der aus einem historischen Leitbild entwickelt werden soll. Für die photische Zone der Ostseeküste bedeutet diese Zielerreichung aber ein erhebliches Problem, da die Makroalgenphytalen, die vor etwa 100 Jahren noch viele Küsten der Ostsee dominierten, heute nicht genügend Hartsubstrat zur Verfügung hätten, um selbst bei Rückgang der Eutrophierung entsprechend dichte Bestände wieder aufzubauen.

Aus diesen Gründen ist eine Beschäftigung mit dem Thema ‚Hartsubstrate in der Ostsee‘ heute unumgänglich, und wir müssen uns daher im Einzelnen fragen:

- Welchen Umfang hatte die Steinfischerei?
- Welche Gebiete waren besonders betroffen und in welcher Tiefe wurden Steine entnommen?
- Welchen Anteil an der Gesamtmenge von Hartsubstraten hat die Steinfischerei entnommen?
- In welchem Umfang werden Hartsubstrate natürlich nachgeliefert?
- Wie viele Hartsubstrate gegenüber der historischen Menge stehen heute zur Verfügung?
- Welche Auswirkung hatte die Steinfischerei auf Makroalgenbestände?
- Sind Wiedereinbringungen von Hartsubstraten nötig und sinnvoll, und wenn ja, wo, mit welchen Substraten und in welchem Umfang sollte dies geschehen?
- Welchen Erfolg bei der Wirkung von wiedereingebrachten Substraten auf die Ansiedlung von Makroalgen können wir unter den heutigen Bedingungen erwarten?

Den Antworten auf diese Fragen soll der vorliegende Beitrag nachspüren.

**Tab. 1** Übersicht der in die deutsche Ostsee eingebrachten künstlichen Riffe. AGM = Ausgleichsmaßnahme, F = Förderung von Fischbeständen, TT = Tauchtourismus, KF = Kieler Förde. (Angaben aus den genannten Berichten und aus persönlichen Mitteilungen)

Ort	Initiator/ Errichtung	Tiefe [m]	Substrat	Größe und Struktur	Zweck	Literatur
Falckenstein, KF	Umweltschutz- amt Stadt Kiel 2001 (2005)	4 – 7	ca. 250 Steine, je ca. 1 m ø bzw. 1,5 t (Ergänzung um weitere 270 Steine in 2005)	50 x 4 m, gestapelt mit Höhlen	AGM	KUNZ 2004; v. JUTERZENKA & SCHMID 2004
Wik KF	Umweltschutz- amt Stadt Kiel 1995-2001	2	157 Findlinge, je ca. 1,5 t	gestapelt mit Höhlen	AGM	v. JUTERZENKA & SCHMID 2004
Hasselfelde KF	Umweltschutz- amt Stadt Kiel 2000-2001	1-8	Bunker-Trümmer alter Beton	ca. 3.000 m <sup>2</sup> (in Kombi- nation mit angelegter Flachwas- serzone und Uferzone)	AGM	HEISE et al. 2001
Flensburger Innenförde	Stadt Flensburg 2001	7-9	118 t norwegischer Syenit, Findlinge mit 50-100 cm ø	ca 8 x 14 m, gestapelt, 3 m hoch	AGM	BARNEKOW 2004
Dänisch Nienhof  Schönberg  Suhrendorf	LANU und Leib- niz-Institut f. Meeresw.	2,5	Pro Standort:  5 t = 350 Steinqua- der 20 cm Kanten- länge	Pro Standort:  6 Einzel- flächen á ca. 6 m <sup>2</sup> mit versch. Mus- tern	wiss. Test von AGM	ROHDE 2004
Hörn-Süd KF	Umweltschutz- amt Stadt Kiel	0,5	Steine	ca 5.300 m <sup>2</sup> (in Kombina- tion mit Bö- schung)	AGM, F	He- rings- laich- platz
Timmendorfer Strand	Sea Life Center 1998	8	60 t Felsblöcke aus Öresund (je 0,3-0,5 m <sup>3</sup> )	17 x 3 m, 1,5 m hoch	Rena- turie- rung, TT	VOCE in prep.
Seebade- anstalt Holte- nau, KF	MariLim; Kiel 2001	4-5	12 BayBalls* (Beton- Halbschalen)		TT	
Falckenstein, KF	Baltic Dive Cen- ter 2001-2002	14	25 ReefBalls* (Beton- Halbschalen)		TT	
Nienhagen bei Rostock	Verein Fisch und Umwelt M.-V. 1996 2003	11-12	diverse Strukturen (Steine, Röhren, Netze, Tetrapoden, Ringe, Kegel)	Gesamt- fläche 4 ha	F, wiss. Un- ters., TT	MOHR & SCHULZ 2003

## 2 Die historische Steinfischerei in Schleswig-Holstein

Von etwa 1800 bis 1974 wurden an der schleswig-holsteinischen Küste kommerziell Steine gefischt. Über das Ausmaß gab es bisher nur wenige, weit auseinander liegende Schätzungen und keine zusammengefasste Übersicht über die Größenverteilung der entnommenen Steine und über die besonders betroffenen Gebiete. Die Schätzungen der Menge der gefischten Steine erstreckten sich von 1,5 Mio. t zwischen 1930-1970 in der Kieler Bucht (BREUER & SCHRAMM 1988) bis zu 100 Mio. t (= 100 km<sup>2</sup> Siedlungsfläche) in 2-15 m Wassertiefe zwischen 1920-1965 in der gesamten Ostsee (ZANDER 1991). Um hier zu genaueren Erkenntnissen zu gelangen, hat das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) 2003 eine Studie in Auftrag gegeben, in der über die noch verfügbaren Quellen das Ausmaß der Steinfischerei möglichst ortsgenau ermittelt werden sollte (BOCK 2003, BOCK et al. 2004). Diese Studie hat v.a. durch Zeitzeugenbefragungen und Tonnagen von Steinfischerei-Booten Werte ermittelt, die mit 3,5 Mio. Tonnen Gesamtmenge in der schleswig-holsteinischen Ostsee deutlich unter der nur auf mündliche Mitteilungen einer Einzelperson begründeten Schätzung von ZANDER (1991) bleiben (Tab. 2).

Bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts war die Entnahme von Steinen in der Nähe des Ufersaumes gesetzlich verboten. Nach BOCK (2003) wurde in der Folgezeit offiziell in Tiefen von 6 – 20 m gefischt. Unterhalb von bestimmten Grenzen war das Ernten von Steinen erst ab einer Größe von 20 cm Durchmesser und nur für lizenzierte Steinfischer in bestimmten Gebieten erlaubt. Unterhalb von 20 m war die Steinfischerei technisch zu schwierig, um rentabel zu sein. Die Blütezeit der Steinfischerei war in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, 1974 wurde sie aus Unrentabilität noch vor ihrem Verbot im Jahr 1976 eingestellt.

**Tab. 2** Der schleswig-holsteinischen Ostseeküste entnommene Hartsubstrate. Die Gewichtsklassen und ihre Anteile nach Zeitzeugen. Weitere Berechnungen beziehen sich modellhaft auf kugelförmige Steine, von deren Oberfläche 25 % im Sediment stecken. Die Angaben können nur als grobe Abschätzung angesehen werden (aus BOCK 2003).

Gewichts- klasse		Durchmesser (Kugel)	Oberfl. (Kugel)	Volumen (Kugel)	Anteil	Stück	75 %-Oberfl. alle (km <sup>2</sup> )
Min (Mittel) Max (t)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)			
0.3 –(0.40)– 0.5	0.60 –(0.66)– 0.71	<b>1.37</b>	<b>0.15</b>	5	437.500	0.45	
0.5 –(0.75)– 1.0	0.71 –(0.81)– 0.89	<b>2.08</b>	<b>0.28</b>	15	700.000	1.09	
1.0 –(2.00)– 3.0	0.89 –(1.12)– 1.29	<b>4.01</b>	<b>0.75</b>	70	1.225.000	3.69	
3.0 –(4.00)– 5.0	1.29 –(1.42)– 1.53	<b>6.36</b>	<b>1.51</b>	10	87.500	0.42	
<b>Summe</b>					<b>2.450.000</b>	<b>5.65</b>	

Ehemals große und reiche Steinfelder, auf denen die Steine in Ausnahmefällen auch „in Haufen“ lagen, wurden nach Zeitzeugenaussagen völlig leergefischt. Teilweise wurden diese nach wenigen Jahrzehnten wieder aufgesucht und auch die in der Folgezeit freigespülten Steine geerntet. Bei all diesen Angaben ist davon auszugehen, dass auch illegal Steine aus flacheren, küstennäheren Bereichen gefischt wurden, so dass die von BOCK (2003) ermittelten Zahlen eher als konservativ anzu-

sehen sind. Hinzu kommen die (ab etwa 1883 illegalen) Entnahmen aus dem Flachwasserbereich für den Eigenbedarf der Bevölkerung.

Nach den Schätzungen von Bock (2003) wurden etwa 2,45 Mio. Stück Steine gefischt. Nach einem eigenen Berechnungsmodell (über Stückzahlen von Größenklassen statt über Anteile am Gesamtgewicht) ergeben sich etwa 1,8 Mio. Steine. Die Steine hatten Massen von etwa 0,3 – 5 t (entspricht 60 – 153 cm Kugeldurchmesser), wobei die Modalklasse bei Steinen von 1 – 3 t (89 – 129 cm) liegt (Tab. 2). Dies entspricht insgesamt etwa 5,6 km<sup>2</sup> für die Besiedlung u.a. durch Makroalgen verlorener Oberfläche. Diese stehen einer Gesamtfläche von etwa 1700 km<sup>2</sup> der Außenküste Schleswig-Holsteins im Bereich zwischen 6 und 20 m gegenüber. Neben der von Bock (2003) bearbeiteten legal-kommerziellen gab es noch illegale Steinfischerei sowie Entnahmen für den Privatgebrauch. Die Steinfischerei war nicht gleichmäßig über die Küste verteilt, sondern auf folgende Gebiete konzentriert (nach Bock 2003):

- Brodtener Ufer
- Walkyriengrund
- Nordostküste Wagriens (Dahmeshöved bis Fehmarn)
- Sagasbank
- Staberhuk bis Marienleuchte
- Nördlich Todendorf
- Nördlich Schönberg
- Bülk bis Dänisch Nienhof
- Stoller Grund
- Eckernförde bis Olpenitz

### 3 Heutige Mengen an natürlichen Hartsubstraten

Über die heute vorhandenen Mengen an Hartsubstraten existieren bisher nur ungenügende Angaben. Bei durch das LANU in Auftrag gegebenen Studien über die Verteilungen und unteren Verbreitungsgrenzen von Makrophyten (z.B. FÜRHAUPTER et al. 2003, MEYER et. al. 2004, REUTER 2004) hat sich gezeigt, dass oft das Fehlen entsprechender Hartsubstrate das tiefere Vorkommen von perennierenden Makroalgen, insbesondere von *Fucus* spp., verhindert und echte untere Verbreitungsgrenzen aus diesem Grund nur an wenigen Orten ermittelbar sind. Auch die Nennung von Steingründen in Seekarten war hierbei im Einzelfall keine verlässliche Angabe, um vor Ort taucherisch Steine zu finden und deren Besiedlung aufzunehmen.

Aus diesem Grund besteht zwischen dem LANU und dem Geologischen Institut der Universität Kiel eine Kooperation mit dem Ziel, die natürliche Nachlieferung von Steinen durch Erosion und die heutige Substratverteilung in der Ostsee zu ermitteln.

Seit Herbst 2003 führt das Institut für Geowissenschaften (IfG) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Auftrag des LANU eine Untersuchung der Hartsubstrate im schleswig-holsteinischen Teil der westlichen Ostsee durch. Bestandteil dieses Untersuchungsprogramms sind einerseits Abrasionsmessungen vor ausgewählten Steiluferebereichen, mit denen die Arbeiten des F&E Projektes „Einfluss der Steiluferabbrüche an der Ostsee auf die Prozessdynamik angrenzender Flachwasserbereiche“ fortgesetzt werden. Hiermit soll die Dynamik solcher Gebiete beurteilt und die

Freisetzung weiterer Hartsubstrate abschätzt werden. Des Weiteren sollen Seitensicht-Sonar-Aufzeichnungen, die im Hydroakustik-Archiv des IfG liegen, in Bezug auf „Steinvorkommen“ ausgewertet und die Ergebnisse visualisiert werden.

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen auf den Abrasionsflächen war, dass im Gegensatz zur bisherigen Meinung die Restsedimentdecken die Abrasion effektiv weder behindern noch unterbinden. Kiese und selbst Steine mit einer Größe von über 25 cm bewirken durch ihre Mobilität in den untersuchten Tiefen bis 6,5 m eine Tieferlegungen des Seegrundes von 1,2 – 4,6 cm pro Jahr.

Im Rahmen der Sidescan-Sonar-Auswertung wurden analoge Sonogrammschriebe der Jahre 1976 – 1992, die einer Gesamttransektlänge von weit über 1500 sm entsprechen, digitalisiert und zusammen mit den jüngeren digitalen Aufzeichnungen ausgewertet. Im Zuge der Auswertung wurde klar, dass es weder national, noch international Algorithmen oder Kriterien gibt, anhand welcher eine flächenhafte Mindestdichte von Steinen definiert werden kann, um sogenannte Steinfelder abgrenzen zu können. Ein möglicher Ansatz wurde im Rahmen dieser Untersuchungen vorgestellt (SCHWARZER 2004).

## **4 Künstliche Riffe in der deutschen Ostsee**

In der deutschen Ostsee gibt es mittlerweile eine Reihe durch den Menschen eigens zum Zwecke der biogenen Besiedlung eingebrachter Hartsubstrate. Diese stellen entweder Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe im Küstenbereich dar, sollen Fischen als Schutz und Laichplatz dienen, sind primär zu Forschungszwecken eingebracht worden oder dienen dem Tauchsport-Tourismus (s. Tab. 1).

Ob die eingebrachten Hartsubstrate ihren Zweck erfüllen, ist dabei von Fall zu Fall zu entscheiden. So sind z.B. die Reefballs bei Falckenstein bei der Ausbringung in eine zu große Tiefe auf Schlickgrund abgerutscht und daher nur mäßig besiedelt. Das Steinriff bei Falckenstein ist im Vergleich zu natürlichen Steinen nur verarmt besiedelt, das Flensburger Steinriff erleidet offenbar manchmal im unteren Bereich akuten Sauerstoffmangel und das Timmendorfer Steinriff scheint seine Struktur zu verlieren und zu versanden (div. mündl. Mitteilungen und BARNOW 2004, KUNZ 2004).

Eine echte Renaturierungsmaßnahme im Sinne der WRRL stellt jedoch keines der in Tab. 1 aufgeführten künstlichen Riffe dar. Die von Tauchern und ähnlichen Verbänden eher unter (tauch)touristischen Gesichtspunkten ausgebrachten Reefballs mit ihrem Hohlraum haben in der Ostsee kein Pendant in der Natur. Daher stellen sie keine geeignete Renaturierungsmaßnahme dar, obwohl diese Argumentation bei der Antragstellung oft aufgeführt wird. Das vergleichsweise große und durch intensive Forschung begleitete Riff aus verschiedensten Materialien und Formen (Röhren, Netze, Tetrapoden, Blöcke, Steine) bei Nienhagen soll als Schutzraum und Laichplatz die Fischbestände in der Ostsee fördern. Bereits nach einem halben Jahr wurden signifikant mehr Fische am Riff als in der Umgebung festgestellt (MOHR & SCHULZ 2003). Allerdings ist kaum davon auszugehen, dass das Riff in so kurzer Zeit den Fischbestand signifikant gefördert, sondern nur die schon vorhandenen Fische angezogen hat. Selbst durch die Felder aus natürlichem Gestein, als Ausgleichsmaßnahme ausgeführt, wird zumeist versucht, durch ein Übereinanderlegen der

Steine Höhlen zu schaffen, die wahrscheinlich in der pristinen westlichen Ostsee eher die Ausnahme waren. Hierzu gibt es zwar keine wirklich gesicherten Erkenntnisse, doch scheint dies angesichts des Verhältnisses der entnommenen Oberfläche zur maximalen Fläche des betroffenen Meeresbodens von etwa 5:1700 unrealistisch. Es ist daher anzunehmen, dass Steine verschiedener Größen (vergl. Tab. 2) auf dem Meeresboden verstreut lagen und ein durch die größere Eindringtiefe des Lichtes üppiges auf den Steinen siedelndes Phytal perennierender Makroalgen den Fischen Schutzraum und einer reichen assoziierten Flora und Fauna Siedlungsmöglichkeit bot.

Bei der Wahl des geeigneten Materials kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Flora- und Fauna-Arten fast jedes stabile Substrat (teilweise nach einem gewissen Aufbereitungsprozess der Oberfläche) besiedeln würden (z.B. WAHL & MARK 1999). Besonders mit dem Ziel der Förderung der Fischbestände wird daher weltweit eine Vielzahl von künstlichen Strukturen ins Meer versenkt. Die Palette umfasst Reefballs, Betonblöcke, Autoreifen, Bauschutt und Schrott bis hin zu Schiffswracks, Eisenbahnwaggons und ausrangierten Panzern. Diese bieten nicht nur Siedlungsoberfläche für Algen und sessile Tiere, sondern auch vielfältige Verstecke für Fische und Krebse. Aber hier liegt zum einen eine große Gefahr, dass unter dem Deckmantel der Naturförderung Müllentsorgung betrieben wird, zum anderen käme an Land auch (fast) niemand auf die Idee, Wälder und Wiesen z.B. mit alten Bussen vollzustellen, um Vögeln und Reptilien Schutz- und Nistplätze zu bieten, sondern entsprechende Maßnahmen werden so natürlich wie möglich gestaltet. Gesetzgeber und Regulierungsbehörden tun nach unserer Auffassung gut daran, solchem Ansinnen von vorneherein einen gesetzlichen Riegel vorzuschieben – wird ein künstliches Substrat genehmigt oder gar öffentlich gefördert, so gibt es von der Annahme des Substrats durch die Organismen her kein Argument mehr, nicht auch andere zu genehmigen (wenn diese nicht z.B. toxische Substanzen enthalten). Wenn Tauchvereine im Einzelfall kleinen Rahmen und auf eigene Kosten Reefballs ausbringen wollen, so richtet dies sicherlich keinen Schaden an, sondern kann diesen Tourismus und Wassersport auf wenige Orte kanalisieren und deren Naturkenntnis und damit –liebe fördern. Nach unserer Meinung sollten aber öffentlich gefördert und als Ausgleichs- oder Renaturierungsmaßnahmen nur Riffe aus natürlichen Steinen ausgebracht werden dürfen. Hierfür sehen wir allerdings unter den Vorgaben der WRRL einen starken Bedarf.

## 5 „*Fucus*“-Ökologie

### 5.1 Historische Bestandsentwicklung von *Fucus vesiculosus*

Erste Algensammlungen für den deutschen Teil der Ostsee gehen auf das Jahr 1819 (LYNGBYE 1819) zurück, aber erst Ende des 19. Jahrhunderts stellt REINKE (1889) einen umfassenden Überblick über die Algenflora und ihre Verbreitung entlang der westlichen Ostsee zusammen. *Fucus vesiculosus* ist die einzige dominante mehrjährige Großalge, die entlang der deutschen Ostsee vorkommt und selbst die geringen Salinitäten der nördlichen Ostsee erträgt (WALLENTINUS 1991, KAUTSKY et al. 1992). Der dramatische Rückgang von *Fucus* entlang der Kieler Bucht von ehemals 45.000 t auf 2.400 t wurde von VOGT & SCHRAMM (1991) anhand von histori-

schen Vorkommen aus den 50er, 60er und 70er Jahren beschrieben (HOFFMANN 1952, SCHWENKE 1969). Eine im Auftrag des LANU durchgeführte Kartierung aus dem Jahr 2003 bestätigt diese Angaben (FÜRHAUPTER et al. 2003). Bis auf wenige einzelne Individuen wird *Fucus* rezent lediglich oberhalb von 3 m Wassertiefe gefunden, während HOFFMANN (1952) noch 10 m als untere Verbreitungstiefe angibt. Das Fehlen bestimmter Makrophyten-Komponenten im Tiefenbereich der Ostsee beziehungsweise das Heraufwandern von Rotalgen in flachere Bereiche ist seit über zwanzig Jahren bekannt (BREUER 1989). Trotz Reduzierung der Nährstoffeinleitungen in die Ostsee, konnte dieser bedenkliche Zustand bisher nicht umgekehrt und eine Erhöhung der Sichttiefen erreicht werden (Tab. 3).

**Tab. 3** Historische und aktuelle Vorkommengrenzen einiger Makrophyten

Wassertiefe	Historische Grenze	Aktuelle Grenze	Quelle
Allgemeine Algen- untergrenze	20 m*	20 m	SCHWENKE 1964, 1965, 1969, BREUER 1989, SCHORIES et al. 2004
<i>Fucus vesiculosus</i>	10 m	2,00 m; 3,25 m; 3,80**m	SCHWENKE 1964, 1965, 1969, VOGT & SCHRAMM, 1991, FÜRHAUPTER et al. 2003, SCHORIES et al. 2004
<i>Zostera marina</i> (mittl. Tiefenbegrenzung)	8-10 m, vereinzelt bis 17m	6 m	REINKE, 1889; FELDNER, 1977, GRÜNDEL 1975, BREUER 1989; SCHORIES et al. 2004
Rotalgen-Obergrenze		1-2 m	BREUER, 1989, SCHORIES et al. 2004
<i>Laminaria saccharina</i> Obergrenze	4 m	3,50 m	SCHWENKE 1964, 1965, 1969, SCHORIES et al. 2004

\* Andere Tiefenangaben werden von den Autoren als fehlerhaft bezeichnet

\* in Einzelfällen wurde bei SCHORIES et al. (2004) *Fucus* noch bis in 6 m Wassertiefe gefunden

Für die erfolgreiche Umsetzung der WRRL und die damit gesetzlich verankerte mittelfristige Verbesserung des ökologischen Gesamtzustandes der Ostsee muss dieser bedenkliche Zustand deutlich verändert werden. Bei der damit verbundenen Abnahme an Phytoplankton und Detritus erhofft man sich auch eine Wiederansiedlung von *Fucus* bis hin zu den historisch bekannten Begrenzungstiefen.

## 5.2 Rekrutierungspotential von *Fucus vesiculosus*

Trotz aller Versuche die Steinfischerei in der Westlichen Ostsee zu quantifizieren, ist die Dunkelziffer illegaler Fischerei im küstennahen Bereich kaum abzuschätzen. So liegen nur wenige Angaben aus den Anfängen der Steinfischerei am Beginn des 19. Jahrhunderts vor. Wie anhand der Chronik des Ortes Burgstaaken (Fehmarn) deutlich wird, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Steinfischerei zunächst mit Flachbooten und Flößen in unmittelbarer Küstennähe betrieben wurde. Die Fischer segelten dabei möglichst nah ans Ufer oder direkt an Steinriffe heran und nahmen nur solche Steine auf, die ein Mann allein heben und ins Boot

befördern konnte. Erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts wandelte sich dann wie zuvor dargestellt das Bild.

Bevor man daher der Frage nachgeht, wie lange es noch dauern wird, bis *Fucus* die vorhandenen glazialen Restsedimente in bis zu 6 m Tiefe wiederbesiedeln wird, ist zu klären, ob ihre Verbreitungsstrategie eine Ansiedlung über größere Distanzen überhaupt zulässt. Es kann auch sein, dass durch die Steinfischerei eine kritische Menge an Steinen entfernt worden ist, so dass *Fucus*-Sporen die zu besiedelnden tiefer gelegenen Steine nicht erreichen können, da es ihnen an Siedlungsmöglichkeiten im dazwischen liegenden Bereich mangelt.

*Fucus vesiculosus* ist trotz des verminderten Salzgehaltes auch in der Ostsee hochgradig fertil. Einzelne Pflanzen können über 1000 Rezeptakel (CARLSON 1991) ausbilden, die Millionen von Gameten enthalten. An die drei Monate dauert das Heranreifen der Rezeptakel bevor die Gameten entlassen werden. Nach BERGER et al. (2001) pflanzt sich *Fucus* zu zwei Jahreszeiten in der Ostsee fort, zum einen im frühen Sommer, zum anderen im späten Herbst. *Fucus* entlässt seine Gameten an das umgebende Seewasser vor allem unter ruhigen Wetterbedingungen (SERRÃO et al. 2000). Während im Sommer vor allem kleinere Eier, dafür aber zahlreichere, produziert werden, sind sie im Herbst größer (BERGER et al. 2001). Unterschiede in dem Rekrutierungserfolg zwischen im Frühjahr bzw. Herbst produzierten Gameten und Eiern sind allerdings nicht bekannt.

Der Befruchtungsvorgang selbst wird nicht als kritische Größe in der Entwicklung von *Fucus* spp. angesehen (SERRÃO et al. 2000). Die Zygoten entwickeln sich, nachdem sie sich auf dem Substrat niedergelassen haben, in unmittelbarer Nähe der Eltern-Pflanzen (ALBRECHT 1995). Wie bei allen Arten mit hoher Eizahl ist die Sterblichkeit in der Anfangsphase extrem hoch. In diesem frühen Entwicklungsstadium entscheidet vor allem die Verfügbarkeit eines geeigneten Substrats über das weitere Schicksal der Zygoten, während das Überleben der Keimlinge von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst wird. In dichten *Fucus*-Beständen stellt die Beschattung der juvenilen Pflanzen durch die Elternpflanzen eine wesentliche Entwicklungsbarriere (VADAS et al. 1992) dar. Eine Erhöhung des Nährstoffangebotes führt zu einer verstärkten Ansiedlung bzw. Entwicklung von Epiphyten auf *Fucus* (WORM & SOMMER 2000). Diese schnell wachsenden Epiphyten sind zudem wesentlich toleranter gegenüber Sedimentation als *Fucus*-Keimlinge. So beeinträchtigen die hohen Phytoplanktondichten (HORSTMANN & HÜBEL 1996, THAMM et al. 2004) selbst die Entwicklung ideal platzierter Keimlinge im Tiefenbereich der Ostsee und erklären, warum es dort nicht zu einer Wiederbesiedlung kommen kann (ERIKSSON & JOHANSSON 2002). Da es in flacheren Gebieten kaum quantifizierbare Anzeichen für eine Abnahme von *Fucus* gibt, müssen die Gründe für dessen Rückgang in den Faktoren liegen, die sich über die Tiefe ändern. Hier ist vor allem das Lichtangebot und die Substratverfügbarkeit zu nennen. In Teilen von Mecklenburg-Vorpommern wird von Fischern und Hafenmeistern sogar über eine Zunahme von *Fucus* berichtet. Diese Beobachtung wird auf die eisfreien Winter zurückgeführt. Der Eisgang soll in früheren Jahren entsprechend das obere Litoral frei von perennierenden Makroalgen gehalten haben. Wir deuten das Verschwinden von *Fucus vesiculosus* in der Tiefe hingegen als klares Degradationskriterium, auch wenn biologische Interaktionen lokal von entscheidender Bedeutung sein können. Der Wegfraß von *Fucus* Keimlingen durch die Assel *Idotea baltica* sowie die Strandschnecke *Littorina littorea* verkomplizieren allgemeingül-

tige Voraussagen über die Entwicklungschancen von *Fucus*. Je nach Nahrungsangebot fressen die beiden Weidegänger direkt an den adulten *Fucus*-Pflanzen und weiden ihre Keimlinge ab oder reduzieren die Epiphyten-Biomasse auf ihnen (ENGVIST et al. 2000, KOTTA et al. 2000).

### 5.3 Erholung der Bestände versus Wiederansiedlung

Die Bewertung von Makroalgen-Populationen für die WRRL muss unter dem Gesichtspunkt erfolgen, dass langfristige Veränderungen in der mengenmäßigen Zusammensetzung von Populationen bis hin zu ihrem totalen Zusammenbruch normalen Schwankungen unterliegen. Diese können auf instabilen dynamischen Prozessen, Interaktionen oder auf demoskopischen Schwankungen beruhen (GÄRDMARK et al. 2003). Für die Kriterien eines Klassifizierungsansatzes für die WRRL sind vor allem die direkten und indirekten Veränderungen wichtig, die durch das Eingreifen des Menschen hervorgerufen worden sind. So hat der Mensch direkt durch die Steinfischerei in die substratbedingten von jeher dünnen Makroalgen-Bestände im oberen Eulitoral eingegriffen. Dieses Problem ist bereits vor über 100 Jahren wahrgenommen worden (REINKE 1896). Mit zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft und Industrialisierung erfolgte dann in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts der Wandel von einem Makrophyten dominierten System hin zu einem Plankton dominierten. Wir gehen davon aus, dass als Folge dessen *Fucus* aus dem Tiefenbereich verschwunden ist. Andererseits vermuten wir aber auch, dass eine Verbesserung des ökologischen Zustandes nicht mit der Wiederbesiedlung von *Fucus* im Tiefenbereich einhergehen wird, da die Dynamik stabiler Makroalgen-Gesellschaften vor allem über die Überlebensrate der adulten Pflanze gesteuert wird. Insbesondere bei den *Fucus*-Beständen ist anzunehmen, dass sie sich nicht wieder alleine in der Tiefe ausbreiten, wenn nicht unterstützende Maßnahmen in Form von Steinschüttungen in intermediären Bereichen sowie Labor-Anzuchten von juvenilen Pflanzen getroffen werden. Die Suche nach geeigneten kontinuierlich in die Tiefe hinabverlaufenden Hartsubstraten und deren Bewuchs mit *Fucus* mag ein erster Schritt sein, um eine Verbesserung des ökologischen Zustandes wahrzunehmen und dann gezielt weitere Renaturierungsmassnahmen einzuleiten. Aber auch dieser Ansatz ist nur erfolgversprechend, wenn die untere Verbreitungsgrenzen an den ausgewählten Standorten tatsächlich durch das Licht definiert werden und nicht durch komplexe biologische Interaktionen. Hier herrscht zurzeit noch erheblicher Forschungsbedarf.

## 6 Ausblick auf Maßnahmen

Die Ausbreitungsökologie von *Fucus* spp. ist insbesondere in der Ostsee noch nicht vollständig geklärt. Es ist aber als gesichert anzusehen, dass heute zu wenige Hartsubstrate vorhanden sind, um die ursprünglichen Phytalbestände, insbesondere von *Fucus vesiculosus*, wieder zu erreichen. Es wird technisch und finanziell nicht möglich sein, die Steinfischerei rückgängig zu machen und etwa 3.5 Mio. Tonnen Granit in die deutsche Ostsee auszubringen. Aber es erscheint uns angesichts des großen Mangels an zusammenhängenden und mehrere Tiefenstufen überstreichenden Steinfeldern angebracht, wenigstens an einigen geeigneten Standorten wieder

Steinfelder im km<sup>2</sup>-Bereich zu schaffen. Hierbei sollten Steine eher verstreut als gestapelt werden, um bei gleicher Menge eine größere Phytalfläche und damit mehr Schutz und Siedlungssubstrat für assoziierte Organismen zu ermöglichen. Solche zusammenhängenden Phytalbereiche würden sicher einen ganz anderen, wertvolleren Lebensraum für viele Organismen als die heutigen verstreuten Vorkommen bieten, mit stabileren, weil größeren und genetisch vielfältigeren Populationen. Abgesehen vom Nutzen, den diese Steinfelder für die Ökologie der Ostsee und auch für die menschlich genutzten Fischbestände hätten, würden sie den mit der WRRL befassten Wissenschaftlern und Behörden das Beobachten des geradezu „Wiederhinabkletterns“ von perennierenden Arten mit einer Verbesserung der Wasserqualität ermöglichen.

Ein Wiedereinbringen von Steinen ist sicherlich mit Kosten, technischen Schwierigkeiten und auch mit einer vorübergehenden Umweltbelastung (durch Energieverbrauch, Beschaffung der Steine und damit verbundener Landschaftszerstörung, Aufwirbelung von Sediment) verbunden. Allerdings sind dies alles Schwierigkeiten, die jederzeit gemeistert werden, wenn es gilt, für den Menschen- oder Warentransport einen Damm oder eine Brücke jedweder Dimension zu bauen.

Nach einer Phase, in der im kleineren Maßstab solche Einbringungen getestet und wissenschaftlich begleitet und in der geeignete Gebiete für dauerhaften Erfolg ermittelt werden, könnten also einige große Steinfelder wieder geschaffen werden und würden die einmalige Anstrengung durch Bindung von CO<sub>2</sub> (durch perennierende Algenbestände) und erhöhte Sedimentation (durch filtrierende Miesmuscheln) bald zumindest ausgeglichen haben.

## Literatur

- ALBRECHT, A. (1995): Gemeinschaftsökologie von Makroalgen auf Miesmuschelbänken (*Mytilus edulis* L.) im Wattenmeer. - Schriftenreihe Naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse, Hamburg **27**: 156 S.
- ARRONTES, J. (2002): Mechanisms of range expansion in the intertidal brown alga *Fucus serratus* in northern Spain. - Marine Biology. **141**: 1059–1067.
- BARNEKOW, D. (2004): Ist die Anlage eines künstlichen Steinriffs auf Weichboden in der Flensburger Förde eine sinnvolle Naturschutzausgleichsmaßnahme? Schlussfolgerungen aus der Besiedlungsfolge der ersten zwei Jahre. - Dissertation an der Univ. Flensburg, 100 S.
- BERGER, R.; MALM, T. & KAUTSKY, L. (2001): Two reproductive strategies in Baltic *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae). - European Journal of Phycology, **36**: 265-273.
- BOCK, G. M. (2003): Quantifizierung und Lokalisation der entnommenen Hartsubstrate vor der Ostseeküste Schleswig-Holsteins. Eine historische Aufarbeitung der Steinfischerei. Studie im Auftrag des LANU, 52 S.
- BOCK, G. M.; THIERMANN, F.; RUMOHR, H. & KAREZ, R. (2004): Jahresbericht Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU) 2003, 111-116.
- BREUER, G. (1989): Vegetationsstruktur, Biomasse und Produktivität der sublitoralen Rotalgengemeinschaften der Restsedimentgebiete in der Kieler Bucht. - Christian-Albrechts-Universität Kiel, Dissertation, 247 S.
- BREUER, G. & SCHRAMM, W. (1988): Changes in macroalgal vegetation of Kiel Bight (Western Baltic Sea) during the past 20 years. - Kieler Meeresforschungen, Sonderheft **6**: 241-255.
- CARLSON, L. (1991): Seasonal variation in growth, reproduction and nitrogen content of *Fucus vesiculosus* in the Öresund, Southern Sweden. Botanica Marina, **34**: 447-453.
- ENGVIST, R.; MALM, T. & TOBIASSON, S. (2000): Density dependent grazing effects of the isopod *Idotea baltica* Pallas on *Fucus vesiculosus* L in the Baltic Sea. - Aquatic Ecology **34**: 253–260.

- ERIKSSON, B. K. (2002): Long-term changes in macroalgal vegetation on the Swedish coast. An evaluation of eutrophication effects with special emphasis on increased organic sedimentation. - Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive summaries of Uppsala Dissertations from the faculty of Science and technology, Uppsala. ISBN 91-554-5394-5 746, 34 S.
- ERIKSSON, B. K. & JOHANSSON, G. (2003): Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. – European Journal of Phycology, **38**: 217-222.
- FELDNER, J. (1977): Ökologische und produktionsbiologische Untersuchungen am Seegras *Zostera marina* L. in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). Reports Sonderforschungsbereich 95, Universität Kiel **30**: 1-170.
- FÜRHAUPTER, K.; WILKEN, H. & MEYER, T. (2003): Kartierung mariner Pflanzenbestände im Flachwasser der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. - Bericht für LANU, Schleswig-Holstein, 250 S.
- GÄRDMARK, A.; ENBERG, K.; RIPA, J.; LAASKO, J. & KAITALA, V. (2003): The ecology of recovery. - Annales Zoologici Fennici, **40**: 131-144.
- GRÜNDEL, E. (1975): Qualitative und quantitative Untersuchungen an einem Ökosystem „Zostera-Wiese“ vor Surendorf (Kieler Bucht, westliche Ostsee). - Diplomarbeit, Universität Kiel, 1-161.
- HEISE, S.; KOCH, C.; KROST, P. & PIKER, L. (2001): Dritter Zwischenbericht zur wissenschaftlichen Begleituntersuchung des künstlichen Riffs bei Hasselfelde. - Im Auftrag der Seehafen Kiel GmbH, 16 S.
- HOFFMANN, C. (1952): Über das Vorkommen und die Menge industriell verwertbarer Algen an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins. - Kieler Meeresforschungen **9**: 5-14.
- HORSTMANN, U. & HÜBEL, H. (1996): Die Primärproduktion des Phytoplanktons. – [In:] J. LOZAN, J.; LAMPE, R.; MATTHÄUS, W.; RACHOR, E.; RUMOHR, H. & WESTERNHAGEN, H. von (ed.): Warnsignale aus der Ostsee, Parey, Berlin, 135-137.
- KIIRIKKI, M. & A. RUUSKANEN (1996): How does *Fucus vesiculosus* L. survive ice scraping? - Botanica Marina **39**:133-139.
- KAUTSKY, H.; KAUTSKY, L.; KAUTSKY, N.; KAUTSKY, U. & LINDBLAD, C. (1992): Studies on the *Fucus vesiculosus* community in the Baltic Sea. - Acta phytogeographica Suecica, **78**: 33-48.
- KOTTA, J.; PAALME, T.; MARTIN, G. & MÄKINEN, A. (2000): Major changes in macroalgae community composition affect the food and habitat preference of *Idotea baltica*. - International review of hydrobiology, **85(5-6)**: 697-705.
- KUNZ, U. (2004): Ein künstliches Riff vor Falckenstein im Vergleich mit natürlichem Hartsubstrat. Bericht für LANU, Schleswig-Holstein, 6 p. Juterzenka, K. von & Schmid, M. (2004) Marinökologisches Gutachten – Kontrollbetauchung Steinschüttungen Falckenstein und Kiel-Wik. Im Auftrag des Umweltschutzamtes der Stadt Kiel, 13 S.
- LYNGBYE, H. C. (1819): Tentamen Hydrophytologiae Danicae Continens omnia Hydrophyta Cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, Systematice Disposita, Descripta et iconibus illustrata, Adjectis Simul Speciebus Norvegicis. Hafniae. 248 S.
- MEYER, T.; BEYER, K. & FÜRHAUPTER, K. (2004): BSPA-Monitoring. Teil 2: Makrophytenuntersuchungen der Gelfinger Bucht und der Orther Bucht. - Bericht für LANU, Schleswig-Holstein, 52 S.
- MOHR, T. & SCHULZ, N. (2003): Die Errichtung des „Großriff Nienhagen“ an der Außenküste Mecklenburgs – eine Methode zur Erhaltung der fischereilichen Ressourcen in küstennahen Seegebieten. - Fischerei & Fischmarkt in M-V, **4**: 23-34.
- 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.
- REINKE, J. (1896): Zur Algenflora der westlichen Ostsee. - Wissenschaftliche Meresuntersuchungen, **1,2**: 1-6.
- REUTER, P. (2004): Tiefenverteilung der Makrophyten in der Ostsee. - IfM-Geomar, Studie im Auftrag des LANU, Schleswig-Holstein, 19 S.
- ROHDE, S. (2004): Ausbringung von Hartsubstrat als Ausgleichsmaßnahme im marinen Bereich. - Bericht für LANU, Schleswig-Holstein, 11 S.
- SCHORIES, D.; SELIG, U. & SCHUBERT, H. (2004): Testung des Klassifizierungsansatzes Mecklenburg-Vorpommern (innere Küstengewässer) unter den Bedingungen Schleswig-Holsteins und Ausdehnung des Ansatzes auf die Außenküste. - Jahresbericht des von der LAWA geförderten Forschungsvorhabens: „Küstengewässer-Klassifizierung deutsche Ostsee nach EU-WRRL“, 100 S.

- SCHWARZER, K. (2004): Unveröffentlichter Statusbericht zum Projekt „Hartsubstrat in der westlichen Ostsee“ im Auftrag des LANU, Schleswig-Holstein. 17 S.
- SCHWENKE, H. (1964): Vegetation u. Vegetationsbedingungen in der westl. Ostsee (Kieler Bucht). - Kieler Meeresforschungen, **20**: 157-168.
- SCHWENKE, H. (1965): Beiträge zur angewandten marinen Vegetationskunde der westlichen Ostsee (Kieler Bucht). - Kieler Meeresforschungen 21: 144-152.
- SCHWENKE, H. (1969): Meeresbotanische Untersuchungen in der westlichen Ostsee als Beitrag zu einer marinen Vegetationskunde. - Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, **54**: 35-94.
- SERRÃO, E. A.; KAUTSKY, L.; LIFVERGREN, T. & BRAWLEY, S.H. (2000): Gamete dispersal and pre-recruitment mortality in Baltic *Fucus vesiculosus* (Abstract only). -Phycologia, **36 (Suppl.)**: 101-102.
- THAMM, R.; SCHERNEWSKI, G.; WASMUND, N. & NEUMANN, T. (2004): Spatial phytoplankton pattern in the Baltic Sea. [In:] SCHERNEWSKI, G. & WIELGAT, M. (eds.): Baltic Sea Typology Coastline Reports, **4**: 85-109.
- VADAS R. L.; JOHNSON S. & NORTON, T.A. (1992): Recruitment and mortality of early post-settlement stages of benthic algae. - British Phycology Journal, **27**: 331-351.
- VOCE, J. (in prep.): laufende Dissertation über das künstliche Timmendorfer Riff im Vergleich zu natürlichen Steinfeldern, Universität Hamburg.
- VOGT, H. & SCHRAMM, W. (1991): Conspicuous decline of *Fucus* in Kiel Bay (Western Baltic): what are the causes? - Marine Ecology Progress Series, **69**:189-194.
- WAHL, M. & MARK, O. (1999): The predominantly facultative nature of epibiosis: experimental and observational evidence. - Marine Ecology Progress Series, **187**: 59-66.
- WALLENTINUS, I. (1991): The Baltic Sea gradient. - [In:] Mathieson, A.C. & Nienhuis, P. H. (eds). Intertidal and littoral ecosystems. Ecosystems of the world 24. Elsevier. Amsterdam, 83-108.
- WORM, B. & SOMMER, U. (2000): Rapid direct and indirect effects of a single nutrient pulse in a seaweed-epiphyte-grazer system. - Marine Ecology Progress Series, **202**: 283-288.
- ZANDER, C. D. (1991): Die biologische Bedeutung der Lebensgemeinschaft „Miesmuschelgürtel“ in der Ostsee. - Seevögel 12, Sonderheft **1**: 127-131.

#### Autoren:

Rolf Karez

Landesamt für Umwelt und Natur  
Hamburger Chaussee 25  
24220 Flintbek

Email: rkarez@lanu.landsh.de

Dirk Schories  
Institut für Biowissenschaften  
AG Ökologie  
Universität Rostock  
Albert-Einstein-Str.3  
18051 Rostock

Email: dirk.schories@biologie.uni-rostock.de

