

Proceedings in Marine Biology

Journal of the Graduate Course of the Humboldt-Universität zu Berlin and Museum für Naturkunde Berlin at Wattenmeerstation List (Sylt)



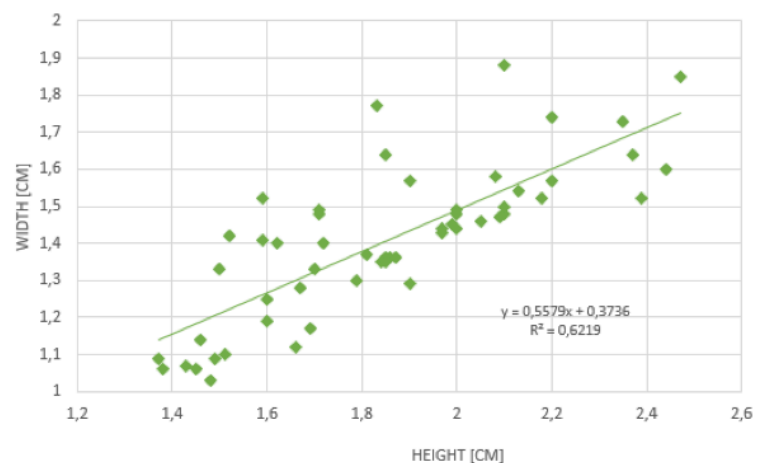
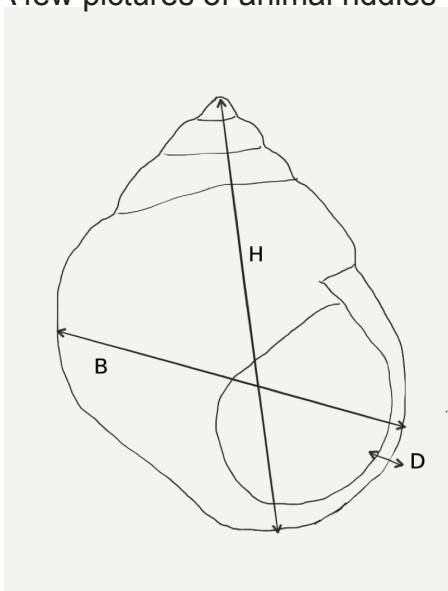
Volume 2 Number 1 2015



- Kühn, J., Mau, M.:** Morphometrische Gehäuseunterschiede bei *Littorina littorea* an verschiedenen exponierten Standorten. **1-5**
- Kremling, V., Zschummel, M.:** Influence of *Hydractinia echinata* on the shell-choice of the hermit crab *Pagurus bernhardus* **6-10**
- Lischke, S., Johst, B.:** Unterschiede im Trematodenbefall von *Littorina littorea* in Abhängigkeit von der Wasserqualität **11-14**
- Pinder, P., Joos, J.:** Untersuchung der Meiofauna unter Einfluss eines Sielabflusses im Schlickwatt **15-19**
- Bingül, U. Y., von Bismarck, T.:** Unterschiede in der Meiofauna-Zusammensetzung in Abhängigkeit der abiotischen Faktoren im Schlick- und Sandwatt in List auf Sylt **20-24**
- Schmidt, M., Schunke, V.:** Analysing consumption rate and prey preferences of *Carcinus maenas* L. (List, Sylt) **25-30**
- Blaue, S., Otto, A. K.:** Substratwahl-Versuche mit *Asterias rubens* L. **31-37**

A few pictures of animal riddles

38



“Proceedings in Marine Biology” is an international journal publishing original research by graduate students on all aspects of marine biology. Subjects covered include: ecological surveys and population studies of oceanic, coastal and shore communities; physiology and experimental biology; taxonomy, morphology and life history of marine animals and plants. Papers are also published on techniques employed at sea for sampling, recording, capture and observation of marine organisms.

Editorial Board

T. Stach

Vergleichende Zoologie

Humboldt-Universität zu Berlin

Berlin

Germany

thomas.stach@hu-berlin.de

C. Lüter

Sammlung Marine Invertebraten

Museum für Naturkunde

Berlin

Germany

carsten.lueter@mfn-berlin.de

Instructions to authors.

Manuscripts submitted to “Proceedings in Marine Biology” must be original, not under consideration elsewhere. Papers should be written in clear English, German, or Swedish with an abstract in English. Acronyms must be written in full on their first occurrence and SI units must be used. Scientific names should be italicized.

Manuscripts should be arranged in the following order:

Title, Author(s), Address(es), Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References, Figures, Captions, and Tables.

Submission.

Please submit all manuscripts for review by e-mail, postal service, or personally as plain word files to the editors.

Preparation.

“Proceedings in Marine Biology” invites contributions as:

- 1. Full Research Articles of not more than 10 printed pages including tables and illustrations (10,000 words+ figures + tables).*
- 2. Short Papers of not more than 3000 words (+2 figures & 2 tables, or 4 figures or 4 tables etc.)*
- 3. Short Communications of not more than 2 printed pages including table and illustration (1500 words + 1 figure & 1 table, or 2 figures or 2 tables). These papers must start with an Abstract but are not otherwise divided into sections.*

E-mail.

Please provide an e-mail address for the first or corresponding author. This will appear on the title page of each article.

Title.

The title should be no more than 20 words.

Abstract.

A concise informative abstract of not more than 250 words should summarize the most important findings.

Tables.

Tables should not be excessive in size and headed by informative legends. Legend, headings and footnote are delimited by horizontal lines. Data sheets and tables deemed necessary might accompany the manuscript and be added as appendices in an electronic supplement.

Citation of literature.

References in the text should refer to the authors name and year of publication. Two authors should be cited using '&' (Rainbow & Dellinger, 1993); for more than two authors, the name of the first author followed by 'et al.' (Lallier et al., 1987). When citing more than one publication use a semi-colon to separate the different authors e.g. (Gorind et al., 1997; Mykels & Skinner, 1985a,b; Skinner, 1996). The manuscript should be carefully checked to ensure the details of authors and dates cited in the text exactly match those in the reference list. Cross checking of references in the text to the cited literature and vice versa is the responsibility of the author.

All literature quoted in the text must be listed in alphabetical and chronological order of author names at the end of each manuscript. When more than one publication with the same first author(s) is cited the following order alphabetically applies: (a) single author, according to publication dates; (b) same author and one co-author; (c) same author and more than one co-author. Titles of journals must be written in full and references to books should include the place of publication and the publisher. Examples:

Journals.

Marshall, S.M., Nicholls, A.G. & Orr, A.P. (1939): On the growth and feeding of young herring in the Clyde. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2: 427–455.

Books.

Cushing, D.H. (1981): Fisheries biology, a study in population dynamics, 2nd ed. Madison: University of Wisconsin Press.

Chapters from books.

Weir, B.S. (1990): Intraspecific differentiation. In: Molecular systematics (ed. D.M. Hillis and C. Moritz), pp. 373–410. Sunderland: Sinauer Associates.

Processing.

Manuscripts will be critically reviewed by at least one referee. Subject to suitable review, papers may be selected for publication by the editors. Acceptable papers will be returned to the author for revision and editorial corrections.

Revision.

Revised manuscripts must be returned electronically or on CD. Any Word formats are suitable for text.

Figures.

Figures must be submitted as PC compatible TIFF files. These must be of 300 dpi resolution. All figures should be labelled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point type when reduced to a single column width. If figures are in parts, please label A, B, C, D, etc. in top left corner of each part.

Proofs.

The first or corresponding author will receive the proofs, which will be supplied as word or pdf files.

Reprints.

A CD with the final version of the manuscript will be provided to the authors free of charge.

This volume deals exclusively with the results of the
research field trip of the Humboldt-Universität zu Berlin to
the AWI Wattenmeerstation List, Sylt (Germany)

from 27.09. - 04.10.2015

Participants:

Bingül, Utku Yagmur	<utbingg@yahoo.de>
Blaue, Stefanie	<blaueste@hu-berlin.de>
Johst, Bettina	<bettinajohst@gmail.com>
Joos, Julia	<julia.joos@web.de>
Kremling, Viviane	<kremlinv@hu-berlin.de>
Kühn, Jakob	<kuehnjak@gmail.com>
Lischke, Steven	< steven_lischke@yahoo.de >
Mau, Michael	<michael.mau@gmx.net>
Otto, Anissa-Kristin	<patrona@ottoseite.com>
Pinder, Phillip	<pinderph@hu-berlin.de>
Schmidt, Michel	<michel.schmidt@student.hu-berlin.de>
Schunke, Vivian	<schunkev@hu-berlin.de>
von Bismarck, Thekla	<thekla@v-bismarck.de>
Zschummel, Maria	<zschummm@hu-berlin.de>
Lüter, Carsten	<carsten.lueter@mfn-berlin.de>
Stach, Thomas	<thomas.stach@hu-berlin.de>

Morphometrische Gehäuseunterschiede bei *Littorina littorea* an verschiedenen exponierten Standorten

Kühn, Jakob; kuehnjak@gmail.com
Mau, Michael; michael.mau@gmx.net

Abstract

The common periwinkle *Littorina littorea* is a commonly found gastropod of the littoral of the northern hemisphere. One of the environmental factors influencing its morphology is the exposition to wave impact. We tested, if and how exposition causes changes in the shell size and thickness of *L. littorea*. We found, that with decreasing exposition to wave impacts, shell size increases while shell thickness decreases. It is discussed whether wave impact exposition is the main influence factor on shell morphology divergence, as contrary findings have been described for different populations of three *Littorina* species including *L. littorea*.

Einleitung

Die Gemeine Strandschnecke *Littorina littorea* ist eine in der Nordsee häufige Art von Gastropoden, welche sich durch eine hohe Plastizität und Variabilität auszeichnet. Die ca. 2 cm großen Tiere sind im gesamten Littoral anzutreffen, und besiedeln eine Vielzahl von Mikrohabitaten, welche sie im großen Maße mitgestalten. Daher sind sie vielen unterschiedlichen ökologischen Bedingungen ausgesetzt, welche sich in ihrem Erscheinungsbild widerspiegeln. So können Populationsdichte (Kemp 1983), Salinität (Hylleberg 1978), Acidität und Prädationsdruck (Bibby 2007) Einfluss auf die Größe und Form des Gehäuses haben. So zeigte eine Studie im Limfjord in Dänemark, dass die Größe des Gehäuses mit dem Grad der Exposition zum Wellenschlag hin zunahm (Hylleberg 1978).

Eine stark strukturierte und heterogene Landschaft stellt das Wattenmeer der Nordsee dar. Daher wurde eine Untersuchung der

Schalendicke und Gehäusegröße von *Littorina littorea* Populationen aus verschiedenen Bereichen der östlichen Wattenmeerküste auf Sylt durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist das Testen der vermuteten Heterogenität der Gehäusemorphometrie in Bezug zum Grad der Exposition.

Wir vermuten, dass nicht nur die Größe des Gehäuses von *Littorina littorea* in Abhängigkeit zum Grad der Exposition zum Wellenschlag steht, sondern insbesondere auch die Schalendicke. Mit zunehmenden Wellenschlag steigt die permanente mechanische Belastung, welche auf das Gehäuse von *Littorina littorea* einwirkt. Dementsprechend sollten Populationen, welche in einem stärker exponierten Habitat vorkommen, mehr in die Ausbildung des Schneckengehäuses investieren und somit eine größere Schalendicke aufweisen als Populationen, welche sich in geschützteren Habitaten befinden.

Material & Methoden

Die Versuchstiere zur Vermessung wurden aus 3 Habitaten entlang der Wattenmeerküste und innerhalb des Watts bei List, Sylt, gesammelt. Die Sammlung erfolgte in je 3 gesteckten Versuchsflächen von je 1m² Fläche, die Auswahl erfolgte quasi-zufällig mit der Bedingung, dass die ausgewählte Fläche Algenbewuchs aufwies. Dies erfolgte zum einen, um die Habitatbedingungen homogener zu gestalten und eine größere Stichprobe zu ermöglichen, da die Häufigkeit von *L. littorea* in von Algen bewachsenen Flächen bedeutend höher war. Die Flächen für die Sammlung befinden sich für das „Schlickwatt“ bei (55°1'23"N, 8°25'47"O), für die Austernbänke bei (55°1'38"N, 8°26'6"O) und für die mit Miesmuscheln bewachsenen Wellenbrecher bei (55°1'9"N, 8°26'18"O). Gesammelt wurden alle Individuen, welche sich auf der Oberfläche der abgesteckten Fläche befanden, es wurde kein Boden ausgehoben oder gesiebt. Dabei wurden nur Individuen gesammelt, welche größer als 1,5 cm in ihrer Gehäusehöhe ausfielen, um Jungtiere auszusortieren und eventuelle Variabilität aufgrund von Alterswachstum auszuschließen.

Die gewählten Versuchsflächen unterschieden sich qualitativ in ihrer Exposition zu den Gezeiten. Dabei war das Schlickwatt durch eine Landzunge, dem so genannten Lister Haken, geschützt, während die Austernbänke und der Wellenbrecher stärker exponiert lagen. Eine quantitative Analyse des Expositionsgrades wurde dabei nicht vorgenommen.

Die Stichprobengröße der gesammelten Individuen lag beim Schlickwatt bei N = 146 Individuen, bei den Austernbänken bei N = 161 und beim Wellenbrecher bei N = 314 Individuen, mit einer Gesamtstichprobe von N = 621 Individuen.

Vermessen wurden die Höhe, die Breite und die Schalendicke des Gehäuses. Zur Messung der Höhe wurde das Gehäuse vom Apex bis zum Grund der Mündungsöffnung gemessen. Die Breite ergab sich aus den breitesten Punkten der letzten Windung, die Schalendicke wurde in der Mitte der Mündung gemessen (Abb. 1).

Alle statistischen Untersuchungen wurden mit R 3.0.1 durchgeführt. Zum Test auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnoff-Lilliefors Test verwendet, zu finden im R-Paket „nortest.“ Da alle Variablen nicht der Normalverteilung folgen, wurden zur weiteren statistischen Analyse nicht-parametrische Tests verwendet. Die statistischen Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gehäusehöhe, sowie der Gehäuseschalendicke, wurden mit Dunn's multiple comparison Test, einer multivariablen Anpassung des Kruskal-Wallis Rangsummentests, aus dem R-Paket „dunn's test“ getestet.

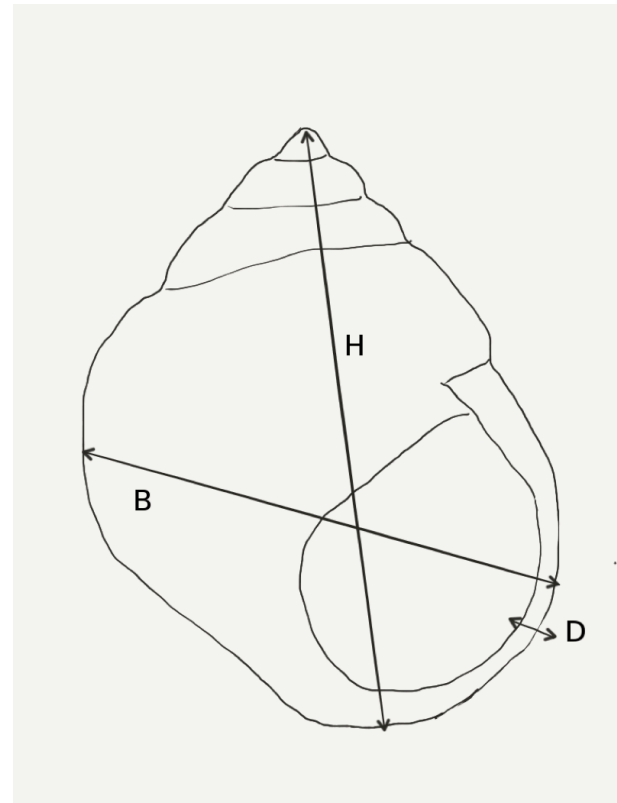


Abb. 1: Skizze zur Vermessung der Morphologie des Gehäuses von *Littorina littorea*. Die Abkürzungen bezeichnen die Höhe („H“), die Breite („B“) und die Dicke („D“) des Gehäuses.

Tabelle 1: Mittlere Werte und Standardabweichung der Gehäusemorphologie in den drei Probengebieten..

	Austernbank	Schlickwatt	Wellenbrecher
Höhe [cm]	2,004 ± 0,182	2,036 ± 0,200	1,954 ± 0,223
Breite [cm]	1,859 ± 0,165	1,816 ± 0,162	1,794 ± 0,202
Dicke [cm]	0,076 ± 0,015	0,064 ± 0,011	0,086 ± 0,018

Ergebnisse

Die drei Probenstandorte unterscheiden sich in der Abundanz der Individuen. Im Schlickwatt und den Austernbänken fanden sich mit durchschnittlich 49 und 54 bedeutend weniger Individuen als an den felsigeren, von Miesmuscheln bewachsenen Wellenbrechern mit 105 Individuen pro qm. Diese Angaben beziehen sich jedoch ausschließlich auf die eingesammelten adulten Individuen, es ist weiterhin festzuhalten, dass die Anzahl der vorgefunden Jungtiere mit Gehäusegrößen kleiner als 1,5cm ebenfalls stark zwischen den einzelnen Standorten variierten.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Unterschiede in der Gehäusemorphologie zwischen den einzelnen Standorten wurden mit nicht-parametrischen Tests auf statistische Signifikanz untersucht. Für die Höhe des Gehäuses ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Schnecken im Schlickwatt und den Schnecken auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = 3,393$; $p = 0,003$; $\alpha < 0,05$) und zwischen den Schnecken in den Austernbänken und den Schnecken auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -1,678$; $p = 0,047$; $\alpha < 0,05$). Der Unterschied der Höhe des Gehäuses zwischen Schnecken in den Austernbänken und Schnecken im Schlickwatt ist dagegen nicht statistisch signifikant (Kruskal-Wallis $X^2 = 1,551$; $p = 0,06$; $\alpha < 0,05$).

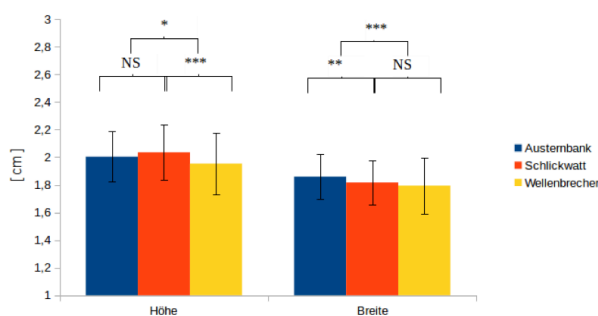


Abb. 2: Mittelwerte, Standardabweichung und Signifikanzlevel der Höhe und Breite des Gehäuses von *Littorina littorea*, gemessen an drei Standorten im Wattenmeer vor Sylt. Statistisch signifikante Unterschiede wurden mit Dunn's multiple comparison test berechnet, Signifikanzniveaus angegeben nach folgendem Schlüssel: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; NS = $p < 1$.

Weiterhin sind die Unterschiede in der Breite des Gehäuses sowohl zwischen dem Standort Austernbänke und dem Standort Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -3,360$; $p = <0,001$; $\alpha < 0,05$), als auch zwischen den Schencken aus dem Schlickwatt und den Schnecken in den Austernbänken statistisch signifikant (Kruskal-Wallis $X^2 = -2,507$; $p = 0,006$; $\alpha < 0,05$), während die Unterschiede in der Breite des Gehäuses zwischen dem Standorten Schlickwatt und Wellenbrecher statistisch nicht signifikant waren (Kruskal-Wallis $X^2 = 0,391$; $p = 0,348$; $\alpha < 0,05$)(Abb. 2).

Die Unterschiede in der Dicke der Schale des Gehäuses sind zwischen allen Standorten statistisch signifikant, sowohl zwischen dem Standort im Schlickwatt und den Austernbänken (Kruskal-Wallis $X^2 = -6,385$; $p = <0,001$; $\alpha < 0,05$), zwischen Standorten im Schlickwatt und auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -12,442$; $p = <0,001$; $\alpha < 0,05$) als auch zwischen Standorten auf den Austernbänken und dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = 5,330$; $p = <0,001$; $\alpha < 0,05$)(Abb. 3).

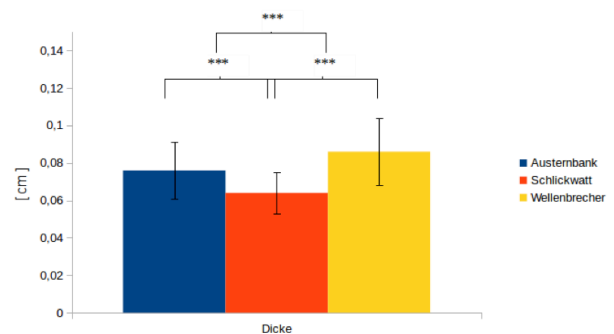


Abb. 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Signifikanzlevel der Dicke der Schale des Gehäuses von *Littorina littorea*, gemessen an drei Standorten im Wattenmeer vor Sylt. Statistisch signifikante Unterschiede wurden mit Dunn's multiple comparison test berechnet, Signifikanzniveaus angegeben nach folgendem Schlüssel: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; NS = $p < 1$.

Diskussion

Die Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen unterstützen die Hypothese, dass die Größe des Gehäuses und die Dicke der Schale vom Grad der Exposition zum Wellenschlag beeinflusst wird. Sichtbar wird dies jedoch nur in der Schalenhöhe und Schalendicke. Die Ergebnisse der Schalenbreite folgten keinem Expositionstrend und sind daher wahrscheinlich kaum vom Expositionsgrad beeinflusst. Während die Schalendicke der im vom Lister Haken geschützten Schlickwatt lebenden Schnecken eine durchschnittliche Schalendicke von 0,64 mm aufweisen, sind die den Gezeiten ausgesetzten Schnecken am Wellenbrecher mit 0,86 mm bedeutend dickschaliger. Dahingegen sinkt mit zunehmender Exposition die Schalenhöhe des Gehäuses. Dies kann als Anpassung an die verschiedenen exponierten Standorte betrachtet werden, in dem die Schnecken Dickenwachstum über Höhenwachstum bevorzugen, um sich an stärker exponierte Standorte anzupassen. Diese Anpassung muss jedoch nicht allein ein Resultat der Exposition sein, auch verschiedene andere Parameter könnten einen Einfluss auf die Morphologie des Gehäuses gehabt haben. Verschiedene Studien zeigten, dass die Schalendicke ebenfalls vom Prädationsrisiko beeinflusst wird (Bibby 2007). Entsprechende quantitative Untersuchungen der Räuberabundanz, im speziellen Fall von *Littorina littorea* vor allem der Strandkrabbe *Carcinus maenas*, wurden nicht durchgeführt, jedoch lässt sich festhalten, dass Individuen von *Carcinus maenas* an allen Standorten vorgefunden wurden (Schunke & Schmidt 2015).

Die Untersuchung von Hylleberg (1978) zur Größe des Gehäuses in Abhängigkeit vom Wellenschlag zeigte, dass mit zunehmender Exposition die Größe des Gehäuses zunahm.

Diese Ergebnisse konnten wir nicht reproduzieren. In unseren Ergebnissen nahm die Größe des Gehäuses ab, wenn die Exposition zum Wellenschlag zunahm. Trotz der Stichprobengröße von über 100 Individuen pro Standort lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass dieses Ergebnis das Resultat von mehreren Einflussfaktoren sein kann, welche den Einfluss der Exposition überlagern.

Für verwandte Arten von *L. littorea* wurde gezeigt, dass der Grad der Exposition unterschiedliche Auswirkungen auf unterschiedliche Arten hat. So zeigt die Art *Littorina mariae* eine Zunahme der Schalengröße mit sinkender Exposition, ähnlich unserer Ergebnisse während *Littorina obtusata* eine Abnahme der Schalengröße mit sinkender Exposition zeigt, ähnlich den Ergebnissen von Hylleberg (Reimchen 1982). Ähnliche Untersuchungen der beiden Arten zur Schalendicke zeigen, dass mit sinkender Exposition die Schalendicke von *L. mariae* zunimmt, während sie bei *L. obtusata* mit sinkender Exposition abnimmt (Fletcher 1995). Weiterhin berichtet Fletcher, dass *L. littorea* keine solche Variabilität aufweist, was er auf die pelagialen Larvenstadien zurückführt.

Weiterführend könnte eine längerfristige Laboruntersuchung mit künstlicher Exposition, identischen Ausgangspopulationen und über mehrere Generationen laufend eine eindeutige quantitative Aussage zum Effekt der Exposition auf die Schalendicke und -größe geben. Diese Untersuchungen würden die im Feld vorgefundenen Ergebnisse und Hypothese um reproduzierbare Daten ergänzen und somit das Bild der Einflussfaktoren auf die Schnecken-schalenmorphologie vervollständigen.

Literatur

- Bibby, R. et al. (2007): Ocean acidification disrupts induced defences in the intertidal gastropod *Littorina littorea*. *Biology Letters*, 3: 699 – 701.
- Eschweiler, N. Et al. (2008): Habitat-specific size structure variations in periwinkle populations (*Littorina littorea*) caused by biotic factors. *Helgoland Marine Research*, 63 (2), 119 – 127.
- Fletcher, C.R. (1995): Microgeographical variation in shell strength in the flat periwinkles *Littorina obtusata* and *Littorina mariae*. *Hydrobiologia*, 309: 73 – 87.
- Hylleberg, J., Christensen, J.T. (1978): Factors affecting the intraspecific competition and size distribution of the periwinkle, *Littorina littorea* (L.) *Natura Jutlandica*, 20, 193 – 202.
- Kemp, P., Bertness, M.D. (1984): Snail shape and growth rates: Evidence for plastic shell allometry in *Littorina littorea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 81; 811 – 813.
- Reimchen, T.E. (1982): Shell size divergence in *Littorina mariae* and *L. obtusata* and predation by crabs. *Canadian Journal of Zoology*, 60 (4): 687 – 695.
- Schmidt, M., Schunke, V. (2015): Analysing consumption rate and prey preferences of *Carcinus maenas* L. (List, Sylt). *Proceedings in Marine Biology*, 2:

Influence of *Hydractinia echinata* on the shell-choice of the hermit crab *Pagurus bernhardus*

Viviane Kremling; kremlinv@hu-berlin.de
Maria Zschummel; zschummm@hu-berlin.de

Abstract

Pagurus bernhardus is a hermit crab, which is prone to predators and injuries, due to its scarcely sclerotized abdomen. Its survival depends on the availability of the shells of gastropods, e.g. the common periwinkle *Littorina littorea*. Hermit crabs do not enter shells at random. They choose the new shell according to criteria such as width, height, weight and centre of gravity. Hermit crabs are often found associated with the epibiotic polyp *Hydractinia echinata*. The present study aims to answer the question, whether *P. bernhardus* shows a preference for shells that are encrusted with the polyps or if they rather pay attention to other criteria. To answer this question 15 hermit crabs were experimentally isolated from their shells and tested in a two alternative forced choice paradigm (2AFC). They were offered one shell without *H. echinata* and one encrusted with the polyps and their choice behaviour was observed for 90 min. The results present evidence that *P. bernhardus* does not select shells according to the encrustation with *H. echinata*, suggesting that the animals rather pay attention to other criteria. It is yet to be determined, which parameters are the most important ones, when making a shell choice.

Introduction

Pagurus bernhardus L. is the only hermit crab species in the Wadden Sea, where its primary habitats are the subtidal channels in which shell gravel and mussel beds occur (Reise, 2004)]. Hermit crabs are decapod crustaceans of the family Paguridae within the superfamily Paguroidea (Hazlett, 1981). During spring and autumn the juveniles and young adults migrate to the lower tidal zone and retreat or hide in sheltered places with each falling tide. During winter they migrate to greater depths, whereas large individuals remain subtidally the whole year through (Reise, 2012)

Just like most other hermit crab species, *P. bernhardus* has a long spirally curved abdomen, which is very sparsely sclerotized (Gravel et al., 2004). Therefore they are prone to injuries and capture by predators unlike other related crustaceans. That is the reason why survival is heavily dependent on the availability of suitable shells from e.g. sea snails as a main defence mechanism against predators and the physical hardships a life in the intertidal zone entails.

Due to their growth or damage of their own shells, hermit crabs are in constant need of new or larger shells. They do not enter shells at random, but select them according to criteria such as e.g.

height, shape, opening width, weight (Davis & Smith, 2007) and centre of gravity (Reese, 1962). To estimate the quality of a shell they use a variety of olfactory, sensory and visual information, e.g. drumming against the shells side with their claws to gain knowledge about the condition, shape and size (Reese, 1962).

In the Wadden Sea *P. bernhardus* often resides in empty shells of the common periwinkle (*Littorina littorea*), which is often associated with the marine colonial hydroid *Hydractinia echinata*, also known as snail fur. It is speculated that the hydrozoan colony continuously enlarges the hermit's shell by building on the lip of the shell and guarding the fringe of the shell with spiralzoids, thus protecting the hermit crab from predation (Davis, M. & Smith, 2007). Further advantages might be a strengthened shell (Stachowitsch, 1980), increased crypsis (Ross, 1971) and tolerance to desiccation. The increased external diameter might be advantageous in matters of shell-crushing predators. On the other hand the internal volume-weight ratio decreases with increased thickness of the shell, thus making it more difficult to carry (Briffa & Elwood 2005). This is likely to increase energy costs. Much of the available evidence suggests

that the association with *P. bernhardus* is more advantageous for *H. echinata* than it is for the hermit crabs (Williams & McDermott, 2004). The polyps profit from the transport into nutrient rich waters by the hermit crab.

Material and Methods

Sampling

Shells of *L. littorea* with *P. bernhardus* and encrusted with *H. echinata* and empty un-encrusted shells were collected in the North-Eastern Wadden Sea on the left and right beachsectors of the harbour of Sylt, List (Germany) at low tide between the 25th and 27th September. Furthermore clean empty shells of different size of *L. littorea* and 7 living snails of bigger sizes were collected. The trials were conducted at the AWI – Alfred Wegener Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, located in List.

In total 26 hermit crabs, living in shells covered with *H. echinata*, were collected, 16 of them were used in the trials. They were held in open 30x 40x 4 cm plastic-tanks with constant seawater flow, sand and one opened common blue mussel *Mytilus edulis*. 53 empty shells of *L. littorea* and living common periwinkles were collected and measured with a calliper (accuracy +/- 0,01) in height, width and opening width. The shells of the hermit crabs were evaluated in the same matter.

To estimate whether the shell height is a suitable measure for the size of the shell, we tested if the width and the height of all measured shells were correlated.

Statistics

The ratio of height to opening height of colonized and clean shells were compared using a paired t-test with unequal variances. A p-value $\leq 0,05$ was accepted

We conducted experiments to address the question, whether *P. bernhardus* has preferences for un-encrusted shells from *L. littorea* or commensurate shells that were covered with *H. echinata*.

as significant and is depicted as an asterisk (*). The linear regression (Fig. 2) was done with Excel 2010. The height and the width of the shells were correlated and the slope and the R^2 were calculated (Fig. 2).

Experimental Design

Shell-pairs (one shell with and one without the polyps) with commensurate shell-sizes, similar to the current shell, were generated for each crab. Only intact, undamaged shells were used for the experiments.

Because there were not enough empty shells of the required size found, 7 snails had to be cooked in boiling water for 2 min. and pulled out of their shells. Empty shells were assigned to each hermit crab, depending on the height of the current shell (with a variance of ± 0.2 cm). The occupied shells colonized by the polyp were allocated to commensurate hermit crabs, depending on the height of the current shell.

The hermit crabs were forced out of their shells with approximately 35 °C 2:3 fresh water / seawater. Preliminary tests were conducted with 3 hermit crabs occupying netted dog-whelks (*Hinia reticulata*) to determine if the hermit crabs and polyps can cope with the treatment. By breaking the shells with a bench vice (Briffa & Elwood, 2005) the stress level would have been much lower but the encrusted shells could not have been used in the trial. Since no empty shells encrusted with *H. echinata* were found, the hot

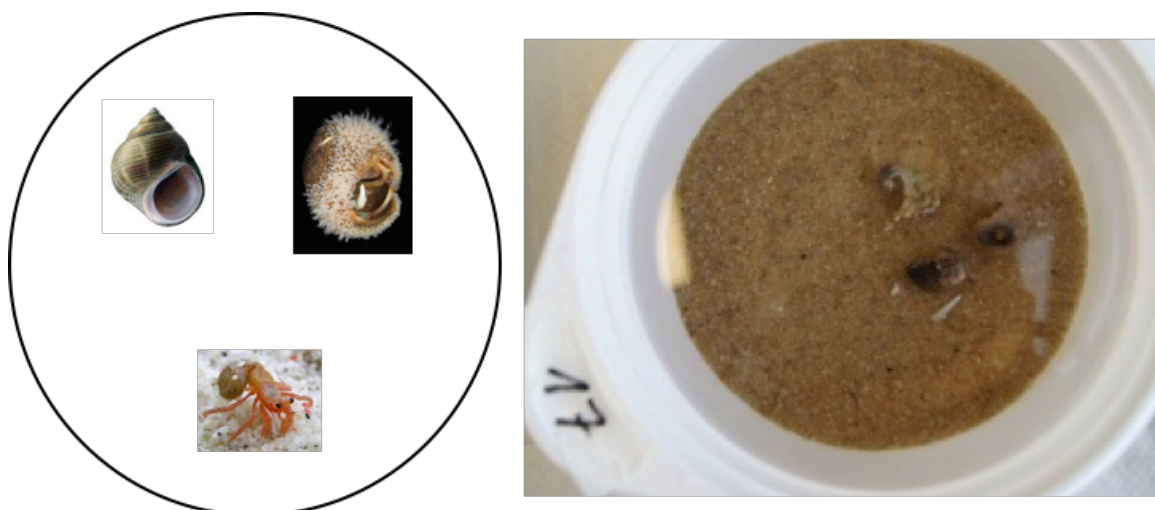


Fig.1. Scheme of the experimental design (right) and photograph of the actual trial setup (left).

fresh water treatment was the best option.

During the actual trial the ratio of fresh water to seawater was adapted to 1:3 seawater to fresh water, since the crabs would not come out by itself fast enough and hermit crabs did not cope well with longer fresh water treatment. After pulling them out of their shells the hermit crabs were acclimatized in salt water for approximately 1 hour.

Experiments were aborted, when they did not come out of their shell fast enough and the crab was excluded from the trial.

The trials were conducted in white polyethylene arena with a diameter of 15.6 cm and 4 cm height. For better hold the arenas bottoms were covered

with sediment and filled with 3 cm seawater. All trials were conducted simultaneously to control for factors like day time, light and temperature. After 90 min we defined the shell-choice of the hermit crab as final. Any other choices that might have occurred beyond that timeframe were disregarded. The first choice the hermit crabs made was noted. We started noting the choice in ten minute interval 30 min into the trial. The animals were confronted with the pair of shells in a two alternative forced choice paradigm (2AFC). The shells were presented in 2 cm distance from the hermit crab in juxtaposition with each other (Fig. 1). Directly after the experiments all animals that recovered sufficiently were brought back to the sea.

Results

Ratio of Height to Opening Height

The method for removing the crabs from the shell seemed to be very stressful since 7 crabs did not survive the treatment. Six of them could not be pulled out of the shell at all. It was not clear, if they could move out on their own. It seemed that the openings of the encrusted shells were much smaller than the ones of un-encrusted shells. This observation was confirmed by a paired t-test of the opening heights with unequal variances, depicted in figure 3. The height to opening height ratio

was compared between encrusted and un-encrusted shells. For un-encrusted shells we observed an average ratio of 1,51 cm (s.e.m. 0,06 cm). In case of the encrusted shells the ratio was significantly larger (2,01 cm \pm 0,07 cm) as can be seen in figure 2.

Correlation between Shell-Height and -Width

To estimate whether the shell height is a suitable measure for the size of the shell, it was tested if the width and the height of all measured shells were correlated. The results presented in figure 3 show a linear correlation that can be estimated as $y = 0,5579x + 0,3736$ with $R^2 = 0,6219$.

Shell-choice of *Pagurus bernhardus*

The shell-choice of *P. bernhardus* was observed in the arena-experiments described in Material & Methods. The results are presented in figure 4. Out of 15 hermit crabs that were analysed in these experiments 8 chose the clear shell, whereas 7 crabs were located in encrusted shells at the end of the experiments.. Five of the 15 crabs changed shells during the trial and 3 out of 15 changed continuously and did not seem to be able to make a decision. They examined the empty shells extensively before moving in. Interestingly, six crabs did

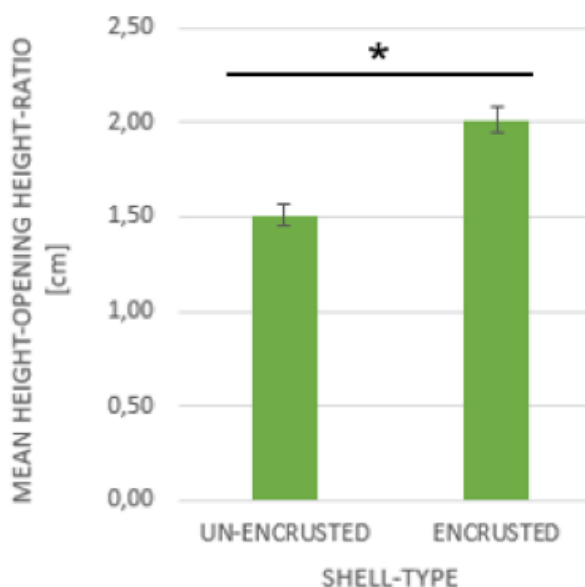


Fig. 2. Mean Height-opening height ratio in cm as a function of un-encrusted or encrusted shells. Error bars are depicted as s.e.m. A paired t-test with unequal variances was conducted to compare both ratios. (p-value < 0,05*).

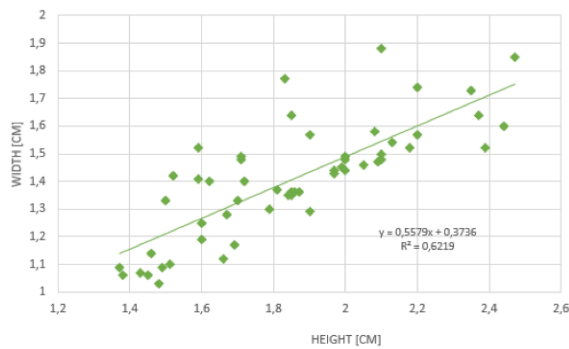


Fig. 3. Correlation between shell width and height in cm. Linear regression was done in Excel 2010.

not enter any shell for 30 min., two of them did not even enter any of the shells until 60 min after the beginning of the trial.

Discussion

The shell-choice behaviour observed in the hermit crabs experimentally isolated from their shells *P. bernhardus* shows no apparent preference for *L. littorea* shells encrusted with the epibiotic polyps *H. echinata*. It is not clear, if they were in a poor condition after the treatment with fresh water or if there were other reasons for that.

For immediate protection it would be better for the hermit crab to choose shells with a lower contrast compared to the substrate, since these shells are harder to detect for predators, e.g. birds. But shells with a higher contrast might also be better detectable for the crabs. *H. echinata* forms light, slightly pink patches on the gastropod shells, hence enhancing the crypsis by making them appear paler in contrast to the substrate than shells without the polyps. Briffa & Elwood (2005) found that epizoic fauna might increase the protection from predators but might also decrease the shells quality by increasing the weight the hermit crabs have to carry. Since we used sand to cover the bottom of the arena, the contrast between substrate, new, and current shell should not differ greatly from their natural environment. To rule out preferences linked with the contrast, the same colour could have been used for all shells in the experiments (Briffa et al., 2008).

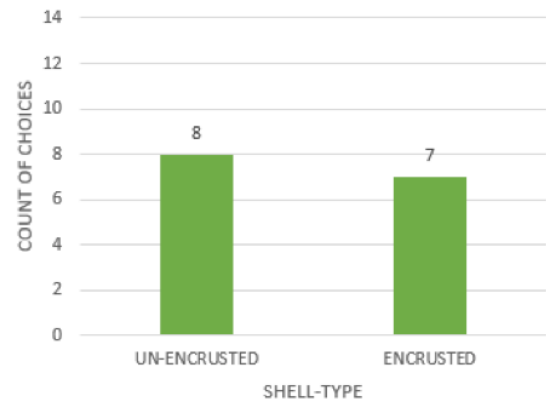


Fig. 4. Number of choices observed for un-encrusted and encrusted shells.

It is widely known that hermit crabs like *Dardanus* spp. live in close relationship with their symbionts and sometimes even actively transfer their epizoic fauna (Caruso et al., 2005). But it is also known that *P. bernhardus* does not show any behavioural patterns concerning their epibionts (Ross, 1971). It is not clear, whether *P. bernhardus* pays attention to epibionts at all. Calcareous epibionts like barnacles or polyps that cling to the shell, cannot be moved (Ross, 1971) and it was not observed in this study. It seems more likely that experimentally isolated hermit crabs rather pay attention to the first shell that offers protection. To rule out any interaction with other epibionts the shells could have been cleaned from any other epibionts such as barnacles and algae.

Briffa & Dalaway (2007) showed that males and females display different fighting behaviour over shells and it might be possible that they also make a different shell choice due to different criteria.

Gravel et al. (2004) proposed experiments to keep the variable choice dimensions from differing between two shell-choice options. They designed identical, artificial shells that rule out any form of natural variability and tested for the animals preferences. They focused on height width and other parameters

but did not investigate the role of *H.echinata*. The hermit crabs and snail shells used in the present study were collected in the field, and only a limited timeframe was available for the execution of the experiments, hence it was not possible to eliminate all other parameters that influence the hermit crabs choice behaviour. The offered shells were about the same size and quality but still differed slightly in one or more dimensions (e.g. shell thickness, weight, colour and other epibionts).

References

- Briffa et al. (2008): Behavioural colour change in the hermit crab *Pagurus bernhardus*: Reduced crypticity when threat of predation is high.
- Caruso, T., Falciai, L., Zupo, V., (2005). Do hermit crabs like living in sponges? *Paguristes eremita* and *Suberites domuncula*: biometric data from the southern Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 85, 1353–1357
- Briffa, M. & Dalaway, D., (2007): Inter-sexual contests in the hermit crab *Pagurus bernhardus*: females fight harder but males win more encounters. *Behavior Ecology Sociobiology* 61, pp 1781-1787
- Briffa, M. & Elwood, R.W. (2005): Metabolic consequences of shell-choice of *Pagurus bernhardus*: Do hermit crabs prefer cryptic or portable shells? *Behavioural Ecology and Sociobiology* 59: pp.143-148
- Davis, M. & Smith, E.(2007): Shell Selection in Hermit Crabs, *Biology* 342 http://academic.reed.edu/biology/professors/srenn/pages/teaching/web_2007/mdes_website/index.html , last visit: 01.10.2015 17:35
- Gravel et al. (2004): The use of artificial shells for exploring shell preference in the marine hermit crab *Pagurus longicarpus* (Say). *Annual Zool.Fennici* 41: pp.477-485
- Hazlett, B.A. (1981): The Behavioural Ecology of Hermit Crabs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: pp. 1-22
- Reese, E.S. (1962): Shell selection behaviour of Hermit Crabs *Animal Behavior* 10 pp. 347-360
- Reise, K. (2012): *Tidal Flat Ecology: An Experimental Approach to Species Interactions*. Springer Science & Business Media, pp. 25-34
- Ross, M. (1971) Protection of hermit crabs (*Dardanus* spp.) from octopus by commensal sea anemones (*Calliactis* spp.). *Nature* 230: pp. 401-402
- Stachowitsch, N. (1980): The epibiotic and endolithic species associated with the gastropod shells inhabited by hermit crabs *Paguristes oculatus* and *Pagurus cuanensis*, *PSZNI Marine Ecology* 1: pp.73-101
- Williams, J.D. & McDermott, J.J. (2004): Hermit crab biocoenoses: A worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 305: pp.1-128. DOI: 10.1016/j.jembe.2004.02.020

Unterschiede im Trematodenbefall von *Littorina littorea* in Abhängigkeit von der Wasserqualität

Steven Lischke; steven_lischke@yahoo.de
Bettina Johst; bettinajohst@gmail.com

Abstract

Human-induced environmental fluctuations affect the quality of life of flora and fauna. Organisms exposed to sub-optimal habitat conditions are more vulnerable to parasitic diseases. Larvae of marine trematodes infect marine molluscs, e.g. *Littorina littorea*. In this study we investigated how the health of periwinkles is influenced by freshwater outlet sluices through valuation of their trematode infection rate. We sampled periwinkles from two distinct areas in the mud flats of the north-German wadden sea and observed the emergence of cercariae after 24 hours. There was no significant difference between the sluice (2% infection rate) and the control region (4% infection rate). Surprisingly we detected a high infection rate of periwinkles sampled at the harbor of List compared to our investigation area. Since the sluice water is characterized by low salinity, we propose a correlation between salinity and the appearance of marine parasitic trematodes. Further studies will be needed to determine the chemical composition in order to evaluate how sluice water may impact the health of the common fauna in the wadden sea.

Einleitung

Marine Mollusken sind von einer Vielzahl von Parasiten befallen, wobei Trematoden eine der häufigsten Gruppe der parasitischen Metazoen darstellen (Lauckner, 1980). Trematoden nehmen Einfluss auf Wachstum, Verhalten, Reproduktion und Mortalität von Mollusken (Galaktionov et al., 2002; Krakau, 2004). Die Gemeine Strandschnecke *Littorina littorea* ist in der Nordsee von bis zu sechs verschiedenen Trematodenarten befallen (Emschermann, 2013). Marine Trematoden durchlaufen einen komplexen Lebenszyklus. *Renicola roscovita* beispielsweise, einer der dominierenden digenen Trematoden der Nordsee-Wattflächen, befällt verschiedene Möwenarten der Gattung *Larus* als Endwirt. Aus den mit dem Kot des Endwirtes ausgeschiedenen Eiern schlüpfen Miracidien, welche den ersten Zwischenwirt, *Littorina littorea*, befallen. Nach der ungeschlechtlichen Vermehrung werden freibewegliche Cercarien abgegeben, welche aktiv in den zweiten Zwischenwirt eindringen, vorwiegend *Cerastoderma edule* und *Mytilus edulis*, und hier Dauerstadien bilden, welche vom Endwirt aufgenommen werden (Thieltges, 2006).

Anthropogene Eingriffe und die damit einhergehende Veränderungen abiotischer Faktoren natürlicher Lebensräume führen oftmals zu der Herabsetzung optimaler Standortbedingungen. Veränderungen wie pH-Wert, Salinität, Temperatur und Wasserqualität können Einfluss auf das Immunsystem mariner Organismen nehmen (Vethaak, 1992). In dieser Arbeit soll der Einfluss der Entwässerung des Marschlandendes (Siel) in die Lister Bucht untersucht werden. Es wurde bereits ein negativer Effekt von Sielanlagen auf den Gesundheitszustand von Plattfischen (*Platichthys flesus*) festgestellt (Vethaak, 2011). Anhand der Trematoden-Infektionsrate soll festgestellt werden, inwiefern das Sielwasser in der Lister Bucht die Vitalität der Gemeinen Strandschnecken beeinflusst. Es wird angenommen, dass die Schnecken durch erhöhten Stress vermehrt von Trematoden befallen werden können. Hierzu wurden die Cercarien-Befallsraten im Einflussgebiet des Siels und in einer Kontrollfläche verglichen.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiete

Für die Untersuchung der Fragestellung wurden zwei Gebiete im Schlickwatt der Lister Bucht, hinter dem Lister Haken, gewählt. In diesen Gebieten wurden physikalische Messungen durchgeführt und Individuen von *Littorina littorea* entnommen. Das erste Gebiet befindet sich an dem Ausfluss eines Siels, welches in unmittelbarer Nähe des Schutzdeiches gelegen ist. Das Kontrollgebiet befindet sich ca. 150-200m entfernt von dem Bereich des Siels, in Richtung des offenen Meeres. Die Untersuchung erfolgte im September 2015.

Physikalische Parameter

Für die Untersuchung der physikalischen Parameter wie pH- Wert, Salinität und organischer Anteil wurden Wasserproben sowie Bodenproben entnommen. Die Wasserproben wurden mittels Falkontubes (50ml) gewonnen und anschließend im Labor mit einer pH- Elektrode untersucht. Die Bodenproben wurden mittels Stechrohr entnommen und in einem Trockenofen bei 100 °C getrocknet. Anschließend wurde das Trockengewicht der Bodenproben mit einer Präzisionswaage gemessen und in einem Muffelofen bei 500°C verbrannt. Die Differenz zwischen den Messwerten gibt den Glühverlust an und dient zur Abschätzung des Gehalts an organischem Material der Bodenproben. Des Weiteren wurden Temperatur- und Salinitätsmessungen vor Ort mittels Thermometer und Salinitätselektrode gemessen.

Stichproben

Die gemeinen Strandschnecken (*Littorina littorea*) wurden in den zwei Untersuchungsgebieten per Hand gesammelt. Jedes Individuum wurde einzeln in einem Plastikbehälter mit einer geringen Menge (3-5 ml) an Wasser aus der Meerwasserentnahmeanlage gehältert und bei konstanten 20°C Tag-Nacht-Rhythmus (14/10) im Labor aufbewahrt. Nach. 24 Stunden wurden die Tiere auf Cercarienbefall untersucht, indem das Wasser aus jeder Einzelprobe unter einem Stereomikroskop untersucht wurde. Die Cercarien wurden nach Emschermann (2013) bestimmt. Insgesamt wurden 48 Tiere an zwei Tagen pro Untersuchungsgebiet gesammelt. Pro Gebiet wurden je 3 Stichproben genommen, an dem ersten Tag 6, an dem zweiten Tag 10 Individuen pro Stichprobe. Die Stichproben hatten einen Radius von ca. 5 m. Des Weiteren wurden 35 Individuen vom Lister Hafen gesammelt und ebenfalls nach 24 Stunden auf Cercarienbefall

Tabelle 1. Messwerte physikalischer Parameter des Schlickwatts im Siel- und Kontrollbereich bei Niedrigwasser.

		Temperatur in °C	Salinität in ‰	pH-Wert
Kontrolle	Probe 1	14	15,5	7,7
	Probe 2	13	15,2	7,6
Siel	Probe 1	13	1,1	7,3
	Probe 2	13	0,4	7,2
Hafen	Probe 1	-	28,2	-
	Probe 2	-	28,1	-

Ergebnisse

Physikalische Parameter

Anhand der Temperaturmessungen im Siel (13°C) und im Kontrollbereich (13,5°C) konnte festgestellt werden, dass der Wassereintrag keinen Einfluss auf die Wassertemperatur bei Niedrigwasser hat. Die Messung der Salinität im Sielbereich ergab einen durchschnittlichen Salzgehalt von 0,75‰. Es handelt sich bei dem dem eingeleiteten Wasser um Süßwasser (Tab. 1). Demnach kommt es während des Niedrigwassers zur Verringerung des Salzgehaltes im Einflussgebiet des Siels. Im Vergleich dazu wurde in der Kontrollregion ein höherer Salzgehalt von durchschnittlich 15,4‰ gemessen. Dieser liegt ebenfalls unterhalb der Durchschnittssalinität des Nordseewassers am Lister Hafen (28,2‰). Der Kontrollwert unterscheidet sich deutlich vom Siel-Wasser (Tab.1). Weiterhin wurde ein leicht erhöhter pH-Wert des

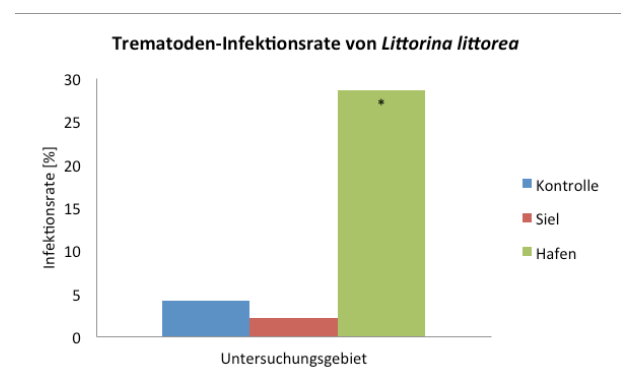


Abb. 1. Anzahl infizierter Strandschnecken in Prozent an den drei verschiedenen Untersuchungsstandorten.

Kontrollgebiets von 7,7 im Vergleich zum Siel von 7,3 gemessen (Tab. 1).

Anteil organischer Substanz im Sediment

Anhand des zusätzlichen Wassereintrags aus dem Marschgebiet wurde angenommen, dass eine Anreicherung organischer Substanz im Sielbereich erfolgt, welche einen unmittelbaren Einfluss auf die Flora und Fauna hat. Diese Annahme konnte hier nicht bestätigt werden, da die Messwerte des organischen Anteils im Siel- sowie Kontrollbereich identisch sind (Tab. 2).

Infektionsrate von *Littorina littorea* durch marine Trematoden

Für die Untersuchung der Infektionsrate von *Littorina littorea* wurden an verschiedenen Tagen mehrere Stichproben der Strandschnecken innerhalb des Siel- sowie Kontrollbereichs gesammelt. Von den

insgesamt 48 Schnecken des jeweiligen Untersuchungsgebiets wurden zwei infizierte Schnecken im Kontrollbereich ermittelt, welches einer Infektionsrate von 4,2% entspricht. Im Sielbereich konnte eine von *Cryptocotyle lingua* infizierte Schnecke identifiziert werden, dies ergibt eine Infektionsrate von 2,1% (Tab. 3). Im Kontrollbereich wurden die Trematodenarten *Cryptocotyle lingua* und *Himasthla elongata* in je einer der beiden infizierten Schnecken identifiziert.

Zusätzlich wurden Schnecken im Bereich des Lister Hafens gesammelt und deren Trematoden-Infektionsrate von 28,6% bestimmt. Von den 35 gesammelten Tieren zeigten zehn Individuen eine Trematodeninfektion, welche ausschließlich der Art *Renicola roscovita* angehörten (Abb. 1).

Tabelle 2. Ermittlung des organischen Anteils im Sediment des Schlickwatts im Kontroll- und Sielbereich.

		Trockengewicht in g	Glühgewicht in g	org. Anteil in g	\bar{x} org. Anteil in g
Kontrolle	Probe 1	15,91	14,65	1,26	
	Probe 2	15,47	14,63	0,84	
	Probe 3	11,52	11,12	0,4	0,8
Siel	Probe 1	17,71	17,21	0,5	
	Probe 2	8,57	7,47	1,1	
	Probe 3	-	-	-	0,8

Tabelle 3. Identifizierte Trematoden-Arten der infizierten Strandschnecken im Schlickwatt.

	Anzahl	Trematoden-Art
Kontrolle	1	<i>Himasthla elongata</i>
	1	<i>Cryptocotyle lingua</i>
Siel	1	<i>Cryptocotyle lingua</i>

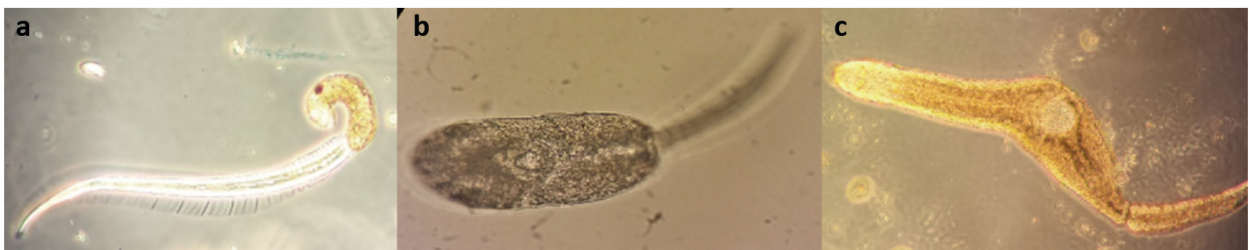


Abb. 2. Trematodenarten der gesammelten Strandschnecken a) Cercarie von *Cryptocotyle lingua*, b) Cercarie von *Renicola roscovita*, c) Cercarie von *Himasthla elongata*.

Diskussion

In diesem Versuch konnten wir zeigen, dass die Entwässerung des Marschlandes auf die von uns untersuchten Parameter wie Temperatur und pH-Wert einen vernachlässigbaren Einfluss nimmt. Weiterhin konnte kein zusätzlicher Nährstoffeintrag mittels organischer Substanz gemessen werden (Tab. 1). Allerdings wurde festgestellt, dass es sich bei dem eingeführten Abwasser um Süßwasser handelt und dieses somit die Salinität im Einflussbereich des Siels auf annähernd 0,7 ‰ herabsetzt. Die Salinität des Siel-Bereiches liegt somit deutlich unter dem Wert des Kontrollbereiches (Tab. 1). Verhaak et al. (1992)

konnten bereits einen direkten Zusammenhang von Salinität und Gesundheitszustand von *Platichthys flesus* herstellen. Hierbei führt der osmotische Stress aufgrund extremer Salzschwankungen zu Erkrankungen der Fische.

Die Untersuchung der Infektionsrate von *Littorina littorea* durch marine Trematoden in den zwei Untersuchungsgebieten zeigte jedoch keinen Unterschied (Abb.1). Es wird daher angenommen, dass die Zufuhr des Sielwassers keinen Einfluss auf den Trematodenbefall von Strandschnecken hat, was auf die unwesentlich divergierenden Parameter (Tab. 1)

zurückzuführen ist. Allgemein wurde eine vergleichsweise geringe Infektionsrate zwischen 2-4 Prozent festgestellt. Literaturangaben beschreiben aus dem Untersuchungsgebiet eine Infektionsrate von bis zu 33 Prozent (Emschermann et al. (2013)). Die Untersuchung eines weiteren Standorts (Lister Hafen) ergab eine deutlich erhöhte Infektionsrate im Vergleich zum untersuchten Schlickwatt (Abb. 1), welche den Literaturangaben entspricht. Wir nehmen an, dass der erhöhte Trematodenbefall im Hafenbecken auf die dortige konstantere Salinität zurückzuführen ist. Es konnte gezeigt werden, dass der Salzgehalt im Sielwasser während des Niedrigwassers fällt (Tab. 1), bei Hochwasser hingegen auf einem Nordsee-

üblichen Wert von ca. 28‰ liegt. Wir vermuten, dass die Fluktuation des Salzgehaltes direkt oder indirekt auf die Überlebensfähigkeit mariner Trematoden einwirkt. Lauckner et al. (1984) zeigten bereits, dass die Anzahl der von Trematoden infizierten Schnecken mit der sinkender Salinität fällt.

Es konnte gezeigt werden, dass Entwässerung des Marschlandes mithilfe von Sielen in das norddeutsche Wattenmeer an der Lister Bucht keine Auswirkungen auf den Befall von *Littorina littorea* mit marinen digenen Trematoden hat. Eine intensive Bewertung mutmaßlich eingeleiteter Schadstoffe steht aus, um eine eindeutige Aussage zur Vitalität der Gemeinen Strandschnecken zu treffen.

Literatur

Emschermann, P. et al.(2013): Lebensweise von Benthosorganismen. In: Meeresbiologische Exkursion, Beobachtung und Experiment (ed.D. Zissler), pp. 97-101. Springer-Verlag.

Galaktionov, K.V. et al. (2002): Comparison of resistance to environmental factors of the molluscs *Hydrobia ulvae* infected with trematoda parthenitae and free from infection. *Parazitologija*, 3:195-202.

Krakau, M. (2004): Eingeschleppte und heimische Mollusken im Wattenmeer: Unterschiede im Bewuchs und Parasitierung?. Doctoral dissertation, Universität Bremen.

Lauckner, G. (1980): Diseases of Mollusca, Gastropoda. In: Diseases of marine animals (ed.Kinne O), pp. 311–424. John Wiley&Sons.

Lauckner, G. (1984): Brackish-water submergence of the common periwinkle, *Littorina littorea*, and its digenean parasites in the Baltic Sea and in the Kattegat. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 37: 177-184.

Thieltges, D.W. (2006): Effect of infection by the metacercarial trematode *Renicola roscovita* on growth in intertidal blue mussel *Mytilus edulis*. *Mar Ecol Prog Ser*, 319: 129–134.

Vethaak, A.D. (1992): Diseases of flounder (*Platichthys flesus*) in the Dutch Wadden Sea and their relation to stress factors. *Neth J Sea Res*, 29: 257–272.

Vethaak, A.D. (2011): Effects of cumulative stress on fish health near freshwater outlet sluices into the sea: A case study (1988–2005) with evidence for a contributing role of chemical contaminants. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7.3: 445–458.

Untersuchung der Meiofauna unter Einfluss eines Sielabflusses im Schlickwatt

Phillip Pinder; pinderph@hu-berlin.de
Julia Joos; julia.joos@web.de

Abstract

Aim of this work was to assess the composition of the meiofauna in mudflat sediments, undisturbed and near a fresh water sewer. Meiofauna was chosen as a bioindicator, because it adjusts quickly and specifically to environmental changes. A lower diversity and abundance of the seven investigated taxa near the sewer was expected. As no statistically significant differences between the two locations could be found, this hypothesis has to be rejected. However, quantitative differences between meiofauna compositions could be observed. Additionally, a high nematode to copepode ratio in the sewer sediment suggests an influence of changing salinity and water quality. Further analyses of the sewer water is crucial for certain statements.

Einleitung

Die Meiofauna bezeichnet per Definition Organismen des Sandlückensystems, welche eine Größe von $50\ \mu\text{m}$ – $500\ \mu\text{m}$ besitzen (Snelgrove & Butman, 1994). In der Literatur finden sich jedoch unterschiedliche Größenangaben der Organismen. So können auch $20\ \mu\text{m}$ und $1000\ \mu\text{m}$ als Unter- und Obergrenzen angesehen werden (Danovaro 2010). Die Meiofauna stellt die häufigste Größenklasse im Benthos dar und besitzt häufig ein Vielfaches der metabolischen Aktivität der Makrofauna (Baldrighi et al. 2013; Gerlach 1971). Zusätzlich trägt ihre hohe Diversität und weite Verbreitung zur Ökosystemfunktion bei und erfüllt wichtige Funktionen in den Nahrungskreisläufen des Benthos (Woodward 2010). Zum Biomonitoring von sandigen Böden kann die Zusammensetzung der Meiofauna herangezogen werden, da diese schnell und spezifisch auf Verunreinigungen und Veränderungen reagiert (ICES 1978; Schratzberger & Warwick 1990). Beispielsweise führt die Versauerung von Ozeanen zu einer verminderten Artenvielfalt und höheren Mortalitätsraten in der Meiofauna (Thistle 2006). Ostracoden reagieren sehr empfindlich auf Schwermetall- und Ölverschmutzungen und anoxische Bedingungen, während viele Nematodenspezies tolerant gegenüber schwankenden Umwelteinflüssen sind (Ruiz 2005; Pusceddu 2007). Aus dem Verhältnis von Nematoden und Copepoden kann ein Koeffizient zur Einschätzung der Wasserqualität berechnet werden. Bei sauberem Wasser gibt es dabei weniger

Nematoden im Vergleich zu Copepoden. Große Werte des Koeffizienten zeigen hingegen hohe Einträge an organischem Material und damit zum Beispiel eine Abwasserverschmutzung an. (Raffaelli & Mason 1981). Dies liegt einerseits an einem erhöhten Anteil an Nematoden, welche die organischen Ablagerungen verwerten können, andererseits reagieren Copepoden deutlich empfindlicher auf Umweltstress und sind deshalb weniger abundant vertreten (McIntyre 1977).

Die Artzusammensetzung der Meiofauna ist außerdem wesentlich von der Beschaffenheit des Sediments abhängig. Dabei bedingt die Korngröße als wichtiger Faktor die physikalischen Eigenschaften. Von den drei so zu definierenden Wattarten, Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt, ist letzteres diejenige mit der kleinsten Korngröße, und damit dem größten Wassergehalt und der geringsten Umlagerungsrate. Der Sauerstoffgehalt ist sehr niedrig, der Reduktionshorizont liegt nah unter der Oberfläche und der organische Anteil beträgt um die 10 %. (Kock, 1991)

In List auf Sylt befindet sich ein Schlickwatt im Königshafen zwischen dem Deich und der Sandbank „Lister Haken“. Ein dort gelegener Siel dient der Entwässerung des hinter dem Deich liegenden Gebiets. Das hier abfließende Süßwasser fließt direkt ins Schlickwatt hinein und setzt damit einen Teil des Gebiets permanent unter Wasser. Bei Flut mischt sich jedoch das Süßwasser aus dem Siel mit dem Meerwasser und die Salinität schwankt daher regelmäßig.

Im Folgenden wurde untersucht, ob sich die Zusammensetzung der Meiofauna im Schlickwatt und im Sediment, das ständig unter dem Einfluss des Sielabflusses steht, unterscheidet. Eine geringere Diversität und Abundanz der Meiofauna-Organismen am Sielabfluss wird

vermutet, da dort ein hoher osmotischer Stress und möglicherweise Wasserverunreinigungen vorhanden sind. Dies würde die Verwendung der Meiofauna-Zusammensetzung als Bioindikator weiter bestätigen.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Meiofauna-Zusammensetzung wurden Sedimentproben von zwei Standorten an der Lister Küste (Sylt) genommen. Dabei repräsentierte ein Standort das Schlickwatt, während der andere sich an einem stets überspülten Sielabfluss befand. (s. Abb. 1)

Zur Sedimentbeprobung wurden Stechrohre mit 8,5 cm Höhe und 3,8 cm Durchmesser verwendet; das Probenvolumen betrug demnach 96,4 cm³. Jeweils zwei Proben pro Standort wurden an je zwei aufeinanderfolgenden Tagen zum Zeitpunkt des ersten Niedrigwassers des Tages entnommen. Zusätzlich wurden am zweiten Beprobungstag Wasserproben entnommen. Die Wasserproben wurden mittels Salinimeter und pH-Meter analysiert.

Zum Austreiben der Meiofauna aus den Sedimentproben wurde die Uhlig-Methode verwendet. Dabei wurden Probenrohre verwendet,

die mit einer Gaze der Maschengröße 250 µm bespannt sind. Die Sedimentproben wurden in die Probenrohre gefüllt. Zum Austreiben der Meiofauna wurden Süßwassereiswürfel aufgelegt. Die ausgetriebenen Organismen wurden in mit Meerwasser gefüllten Petrischalen aufgefangen. Nach 3 h wurden diese mittels eines Binokulars quantitativ ausgewertet, dabei wurde eine Stärke-Wasser-Mischung untergerührt, um die Organismen zu verlangsamen.

Die Proben wurden auf sieben Großgruppen hin ausgezählt, welche in Vorversuchen bestimmt wurden: Nematoden, Plathelminthen, Copepoden, Ostracoden, Ciliaten, Foraminiferen, Diatomeen (Abb. 2). Die Verteilung wurde mittels f- und t-Test statistisch ausgewertet. Zusätzlich wurde der Wilcoxon-Rank-Sum-Test durchgeführt.



Abb. 1. Königshafen in List (Sylt): Übersicht des Probengebiets.

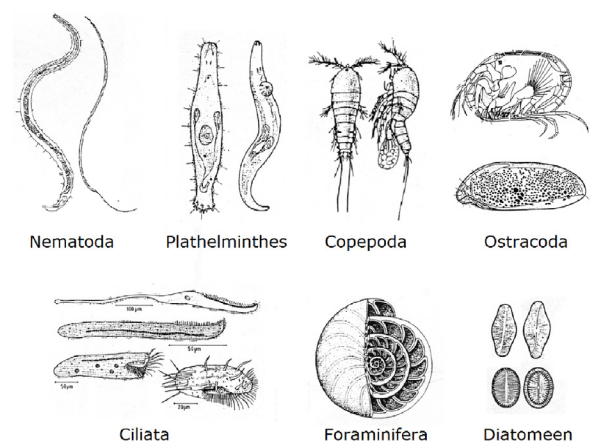


Abb. 2. Übersicht der sieben untersuchten Meiofauna-Großgruppen.

Ergebnisse

Die Analyse der Wasserproben ergab einen pH-Wert von 8,5 für das Schlickwatt und von 7,1 für den Sielabfluss. Die Salinität betrug beim Schlickwatt 27,7 ‰ und beim Sielabfluss 0,4 ‰. Bei der Probennahme am Sielabfluss wies das Wasser eine rötliche bzw. rostige Färbung auf.

Die Analyse der Meiofauna ergab eine höhere Diversität im Schlickwatt. Dort fanden sich außer den sieben Großgruppen eine Nauplius-Larve eines Copepoden, ein Oligochaet (*Chaetogaster* sp.) und ein Polychaet (*Prototriloides* sp.) (s. Abb. 3 und 4). Im Schlickwatt dominierten die Copepoden deutlich (33 %), gefolgt von den Plathelminthen (18 %) und Ostracoden (13 %). Im Sielwatt dominierten die Diatomeen (33 %), gefolgt von den Nematoden (23 %) und den Ciliaten (17 %) (s. Abb. 5). Im direkten Vergleich der Großgruppen konnte mittels eines t-Tests

keine statistische Signifikanz im Unterschied der Abundanzen festgestellt werden (s. Tabelle 1). Der zusätzlich durchgeführte Wilcoxon-Test ergab nur für die Gruppe der Ostracoden einen statistisch signifikanten Unterschied (p-Wert = 0,02). Diese waren im Schlickwatt neunmal öfter vorhanden als im Sielwatt. Trotz fehlender statistischer Signifikanz waren im Schlickwatt außerdem fast dreimal so viele Copepoden wie im Sielabfluss vorhanden. Dagegen wurden im Sielabfluss mehr als doppelt so viele Nematoden und Diatomeen wie im Schlickwatt gefunden. Bei Berechnung des Nematoden-Copepoden-Koeffizienten, ergibt sich ein kleinerer Wert fürs Schlickwatt als für den Sielabfluss (s. Abb. 6).

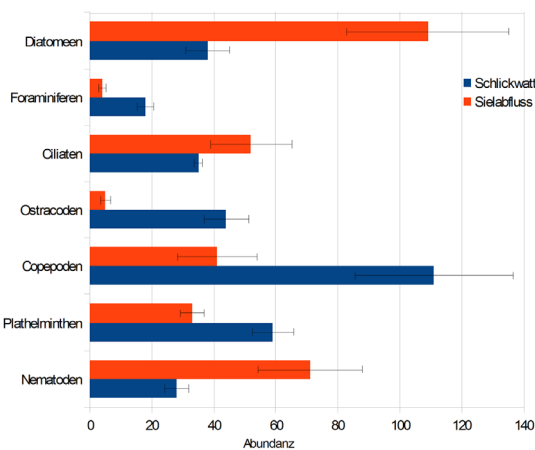


Abb. 3. Vergleich der Abundanzen der sieben Großgruppen aus beiden Sedimenten.

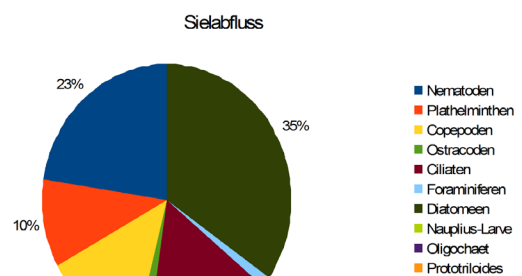


Abb. 5. Prozentuale Verteilung der Organismen aus dem Sielabfluss.

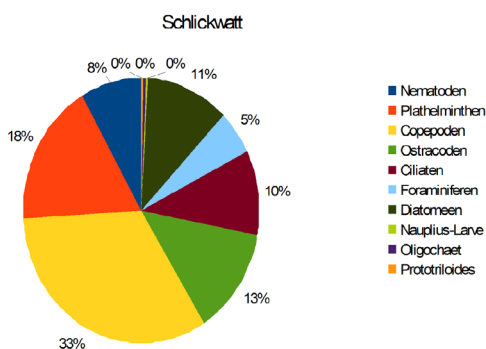


Abb. 4. Prozentuale Verteilung der Organismen aus dem Schlickwatt.

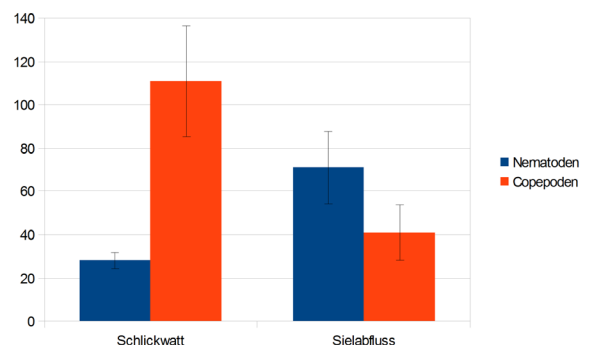


Abb. 6. Verhältnis von Nematoden zu Copepoden im Schlickwatt und am Sielabfluss.

Diskussion

Im Schlickwatt konnte eine leicht höhere Biodiversität von Großgruppen nachgewiesen werden. Die Hypothese, dass an den beprobten Standorten eine unterschiedliche Gruppenzusammensetzung vorliegt, konnte nicht bestätigt werden, da statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppenverteilungen festgestellt werden konnten. Trotzdem waren Unterschiede in den absoluten Häufigkeiten der einzelnen Großgruppen zu erkennen. Im Schlickwatt wurden mehr Copepoden und Ostracoden gefunden, während im Sielabfluss Nematoden und Diatomeen vorherrschten. Gründe dafür könnten die unterschiedlichen Wasserqualitäten sein.

Das Sediment am Sielabfluss war ständig von neutralem Süßwasser überspült, was zu veränderten osmotischen Bedingungen bei Niedrigwasser führt. Im Schlickwatt dagegen herrscht ständig ein leicht basischer pH-Wert und eine höhere Salinität, beides Bedingungen, die dem Meerwasser entsprechen (s. Tabelle 2). Der erhöhte osmotische Stress am Sielabfluss hat vermutlich negative Auswirkungen auf empfindliche Organismen, z. B. Copepoden und Ostracoden. Zudem lag aufgrund der rötlichen Färbung des Sielwassers die Vermutung eines erhöhten Eisenoxidgehalts unter sauerstoffarmen Bedingungen vor, dies konnte jedoch nicht weiter untersucht werden. Unter dieser Annahme lassen sich allerdings die unterschiedlichen Abundanzen von

Nematoden, Copepoden und Ostracoden an den beiden Standorten erklären, da die beiden letzteren sehr sensitiv auf Sauerstoffarmut reagieren, während Nematoden allgemein toleranter gegenüber Umweltveränderungen sind (Ruiz 2005; Pusceddo 2007).

Das daraus berechnete Verhältnis von Nematoden zu Copepoden zeigt, dass im Sielwatt stärkere Verschmutzungen vorliegen. Raffaelli und Mason (1981) konnten einen Zusammenhang dieses Koeffizienten mit dem Verschmutzungsgrad durch organisches Material nachweisen. Ein weiterer Grund für die geringere Abundanz der Copepoden könnte der schwankende Salzgehalt am Sielabfluss sein, da dieser zwischen Ebbe und Flut stark schwankt.

Eine zukünftige Untersuchung mit einer größeren Probenanzahl über einen längeren Zeitraum würde wahrscheinlich statistisch besser verwertbare Ergebnisse liefern. Auch könnte man untersuchen, ob sich die Meiofauna-Zusammensetzung verändert, wenn man einen Teil des Schlickwatts künstlich mit Süßwasser bewässert. Auch könnte die Uhlig-Methode mit einer größeren Mascheweite (z. B. 500 μm) andere Ergebnisse hervorbringen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine genaue Analyse des Sielwassers zur Interpretation der Ergebnisse notwendig ist.

Tabelle 1. Absolute Häufigkeiten der sieben Großgruppen im Schlickwatt und am Sielabfluss. P-Werte geben die Irrtumswahrscheinlichkeiten beim Vergleich der beiden Proben im student's t-test an.

Organismen/Sediment	Schlickwatt	Sielabfluss	p-Werte
Nematoden	28	71	0.35
Plathelminthen	59	33	0.21
Copepoden	111	41	0.34
Ostracoden	44	5	0.10
Ciliaten	35	52	0.63
Foraminiferen	18	4	0.11
Diatomeen	38	109	0.33
Nauplius-Larve	1	0	
Oligochaet	1	0	
Prototriloides	1	0	

Tabelle 2. pH-Werte und Salinitätsmessungen der beprobten Standorte.

Wattart	pH	Salinität [‰]
Schlickwatt	8.5	27.7
Sielwatt	7.1	0.4

Literatur

- Baldrighi, E., Aliani, S., Conversi, A., Lavaleye, M., Borghini, M., Manini, E. (2013): From microbes to macrofauna: an integrated study of deep benthic communities and their response to environmental variables along the Malte escarpment (Ionian Sea). *Sci Mar*, 77(4):625-639
- Danovaro, R. (2010): *Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity.*, CRC Press, Boca Raton
- Gerlach, S.A. (1971): On the importance of marine meiofauna for benthos communities. *Oecologia*, 6(2):176-190
- ICES (1978): On the feasibility of effects monitoring. Cooperative Research Report No. 75, 42 pp.
- Kock, K. (1991): *Das Watt: Lebensraum auf den zweiten Blick*. 6. Ausgabe, Verlagsdruckerei Bohns & Co, Heide
- Pusceddu, A., Frascchetti, S., Mirto, S., Holmer, M., Danovaro, R. (2007): Effects of intensive mariculture in sediment biochemistry. *Ecol Appl*, 17(5): 1366-1378
- Snelgrove, P. V. R., Butman, C.A. (1994): Animal Sediment Relationships Revisited: Cause versus Effect, *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32: 111-177,
- Thistle, D., Sedlacek, L., Carman, K.R., Fleeger, J.W., Brewer, P.G. (2006): Simulated sequestration of industrial carbon dioxide at a deep-sea site: effects on species of harpacticoid copepods. *J Exp Mar Biol Ecol*, 330:151-158
- Woodward, G. (2010): *Integrative ecology: from molecules to ecosystems*, Volume 43 advances in ecological research, Academic Press, London

Unterschiede in der Meiofauna-Zusammensetzung in Abhängigkeit der abiotischen Faktoren im Schlick- und Sandwatt in List auf Sylt

Utku Yagmur Bingül; utbingg@yahoo.de
Thekla von Bismarck; thekla@v-bismarck.de

Abstract

The composition of organisms in the interstitial depends on various abiotic factors of the habitat, e.g. grain size, water content and depth of the oxidation horizon in the sediment. In this study, we compared the presence and abundance of selected organisms in the intertidal estuarine mudflat and the tidal sand flat. The study took place on the island Sylt at the Alfred-Wegener-Institut in List. The results show that there is a clear difference between the two habitats. In the sediment of the tidal sand flat we could observe a larger total number of organisms than in the estuarine mudflat. Predominantly we found ciliates in the sand flat and copepoda in estuarine mudflat. Although there is a need for further studies we can tell that our experiment supports the hypothesis that there is a difference between the two habitats respective constellation and abundance of organisms in the intertidal system.

Einleitung

Es gibt drei verschiedene Wattarten in der deutschen Nordsee: Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt. Diese kommen durch unterschiedliche Strömungsverhältnisse zustande, die entweder die Ablagerung von kleineren Sedimentpartikeln ($<0,06$ mm) im Falle von Schlickwatt oder von größeren ($>0,1$ mm) wie beim Sandwatt begünstigen. Mischwatt stellt die Übergangsform dieser beiden Wattarten dar (Kock 1991).

Organismen, welche im Lückenraum zwischen den Sedimentpartikeln leben, werden als Meiofauna bezeichnet. Dieser Lebensraum wird auch Mesopsammon oder Interstitial genannt (Remane 1964). Sie passieren, je nach Definition, ein Sieb von $500 \mu\text{m}$ Maschenweite, werden aber bei $63 \mu\text{m}$ zurückgehalten (Emschermann et al. 1992). Dazu gehören Tiere der verschiedensten Gruppen, u.a. sind Fadenwürmer (Nematoda), Plattwürmer (Plathelmintha), Wimperntiere (Ciliata), Gliederfüßer (Arthropoda) und Ringelwürmer (Annelida) vertreten.

Der Einfluss der unterschiedlichen Wattarten auf die Zusammensetzung der Meiofauna wurde bereits mehrfach untersucht (z.B. Uhlig et al. 1973; Remane 1964). Allerdings konnten Gründe für die unterschiedliche Zusammensetzung der Meiofauna nicht abschließend geklärt werden. Die Vermutung liegt nahe, dass im Schlickwatt mit einer sehr dünnen Oxidationsschicht, einem hohen Wasseranteil und großen Mengen an organischem Material ein Lebensraum für andere Organismen geboten wird als im Sandwatt, in welchem gegenteilige Verhältnisse herrschen (Kock 1991).

Im Folgenden wurde durch Bestimmen und Auszählen ausgewählter Meiofauna-Organismen ein Vergleich zwischen der Biozönose des Schlickwatt-Interstitials und des Sandwatt-Interstitials angestellt. Dabei gehen wir der Frage nach, ob die ausgesuchten Meiofauna-Taxa in beiden Sedimenttypen anzutreffen sind und ob deren Abundanz variiert.

Material und Methoden

Die Bodenprobenentnahme für den Meiofauna-Vergleich wurde vor und hinter dem Lister Sandhaken (Abb. 1 siehe Pfeile) an zwei aufeinander folgenden Tagen, dem 27. und 28. September 2015, während des ersten Niedrigwassers des Tages durchgeführt. Dafür wurden mit Hilfe von Stechrohren definierte Mengen an Watt, ca. 96 cm³, entnommen. Die Proben wurden immer im gleichen Gebiet, jedoch an unterschiedlichen Stellengesammelt.

Die folgenden Laboruntersuchungen wurden in der Wattenmeerstation Sylt am Alfred-Wegener-Institut des Helmholtz-Zentrums für Polar- und Meeresforschung durchgeführt.

Zum Austreiben der Meiofauna-Organismen wurde eine Uhlig-Apparatur verwendet und das Verfahren leicht verändert, indem wir Süßwasser-Eis anstelle von filtriertem Meerwasser-Eis verwendet haben. Die Apparatur besteht aus Plastikröhren, in die eine 250 µm Gaze gespannt ist. Diese wurden in Ständern über mit Meerwasser gefüllten Petrischalen platziert. Die Probe wurde in die Röhren auf die Gaze gegeben und mit Süßwasser-Eis überschichtet. Das schmelzende Eis verursacht einen Temperatur- und Salinitäts-

gradienten, der die Meiofauna-Organismen dazu veranlasst, abwärts zu wandern und sich in den Petrischalen zu sammeln. Zusätzlich lösen sich durch den osmotischen Schock hierbei die Organismen vom Sediment. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Extraktion solcher Meiofauna - Organismen, die durch klebrige Sekrete normalerweise fest ans Sediment gebunden sind (Uhlig et al. 1973). Die extrahierten Organismen können dann lebend beobachtet und isoliert oder direkt fixiert werden.

Da die Gruppenzugehörigkeit mancher Organismen nur durch deren charakteristische Bewegung festgestellt werden konnte, wurden sie nicht fixiert, sondern durch Zugabe von 3-6 ml Kleister in die Petrischale verlangsamt. Der Kleister wurde aus einer Mischung aus Kartoffelstärke und Zucker hergestellt und solange mit Wasser verdünnt, bis dieser die richtige Konsistenz besaß.

Um die Organismen zu bestimmen und zu zählen, wurden sie in einer in Quadrate unterteilten Petrischale unter einem Binokular bei 16-facher Vergrößerung untersucht

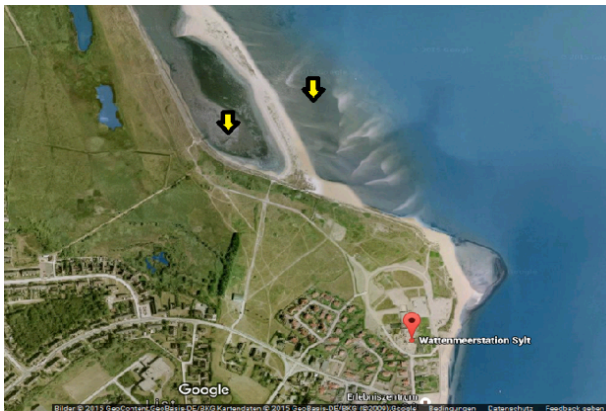


Abb. 1. Standort und Probenentnahmestellen mit Pfeilen gekennzeichnet, linker Pfeil: Schlickwatt, rechter Pfeil: Sandwatt.

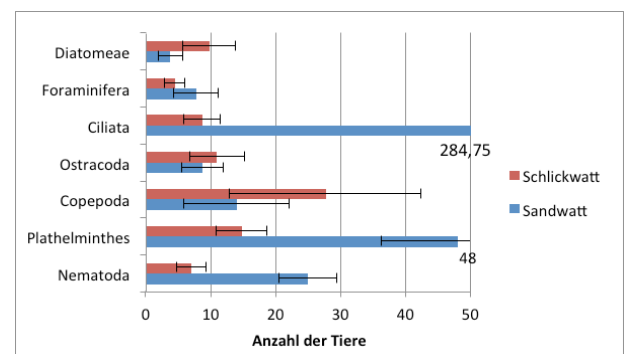


Abb. 2. Vergleich der Anzahl der bestimmten Organismen als Mittelwert der Anzahlen der jeweiligen Großgruppen in Sand- und Schlickwatt; Fehlerbalken sind Standardfehler.

Tabelle 1. Anzahl der bestimmten Organismen verschiedener Großgruppen in vier Sandwattproben.

	Nematoda	Plathelminthes	Copepoda	Ostracoda	Ciliata	Foraminifera	Diatomeae	Gesamt
Sandwatt								
1. Probe	36	64	3	7	533	1	1	645
2. Probe	28	72	7	4	424	8	2	545
3. Probe	20	27	38	18	113	17	9	242
4. Probe	16	29	8	6	69	5	3	136
Gesamt	100	192	56	35	1139	31	15	1568

Ergebnisse

Die Untersuchungen haben einen klaren Unterschied zwischen der Biozönose des Sandwatts und der des Schlickwatts ergeben. Mit 285 Ciliaten wurden im Sandwatt fast dreißigmal so viele Individuen dieser Gruppe gezählt wie im Schlickwatt, wo nur 10 gezählt wurden (Abb. 2). Diese Gruppe setzt sich aus verschiedenen Meiofauna-Arten dieser Großgruppe zusammen. Plathelminthes und Nematoda stechen ebenfalls hervor.

Im Schlickwatt (Abb. 4) ist das Vorkommen der Großgruppen gleichmäßiger verteilt. Bei einem Drittel der beobachteten Organismen handelt es sich um Copepoden, 18% sind Plathelminthes. Die restlichen 50% setzen sich aus Ostracoda, Ciliata, Diatomeae, Nematoda und Foraminifera zusammen. Auffällig ist das verstärkte Vorkommen von Diatomeen im Schlickwatt, die dort mit 12% deutlich häufiger zu finden sind als im Sandwatt (1%). Vereinzelt haben wir auch Gnathostomulida (Sandwatt), Tardigrada (Sand-

watt), eine Nauplius-Larve eines Copepoden (Schlickwatt), Oligochaeta (Schlickwatt) und Prototriloides (Sandwatt) gefunden. Vertreter dieser Gruppen kamen in unseren Proben jeweils als einzelne Individuen vor.

Auch die Gesamtanzahl der Organismen variiert stark, sowohl zwischen den zwei Wattarten als auch zwischen den zwei verschiedenen Tagen der Probenentnahme. Mit 1190 wurden am ersten Tag in zwei Stichproben mehr als drei Mal so viele Organismen im Sandwattsediment gezählt wie in den darauf folgenden zwei Stichproben, in denen 378 Organismen vermerkt werden konnten. Im Schlickwatt verhielt es sich gegensätzlich: Am zweiten Probenstag wurden mit 258 mehr als drei Mal so viele Organismen im Sediment gezählt wie am ersten (75 Organismen). Auffallend ist hier auch der große Unterschied zwischen Schlickwatt und Sandwatt. Im Sandwatt konnte im Vergleich zum Schlickwatt die fünffache Menge an Organismen gezählt werden.

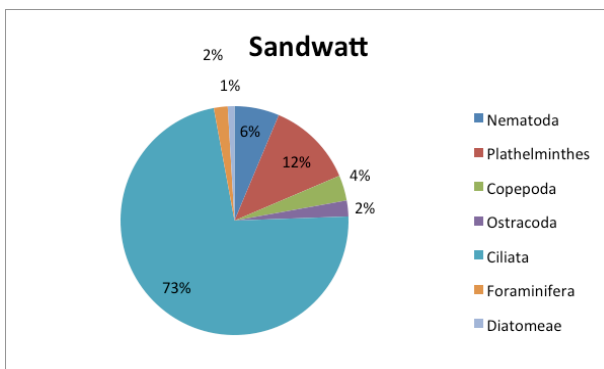


Abb. 3. Durchschnittlicher, prozentualer Anteil der bestimmten Großgruppen an der Gesamtanzahl der gezählten Organismen im Sandwatt.

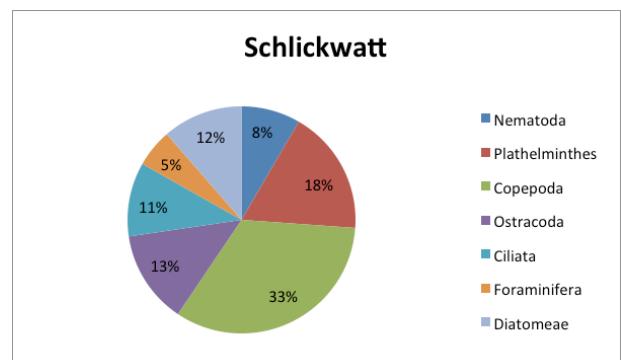


Abb. 4. Durchschnittlicher, prozentualer Anteil der bestimmten Großgruppen an der Gesamtanzahl der gezählten Organismen im Schlickwatt.

Tabelle 2. Anzahl der bestimmten Organismen verschiedener Großgruppen in vier Schlickwattproben.

	Nematoda	Plathelminthes	Copepoda	Ostracoda	Ciliata	Foraminifera	Diatomeae	Gesamt
Schlickwatt								
1. Probe	5	6	1	2	6	3	1	24
2. Probe	2	19	6	12	6	1	5	51
3. Probe	12	11	63	22	17	6	19	150
4. Probe	9	23	41	8	6	8	13	108
Gesamt	28	59	111	44	35	18	38	333

Diskussion

Mit diesem Experiment sollte untersucht werden, ob Unterschiede in der Zusammensetzung als auch in der Abundanz von ausgewählten Großgruppen der Meiofauna in den zwei Wattarten Sand- und Schlickwatt vorhanden sind. Durch Bestimmen und Auszählen der interstitiellen Fauna hat es sowohl in der Gesamtanzahl der Organismen als auch in der Abundanz der verschiedenen Gruppen Unterschiede ergeben, was die Hypothese dieser Versuche bestätigt.

Die Unterschiede in der Gesamtpopulation des Meiobenthos der beiden Wattarten kann mit den verschiedenartigen Tiefen der Oxidationsschicht zusammenhängen. Die Verfügbarkeit von Sauerstoff ist im Schlickwatt auf wenige Millimeter an der Oberfläche beschränkt, im Sandwatt ist die Oxidationsschicht mehrere Zentimeter tief (Kock 1991). Dementsprechend ist in den Proben gleicher Größe und Tiefe ein verschieden großer aerober Lebensraum vorhanden. Deswegen werden im Folgenden die durchschnittlichen prozentualen Anteile insgesamt über alle Meiofauna-Gruppen diskutiert.

Besonders auffällig ist der Unterschied in der Abundanz der Diatomeen. Im Schlickwattsediment wurden mehr als doppelt so viele Diatomeen gezählt wie im Sandwattsediment (s. Tab. 1 & 2). Diatomeen besitzen Chlorophyll und produzieren Sauerstoff. Sie liegen daher vermehrt an der Oberfläche, wo sie im Sandwatt regelmäßig weggespült werden (Kock 1991). Im Schlickwatt bleiben sie an der Oberfläche liegen und tauchten daher vermehrt in unseren Proben auf. Außerdem waren die kleinen Diatomeen in der vergleichsweise organismenleeren Schlickwattprobe leichter auszumachen als in der Sandwattprobe.

Den Beobachtungen des Experiments zufolge finden die Gruppe der Ciliata hingegen im Sandwatt (ca. 73%, siehe Abb. 3) die besten Lebensbedingungen, welche sich in dem hohem Anteil in der Gesamtprobe widerspiegelt. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass sie dort ein großes Nahrungsangebot, u.a. Bakterien, Algen oder andere Ciliaten, vorfinden.

Im Gegensatz dazu ernähren sich Copepoda und Ostracoda hauptsächlich durch das Abgrasen von Algen. Da wir im Schlickwatt viele Kieselalgen gefunden haben, kann man das dortige Auftreten dieser Großgruppen damit erklären. Im Sandwatt machen diese mit 4% bzw. 2% einen erheblich geringeren Anteil aus. Plathelminthes, Foraminifera und Nematoda findet man nahezu in gleichen Anteilen in beiden Wattarten. In den Untersuchungen wurden die Organismen jedoch nicht bis auf Artebene bestimmt, was eine Aussage über deren Lebens- und Ernährungsweise nicht zulässt. Deswegen kann die Frage, warum gerade diese Zusammensetzungen in den Wattarten vorherrschend waren, nicht abschließend beantwortet werden.

In einschlägiger Literatur (Sommer 2005) wird berichtet, dass üblicherweise mehr als 60% der Metazoen von Nematoden ausgemacht werden. Dies konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Jedoch wurde zum Herausieben der Meiofauna eine Gaze mit 250 μm Maschenweite verwendet, Meiofauna-Organismen können laut Definition jedoch bis zu 500 μm groß werden. Somit ist die größere interstitielle Fauna nicht in unseren Proben enthalten.

Die Unterschiede in der Gesamtanzahl der Organismen zwischen den Stichproben am ersten

Tag der Probenentnahme, den Probe 1 und 2, und denen am zweiten Tag, Proben 3 und 4, im Sandwatt als auch im Schlickwatt verdeutlichen, dass bereits minimale Schwankungen der abiotischen Faktoren (z.B. Stärke der Sonneneinstrahlung und dadurch Wassergehalt des Sediments zum Zeitpunkt der Probenentnahme usw.) enorme Auswirkungen auf die Ergebnisse der Untersuchung haben können.

Aufgrund unserer Ergebnisse kann man sagen, dass weitere intensivere Untersuchungen mit größeren Stichprobenmengen zur Meiofauna-Zusammensetzung nötig sind, um eindeutige Kenntnisse über die Biozönose des Wattenmeeres

in Erfahrung zu bringen. Desweiteren ist dies nötig, um eventuelle Aussagen über die Gründe der Zusammensetzungen in den unterschiedlichen Wattarten treffen zu können. Faktoren wie Korngröße, Wassergehalt und -qualität, Nahrungsangebot, Algenbewuchs und Bakterien im Sediment müssen in Zusammenhang mit den quantitativen Analysen berücksichtigt werden. Außerdem wäre eine Langzeitstudie erkenntnisbringend, um den Einfluss von verschiedenen Tagen und deren spezifischen Bedingungen, wie zum Beispiel Wetterlage, Wasserstand u.ä., bewerten zu können

Literatur

Emschermann, P., O. Hoffrichter, H. Körner, und D. Zissler. Meeresbiologische Exkursion. Gustav Fischer Verlag, 1992: S.39

Kock, Klaus. Das Watt: Lebensraum auf den zweiten Blick. 6. Heide: Verlagsdruckerei Boyens & Co., 1991.

Remane, Adolf. „Die Bedeutung der Struktur für die Besiedlung von Meeresbiotopen.“ Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1964: 343-358.

Sommer, Ulrich. Biologische Meereskunde. Bd. 2. Heidelberg: Springer, 2005.

Uhlig, G., H. Thiel, und J. Gray. „Die quantitative Isolierung der Meiofauna. Ein Methodenvergleich.“ Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1973: 173-195.

Analysing consumption rate and prey preferences of *Carcinus maenas* L. (List, Sylt)

Michel Schmidt; michel.schmidt@student.hu-berlin.de

Vivian Schunke; schunkev@hu-berlin.de

Abstract

The recent spreads of *Carcinus maenas* alongside parts of the worldwide shorelines indicate the importance of further experiments concerning the behavior of this invasive member of the family Portunidae. The natural habitat of these crabs ranges from open sand beaches and marshes to the preferred rocky coasts, which provide better protection and more accessible nutrients. In order to determine what factors influenced territorial behavior of *Carcinus maenas* we designed laboratory experiments. Each crab was provided with a small shelter and we investigated if and when a crab is able to defend its hideout. We examined the influence of sex, size, and starting position on the success rate. We discovered that the size had the main impact on the outcome of the struggle for shelter. Sex and starting position had minor impacts on the outcome of the experiments..

Einleitung

Die Gemeine Strandkrabbe (*Carcinus maenas* L.), deren natives Verbreitungsgebiet im Nord-Ost-Atlantik liegt und die mittlerweile in zahlreiche andere Meere vorgedrungen und dort invasiv ist (Trussell & Smith, 2000), galt schon in früherer Zeit als Modellorganismus für die Studie von Räuber-Beute-Beziehungen (Elner & Hughes, 1978). In den hiesigen Breiten bewohnt sie in den wärmeren Monaten das Eulitoral und zieht sich in den Wintermonaten ins Sublitoral (Ropes, 1968) zurück. *C. maenas* gilt als omnivor, und obwohl Bivalvia als Hauptbeute gelten (Ropes 1968, Raffaelli et al. 1989) ist auch die Prädation anderer Organismen, wie Polychaeten (*Hediste diversicolor*) und selbst Decapoden (*Crangon crangon*) beschrieben worden (Baeta et al., 2006).

Im Ökosystem Wattenmeer an der Deutschen Bucht gilt *C. maenas* als Schlüsselart und ernährt sich hauptsächlich von Mollusken, darunter auch der Miesmuschel (*Mytilus edulis*). Die Gewöhnliche Strandschnecke (*Littorina littorea*) ist im selben Habitat und mitunter direkt auf den Muscheln zu finden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass diese auch von *C. maenas* prädatiert wird. Während einige Studien auf das Risiko-Verhalten (Haefker, 2010) und andere auf die Profitabilität (Smallegange & van der Meer, 2003) der Beuteorganismen eingehen, gibt

es bisher keine Untersuchung, die *C. maenas* bezüglich der Präferenz auf eine dieser beiden Weichtiere hin getestet hat.

Ziel der vorliegenden Studie war es, herauszufinden, ob bei gleichzeitigem Angebot beider Beuteorganismen eine Präferenz erkennbar ist. Im Detail wurden Konsumptionsraten der Krabben am Standort Sylt erhoben und analysiert, inwiefern sich diese für die einzelnen Beuteorganismen voneinander unterscheiden. Ferner wurde ermittelt, ob sich die Konsumptionsrate ändert, wenn die Nahrung mit beschädigtem Gehäuse dargeboten und so die Handhabungszeit (handling time) um den Parameter Aufbrechzeit (breaking time) reduziert wird.

Es wurden die Hypothesen getestet, ob die Konsumptionsrate von *C. maenas* in den Einzelversuchen bei Beute mit manipulierter Schale höher ist als bei unversehrter Beute (H1), und ob unabhängig der Vorbehandlung mehr Muscheln als Schnecken gefressen werden (H2). Dies steht zu erwarten, da die Muschelschalen leichter zu knacken sind als die Gehäuse der Schnecken und pro Individuum auch mehr Fleisch verfügbar ist. Zusätzlich wurde noch untersucht, ob in einem Präferenzversuch, bei dem *C. maenas* beide Beuteorganismen in manipuliertem Zustand angeboten wurden, auch unter diesen Bedingungen bevorzugt *M. edulis* gefressen werden (H3).

Material und Methoden

Gesammelt wurden adulte Männchen (mittlere Carapaxlänge: 3,6 cm) der Gemeinen Strandkrabbe (*C. maenas*, 36 Individuen) wie auch ihre Beutetiere, die Miesmuschel (*M. edulis*) sowie die Gemeine Strandschnecke (*L. littorea*) in ausreichender Anzahl am Strand von List (Sylt) unweit des Hafens. Als Auswahlkriterium geeigneter *C. maenas* war das Vorhandensein unbeschädigter Chelae ausschlaggebend. Die Tiere wurden separat in einzelnen, kontinuierlich mit Frischwasser versorgten Meerwasserbehältern nach Sammlung einen Tag ohne Nahrung gehalten.

Für den ersten Teil der Analyse der Konsumptionsraten bezogen auf die jeweils unversehrten Beutetiere wurden je 24 *C. maenas* ausgewählt. 12 davon erhielten für den Versuch 20 g *M. edulis* (entspricht etwa 3 mittelgroßen Muscheln einer Schalenlänge von durchschnittlich 3 – 4 cm) die anderen 12 erhielten 20 g *L. littorea* (was etwa 6 – 7 durchschnittlich großen, adulten Schnecken entspricht). Für die Untersuchung der Konsumptionsraten wurden die Beutearten durch Beschädigung der Schalen manipuliert. Diese wurden dann an 24 Krabbenindividuen in gleicher Menge

Tabelle 1. Anzahl der bestimmten Organismen verschiedener Großgruppen in vier Schlickwattproben.

	<i>M. edulis</i>			<i>L. littorea</i>		
	gesamt	Schale	Fleisch	gesamt	Gehäuse	Fleisch
Mittelwert	6,71	5,43	1,28	2,93	2,07	0,86

Tabelle 2. Arithmetisches Mittel (n = 12) gefressener Beutearten in (g) respektive Standardabweichung und Standardfehler beider Beutearten je intakt und manipuliert. Anfangsgewicht Beute: je 20 g.

	<i>M. edulis</i> intakt	<i>M. edulis</i> manipuliert	<i>L. littorea</i> intakt	<i>L. littorea</i> manipuliert
Mittelwert	1,09	4,96	0	2,84
STAB	1,73	1,83	0	1,32
SEM	0,521	0,488	0	0,381

wie oben angegeben verfüttert. Die Schalen wurden aufgeknackt bzw. angebrochen, das Gewebe der Weichtiere jedoch nicht separiert. Die Versuche wurden nach vier Stunden beendet. Insgesamt wurden also für jede Behandlung (Muschel intakt, manipuliert; Schnecke intakt, manipuliert) je 12 Wiederholungen durchgeführt. Im Rahmen des Experimentes zur Prädatorenpräferenz wurden am darauffolgenden Tag alle Krabben untersucht. Ihnen wurden gleichzeitig *M. edulis* und *L. littorea* mit beschädigter Schale in den Versuchsbecken zur Verfügung gestellt, je 20 g pro Beutearart. Nach allen Versuchsreihen wurden die nicht verzehrten *M. edulis* und *L. littorea* aus den Becken entfernt, mit Tüchern abgetrocknet und gewogen, um mittels Herausrechnen des Restgewichtes den Wert für die verzehrten Tiere zu errechnen.

Die Darstellung der Mittelwerte und Standardfehler erfolgte mittels Excel. Auf eine Überprüfung auf Signifikanz wurde aufgrund der zu geringen Stichprobenzahl verzichtet.

Tabelle 3. Arithmetisches Mittel (n = 24) gefressener Beutearten in (g) respektive Standardabweichung und Standardfehler gesamt (*M. edulis* + *L. littorea*) je intakt und manipuliert. Anfangsgewicht Beute: je 20 g..

	intakt	manipuliert
Mittelwert	0,54	3,91
STAB	1,32	1,66
SEM	0,275	0,346

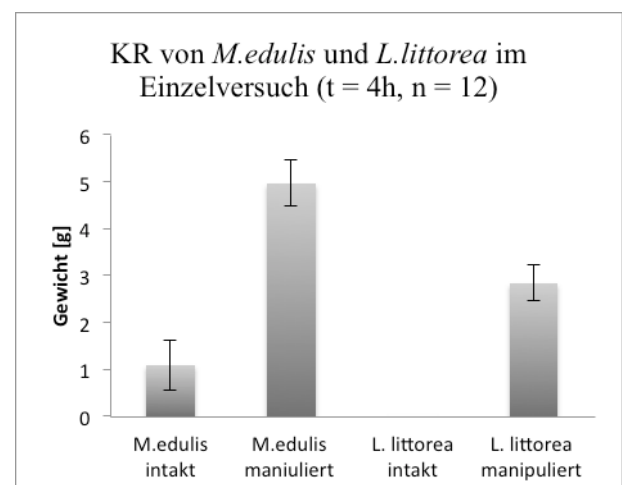


Abb. 1. Vergleich der Konsumptionsrate (KR) in g/4h der einzelnen Beutearten (je 20 g) intakt und manipuliert..

Ergebnisse

Die Vermessung von 20 *M. edulis*-Individuen ergab ein Durchschnittsgewicht von 6,71 g pro Muschel, wovon allein die Schale 5,43 g wog, womit sich im Schnitt 1,28 g verzehrbare Muschelfleisch pro Individuum ergeben. Die Vermessung von 20 *L. littorea*-Individuen ergab ein Durchschnittsgewicht von 2,93 g pro Schnecke, davon 2,07 g Gehäuse und 0,86 g Fleisch (Tab. 1).

Insgesamt konsumierte *C. maenas* in den Einzelversuchen durchschnittlich 1,09 g *M. edulis*-Fleisch (Tab. 2). Wenn die Handhabungszeit um die Parameter Erkennungszeit (recognition time) und Aufbrechzeit (breaking time) reduziert wurde, sie das Fleisch also tatsächlich nur fressen musste, konsumierte die Art im selben 4-Stunden-Ansatz wesentlich mehr. Intakte *L. littorea* wurden nicht verzehrt, manipulierte hingegen schon (Abb. 1). Insgesamt wurde unabhängig von der angebotenen Beuteart (Abb. 2) mehr von den Individuen mit beschädigtem Gehäuse gefressen als mit intaktem (Tab. 3). Vergleicht man die Konsumtion von Muscheln und Schnecken untereinander, so wurden ebenfalls mehr *M. edulis* (2,92 g) als *L. littorea* (1,53 g) gefressen (Tab. 4, Abb. 3).

Im Präferenzversuch (Abb. 4), wo jedem Krabbenindividuum 40 g Beute angeboten wurden (je 20 g pro Beuteart), wurden mehr *M. edulis* als *L. littorea* gefressen (Tab. 5).

Tabelle 4. Arithmetisches Mittel (n = 24) gefressener Beutearten in (g) respektive Standardabweichung und Standardfehler unabhängig der Behandlung (intakt + manipuliert). Anfangsgewicht Beute: je 20 g.

	<i>M. edulis</i>	<i>L. littorea</i>
Mittelwert	2,92	1,53
STAB	2,48	1,79
SEM	0,518	0,374

Tabelle 5. Arithmetisches Mittel (n = 18) gefressener Beutearten in (g) respektive Standardabweichung und Standardfehler im Präferenzversuch bei gleichzeitigem Angebot beider Beutearten manipuliert. Anfangsgewicht Beute: je 20 g pro Krabbe.

	<i>M. edulis</i> manipuliert	<i>L. littorea</i> manipuliert
Mittelwert	4,79	3,52
STAB	1,60	1,94
SEM	0,270	0,328

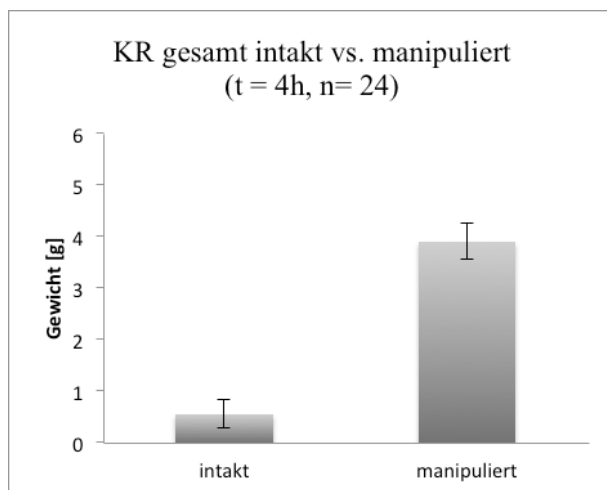


Abb. 2. Vergleich der Konsumptionsrate (KR) in g/4h gesamt (*M. edulis* + *L. littorea*, je 20 g) intakt und manipuliert.

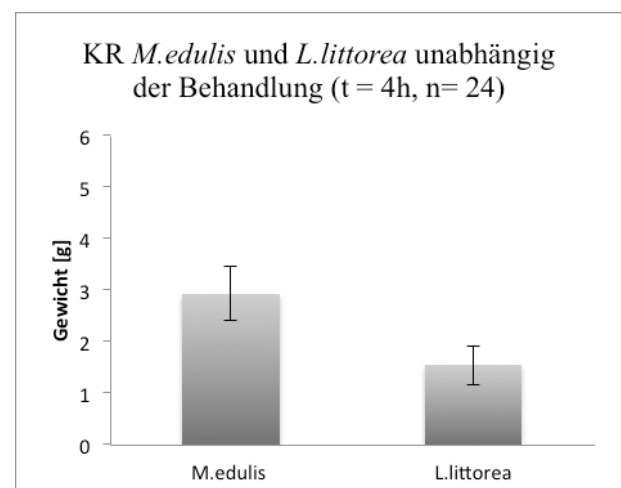


Abb. 3. Vergleich der Konsumptionsrate (KR) in g/4h der beiden Beutearten je 20 g unabhängig der Behandlung.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen ganz klar, dass unabhängig von der Behandlung mehr Muscheln als Schnecken gefressen wurden. Für die Aufbrechzeit (breaking time) der *M. edulis*-Individuen konnten bei allen *C. maenas* die Techniken zum Öffnen der Schale beobachtet werden, die bereits Elnor & Hughes (1978) als crusher technique und Ameyaw-Akumfi & Hughes (1987) als cutter technique beschrieben. Die Muscheln wurden entweder mit der Greifschere gehalten, um sie mit der Knackschere zu zerbrechen, oder sie wurden entlang der Naht der aufeinanderliegenden Schalenhälften bearbeitet, um sie zu öffnen. Jedoch gelang dies nur vier der 12 Krabben dieses Versuchs, welche dann im Schnitt 3,26 g der ursprünglich geschlossenen Muscheln fraßen. Auf alle 12 Replikate gerechnet betrug das Gewicht der verzehrten Beute jedoch nur 1,03 g. Dies entspricht etwa dem Gewicht des Fleisches einer einzigen mittelgroßen *M. edulis*, wenn man das Schalengewicht, bei uns im Schnitt etwa 5,43 g, herausrechnet. Kamermans et al. (2009) konnten eine Konsumptionsrate von 23 Muscheln pro *C. maenas* herausrechnen. Ihr Experiment indes bezog sich auf sehr junge und kleine Muscheln bis maximal zwei Zentimeter.

Smallegange & van der Meer (2003) konnten aufzeigen, dass *C. maenas* bevorzugt kleinere *M. edulis* fressen als jene, die für sie energetisch hinsichtlich der Größe die profitabelste wären, um die Gefahr von Scherenschäden zu minimieren. Zieht man in Betracht, dass in unserem Versuch stets Muscheln ausgewählt wurden,

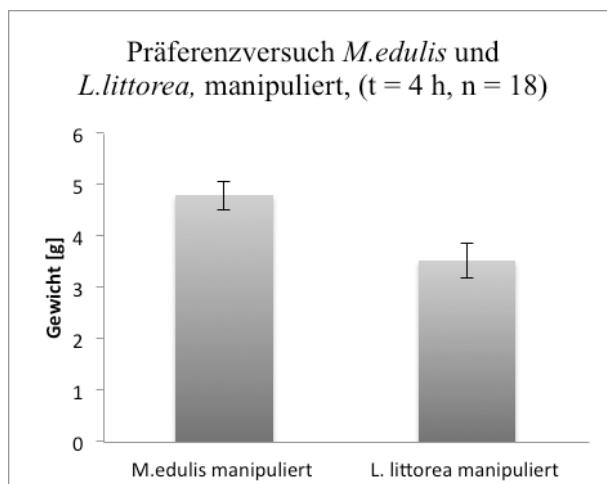


Abb. 4. Vergleich der Konsumptionsrate (KR) in g/4h im Präferenzversuch bei gleichzeitigem Angebot beider Beutearten zu je 20 g manipuliert

deren Länge geringer war als die der Chelipeden, mag verwirrend erscheinen, dass dennoch eine so geringe Konsumptionsrate erreicht wurde und acht Individuen die Muscheln überhaupt nicht zerknackten. Von denen konnte bei sieben die Erkennungszeit (recognition time) beobachtet werden (Elnor & Hughes, 1978), also das 1 – 2 sec. andauernde Betasten der Beute vor dem Entschluss, diese zu knacken oder eine andere aufzusuchen. Einer zeigte gar keine Reaktion auf die angebotene Beute. Smallegange & van der Meer (2003) ließen ihre Versuchstiere eine Woche hungern, um zu gewährleisten, dass alle Individuen bei Versuchsbeginn an Nahrung Interesse zeigten. Ferner behielten sie sie noch einige Tage nach Beenden der Versuche im Labor, um auszuschließen, dass ihr Nahrungsverhalten zeitlich auf eine bevorstehende Häutung zurückzuführen ist.

Im Präferenzversuch, wo die Schalen manipuliert wurden, wurde *L. littorea* ähnlich häufig gefressen wie *M. edulis*. Dieses Ergebnis zeigt, dass tatsächlich die Brechzeit, die bei dem Gehäuse der Schnecke anfällt, den Ausschlag dafür geben könnte, dass diese seltener prädatiert wird. Eschweiler et al. (2009) konnten für den Standort Sylt aufzeigen, dass die Gehäuse der Schnecken auf den Felsen im oberen Eulitoral („rocky shores“) signifikant stärker ausgebildet sind als jene, die auf dem Benthos vorkommen. Möglicherweise fielen die Ergebnisse anders aus, würden Krabben und Schnecken des Benthos untersucht und dies verglichen mit den Werten, die wir für die rocky shores im oberen Eulitoral erzielten. Auch wenn die *L. littorea*-Individuen im manipulierten Zustand häufiger gefressen wurden als die intakten (Abb. 1), so wurden insgesamt unabhängig von der Vorbehandlung des Gehäuses mehr *M. edulis* gefressen als *L. littorea* (Abb. 3). Die Muscheln scheinen also tatsächlich bevorzugt zu werden. Der Präferenzversuch (Abb. 4) könnte in weiterführenden Experimenten mit intakten Individuen in einem größeren Umfang durchgeführt werden

Es konnte gezeigt werden, dass unabhängig davon, ob die Aufbrechzeit (breaking time) vorhanden war oder nicht, mehr Muscheln als Schnecken gefressen wurden. Ob dies daran liegt, dass die Strandschnecken unhandlicher und schwerer zu öffnen sind, lediglich 0,86 g Fleisch

im Durchschnitt haben, oder ob sie einfach schlechter schmecken, das bleibt wohl letztlich *Carcinus maenas* überlassen.



Abb. 5. Beobachtung der recognition time bei *C. maenas*.

Literatur

Ameyaw-Akumfi, C. & Hughes, R. N. (1987): Behaviour of *Carcinus maenas* feeding on large *Mytilus edulis*. How do they assess the optimal diet? *Marine Ecology Progress Series* 38: 213 – 216.

Baeta, A.; Cabral, H., N.; Marques, J. C.; Pardal, M. A. (2006): Feeding ecology of the Green Crab, *Carcinus maenas* (L., 1758) in a temperate estuary, Portugal. *Crustaceana* 79 (10): 1181 – 1193.

Elnor, R.W. & Hughes, R.N. (1978): Energy maximization in the diet of the shore crab, *Carcinus maenas*. *Journal of Animal Ecology*, 47: 103 – 116.

Eschweiler, N.; Molis, M. & Buschbaum, C. (2009): Habitat-specific size structure variations in periwinkle populations (*Littorina littorea*) caused by biotic factors. *Helgoland Marine Research* 63: 119 – 127.

Haefker, N. S. (2010): Effekte spezifischer Merkmale von Räuber (*Carcinus maenas*) und Beute (*Littorina littorea*) auf die Wirksamkeit von Risiko-Signalen. Bachelor-Thesis. Universität Bremen.

Kamermans, P.; Blankendaal, M.; Perdon, J. (2009): Predation of shore crabs (*Carcinus maenas* (L.)) and starfish (*Asterias rubens* L.) on blue mussel (*Mytilus edulis* L.) seed from wild sources and spat collectors. *Aquaculture* 290: 256 – 262.

Raffaelli, D.; Conacher, A.; McLachlan, H.; Ernes, C. (1989): The role of epibenthic crustacean predators in an estuarine food web. *Est. coast. Shelf Sci.*, 28: 149 – 160.

Ropes, J., W. (1968): The feeding habits of the green crab, *Carcinus maenas* (L.). *Fishery Bulletin* 67: 183 – 203.

Smallegange, I. M.; van der Meer, J. (2003): Why do shore crabs not prefer the most profitable mussels? *Journal of Animal Ecology* 72: 599 – 607.

Trussell, G. C., Smith, L. D. (2000): Induced defenses in response to an invading crab predator: An explanation of historical and geographic phenotypic change *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 97: 2123 – 2127.

Substratwahl-Versuche mit *Asterias rubens* L.

Stefanie Blaue; blaueste@hu-berlin.de
Anissa-Kristin Otto; patrona@ottoseite.com

Abstract

Asterias rubens is feeding at beds of *Mytilus edulis* and living on hard substrate between the mussels. The behaviour of *Asterias rubens* was studied in order to evaluate the choice of substrate without wave exposure, predators or prey available. In laboratory experiments, favoured selection of *Fucus vesiculosus*, *Crassostrea gigas* and covered stone was observed. Our observations showed preferential choice of shadowed substrate and revealed that presence of conspecifics did not affect the substrate choice of *Asterias rubens* juveniles. The experiments indicated that aggregation of individuals is not avoided, but no evidence is found for intended aggregation. The study demonstrated that the substrate choice behaviour of *Asterias* can't be described as randomly.

Einleitung

Sylt ist die nördlichste und größte der nordfriesischen Inseln in der Nordsee nahe der dänischen Grenze. Durch die Halbtagestiden fallen täglich längere Zeit Teile des Intertidals der Nordsee trocken. Unter anderem dort ist der Gemeine Seestern *Asterias rubens* L. auf Felsgrund oder Miesmuschelbänken zu finden, die gleichzeitig als Nahrungsquelle dienen (Saier 2001). Man nimmt an, dass sie in ihren Habitaten einzeln oder auch in dichteren Gruppen auf den Hartsubstraten leben. Sie ernähren sich als Räuber und Aasfresser überwiegend von Mollusken und wachsen vor allem zu Beginn ihrer Entwicklung recht schnell (Barker & Nichols 1983). Der gemeine Seestern besitzt an den Armspitzen Lichtsinneszellen womit sie in der Lage sind Helligkeitsstufen zu unterscheiden. Verhaltensexperimente an Echinodermen wurden bereits 1881 von Romanes und Ewart durchgeführt, um zu zeigen, dass die Tiere von Außeneinflüssen gesteuert werden.

1938 untersuchte Diebschlag das „Ganzheitliche Verhalten und Lernen bei Echinodermaten.“ Bei seinen Vorversuchen für die eigentlichen Dressexperimente mit *Astropecten* zeigte sich, dass die Tiere nach 15 Minuten zur Ruhe kamen und sich meist auf rauem Untergrund niederließen. Es zeigte sich auch, dass Individuen eher glatten Untergrund (zum Beispiel den Glasrand) bevorzugten als einen welligen, da dieser vermutlich ihrer Lokomotion hinderlich sein könnte. Bei der

Lokomotion wurde also ein wenig gegliederter Untergrund bevorzugt, wohingegen als Ruheplatz der Untergrund ausgewählt wurde, der eine feste Verankerungsmöglichkeit bereitstellte.

Bei Diebschlags Vorversuchen (1938) mit Hell-Dunkelabschnitten zeigten sich hingegen interessante individuelle Unterschiede. So pasierten manche Individuen die unterschiedlichen Bereiche ohne Auffälligkeiten. Andere hingegen stutzten beim Übergang vom Dunklen ins Helle oder wandten sich gezielt von dem dunklen Bereich der Schale ab.

In dem von uns durchgeführten Experiment wurde am Beispiel von juvenilen *Asterias rubens* der Frage nachgegangen, ob Seesterne ihr Untergrundssubstrat gezielt oder zufällig auswählen. Des Weiteren wurde untersucht ob helle Bereiche oder eher dunklere Bereiche bevorzugt besetzt werden und ob Artgenossen das Wahlverhalten beeinflussen. Es wurden folgende Hypothesen getestet:

- Teilversuch A

Hypothese: *Asterias rubens* wählen bestimmte Substrate häufiger aus als andere.

Nullhypothese: Alle Substrate werden gleich

häufig ausgewählt.

- Teilversuch B

Hypothese: *Asterias rubens* wählen die abgedunkelten Substrate häufiger aus als die nicht abgedunkelten.

Nullhypothese: Die abgedunkelten und nicht abgedunkelten Substrate werden gleich häufig ausgewählt.



Abb. 1. Karte von Sylt (Pfeil kennzeichnet Probennahmestelle).

- Teilversuch C

Hypothese: *Asterias rubens* aggregieren sich zu mehreren auf den bevorzugten Substraten

Nullhypothese: Alle Substrate werden gleich häufig ausgewählt unabhängig davon, ob sich darauf oder auf dem Weg dorthin bereits andere Individuen befinden.



Abb. 2. Juveniler *Asterias rubens* aus Kategorie A (1-2cm Durchmesser).

Material und Methoden

2.1 Probennahme

Die Individuen der Art *Asterias rubens* L. für die Verhaltens-Experimente wurden im Zeitraum 24.-29.9.15 bei Niedrigwasser im Gezeitenbereich des Königshafen in List (Sylt) an einem mit Miesmuscheln (*Mytilus edulis* L.) bewachsenen Wellenbrecher aus Steinen und im Spülsaum gesammelt (Abb.1) und bis zu den Versuchen sowie dazwischen im Alfred-Wegener-Institut in Eimern in Überlaufbecken gehalten. Dort wurden die 42 gesammelten Tiere sofort in die Eimer umgesetzt und mit natürlichem Substrat versorgt. Sie wurden täglich mit frisch aufgebrochenen Miesmuscheln versorgt und im Durchflusssystem in Eimern mit Meerwasser direkt aus der Entnahmeleitung der Station gehalten. Nach den Versuchen wurden die Tiere am 30.09.15 mit beginnender Flut an ihren Entnahmeort zurückgebracht und dort unter Steine gesetzt.

2.1.1 Bestimmung und Kategorisierung

Nach der Bestimmung (Hayward 2007) der Art als *Asterias rubens* L. (Gemeiner Seestern,

Abb.2) wurden die Tiere anhand ihres Durchmessers einzeln vermessen und in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt (Abb.3). Der Kategorie A werden alle 1-2cm großen Individuen zugeordnet, die Kategorie B schloss alle 2-3cm großen Tiere ein. Aufgrund der beschränkten Materialien und Arenen-Größen für die anschließenden Versuche wurden die Individuen anderer Größen nicht verwendet und beim folgenden Niedrigwasser wieder an den Entnahmeort zurückgesetzt.

Aufgrund des charakteristischen schnellen Wachstums ist davon auszugehen, dass es sich bei den Individuen um Tiere aus diesem Jahr handelt (Barker & Nichols, 1983; 1984).

2.2 Substratversuche

Für die Verhaltensexperimente wurden die Kategorie A und Kategorie B mit jeweils 20 Individuen verwendet, worunter sich in beiden Kategorien auch *Asterias rubens* im Rege-



Abb. 3. Vermessung der einzelnen Tiere und Einordnung in Kategorien.

nerationsstadium befanden. Es wurden vier Arenen konstruiert, in denen *Asterias rubens* 5 unterschiedliche Substrate (jeweils in doppelter Ausführung) angeboten wurden. Zusätzlich war das Substrat Glas des Arenabodens vorhanden. Durch diesen Versuchsaufbau wurden Faktoren wie Räuber, Beute und Wasserbewegung ausgeschlossen. Als Arenen dienten 3 Glasschalen mit 25cm Durchmesser und 5cm Wassertiefe sowie eine Glasschale mit 19,5cm Durchmesser und 1,8cm Wassertiefe. In diesen befand sich Meerwasser. In der Mitte wurde das Glas freigelassen, rund herum befanden sich am Rand die verschiedenen Substrate Stein, Austernschale (*Crassostrea gigas*), Holz, Blasantang (*Fucus vesiculosus*) und Plastikfolie. Dabei wurde darauf geachtet, dass die jeweils gleichen Substrate sich gegenüber liegen. Die Substrate wurden alle am Ort der Probennahme gesammelt und befanden sich bereits im Meerwasser. Der Tang wurde zusätzlich am Glas mit einer Wäscheklammer befestigt, um ein Wegtreiben zu verhindern. Es



Abb. 5. Aufbau einer Arena für einen Einzel-Versuch.



Abb. 4. Aufbau einer Arena für einen Hell-Dunkel-Versuch.

wurde darauf geachtet, dass alle Substrate mit ausreichend Wasser bedeckt waren, sodass die Tiere sich darauf befinden konnten ohne die Wasseroberfläche automatisch zu berühren. Alle Substrate wurden für jeden Versuch auf ihre Position hin überprüft sowie das Meerwasser für jeden Versuch erneuert um Temperatur und Sauerstoffgehalt etwa vergleichbar zu halten. Des Weiteren wurden die Tiere zwischen den einzelnen Versuchstagen in ihre Aufbewahrungsbehältnisse zurückgesetzt und gefüttert.

2.2.1 Einzel-Versuche

Für die Einzelnachweise wurden die Arenen wie unter 2.2 beschrieben vorbereitet. Dann wurde zunächst jedes Individuum aus der Kategorie B einzeln in eine Arena möglichst mittig der Schale platziert (Abb.4). Dann wurde mit Hilfe einer Stoppuhr die Versuchsdauer von 10min pro Individuum gemessen. In dieser Zeit wurde protokolliert, mit welchem Substrat das Tier Kontakt hatte beziehungsweise auf welchem Substrat das



Abb. 6. Zehn Tiere der Kategorie B in der Arena zu Beginn des Versuchs.



Abb. 7. Die Verteilung der zehn Individuen nach ca. einer Minute des Versuches.

Tier verweilt. Ein Substratkontakt erfolgte dann, wenn *Asterias rubens* sich mindestens mit der Mundöffnung darauf befand. Das Verweilen ist dadurch charakterisiert, dass das Tier mindestens zwei Minuten durchgehend Substratkontakt hält. Im Anschluss folgte der identische Versuch mit den Tieren aus der Kategorie A. Der gesamte Einzelversuch wurde nach einer Pause von ca. einer Stunde wiederholt, sodass insgesamt 40 Versuche in den Kategorien A und B durchgeführt wurden.

2.2.2 Hell-Dunkel-Versuche

Um zu testen wie sich *Asterias rubens* verhält, wenn das Substratangebot sowohl in einem hellen Bereich als auch in einem schattigen Bereich zugänglich ist, wurde die Hälfte der Arena oben mit einer Platte abgedeckt und an den Seite mit Papiertüchern abgedunkelt (Abb.5). Ansonsten wurde wie bei 2.2.1 beschrieben verfahren

2.2.3 Gruppen-Versuche

Um das innerhalb der Aufbewahrungsbehältnisse beobachtete Gruppen-Verhalten von *Asterias rubens* zu untersuchen wurden in eine Arena, mit einem Aufbau wie in 2.2 beschrieben, jeweils fünf oder zehn Versuchstiere der Kategorie A oder B dicht aneinander in die Mitte platziert (Abb. 6 & 7). Nach einer Dauer von fünf Minuten wurde die Verteilung der Tiere protokolliert. Im Anschluss folgte der identische Ablauf mit zehn Tieren aus der Kategorie A. Der gesamte Versuch wurde nach einer Pause von ca. 15 Minuten wiederholt.

Ergebnisse

3.1 Einzel-Versuche

Über 80 Versuche mit einzelnen Individuen ergab sich eine unterschiedliche Häufigkeit der Verweildauer für verschiedene Substrate (Tab. 1). Die einzelnen Individuen bevorzugten in den

durchgeführten Versuchen (n=80) zum Verweilen sowohl Stein als auch Tang. Austernschalen erwiesen sich ebenfalls als oft gewählt (Abb. 8).

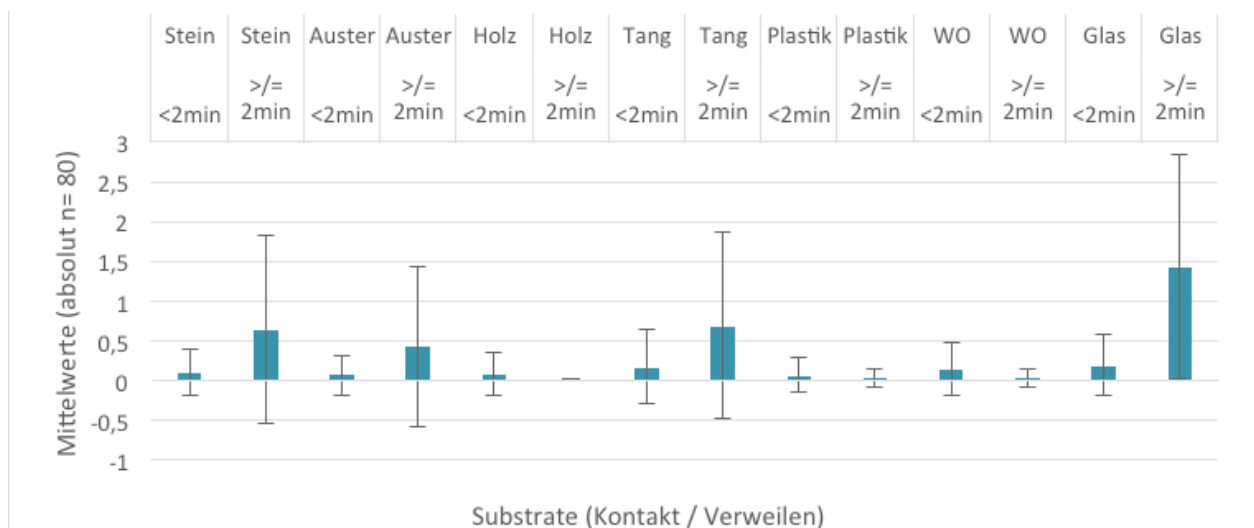


Abb. 8. Mittelwerte über n=80 Versuche mit Standardabweichung zu allen Substraten, jeweils Substratkontakt und Verweilen. WO = Wasseroberfläche.

Tabelle 1. Absolute Werte, Anzahl der Substratkontakte und des –Verweilens über n=80 Versuche.

Substrat:	Stein	Stein	Auster	Auster	Holz	Holz	Tang	Tang	Plastik	Plastik	Wasserob.	Wasserob.	Glas	Glas
Gruppe	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min	<2min	>/= 2min
Kategorie A	3	26	1	14	2	0	2	32	1	0	2	1	4	72
Kategorie B	4	24	4	20	4	0	11	22	3	1	8	0	10	42
Gesamt	7	50	5	34	6	0	13	54	4	1	10	1	14	114

Ergebnisse

3.1 Einzel-Versuche

Über 80 Versuche mit einzelnen Individuen ergab sich eine unterschiedliche Häufigkeit der Verweildauer für verschiedene Substrate (Tab. 1).

Die einzelnen Individuen bevorzugten in den durchgeführten Versuchen (n=80) zum Verweilen sowohl Stein als auch Tang. Austernschalen erwiesen sich ebenfalls als oft gewählt (Abb. 8).

3.1.1 Vergleich Kategorie A & Kategorie B

Im Vergleich der 1-2cm (A) und 2-3cm (B) großen Individuen fällt auf, dass in Kategorie A häufiger ein Verweilen auf Glas-Untergrund festgestellt wurde (Abb.9). Ansonsten ergeben sich keine eindeutigen Unterschiede in der Substratwahl aufgrund der Individuen-Größe. Die Individuen beider Größenkategorien bevorzugen Stein, Austernschalen und Tang als Substrate.

3.2 Hell-Dunkel-Versuche

Im Vergleich der hellen Substrate mit den zur Verfügung gestellten abgedunkelten Substraten fällt eine eindeutige Tendenz zur Bevorzugung der dunklen Substrate auf (Abb. 10).

Vor allem für die Substrate Stein und Tang konnte hier ein signifikanter Unterschied mit eindeutiger Bevorzugung des dunklen Substrates festgestellt werden. Für die Berechnung eines Signifikanzniveaus (hier 4-Felder-Chi-Quadrat-Test für die Substrate Stein und Tang) ergaben sich durch die Messungen keine genügend großen Randsummen. Jedoch kann über n=80 Versuche bei folgendem Wahlverhalten zumindest für die Substrate Tang und Stein durchaus Signifikanz angenommen werden (Tab.2).

3.3 Gruppen-Versuche

Hier wurden sowohl Stein als auch Auster bevorzugt (Abb. 11). Wobei jeweils sichtbar wird, dass ein Substrat des gleichen Typs zum Zeitpunkt

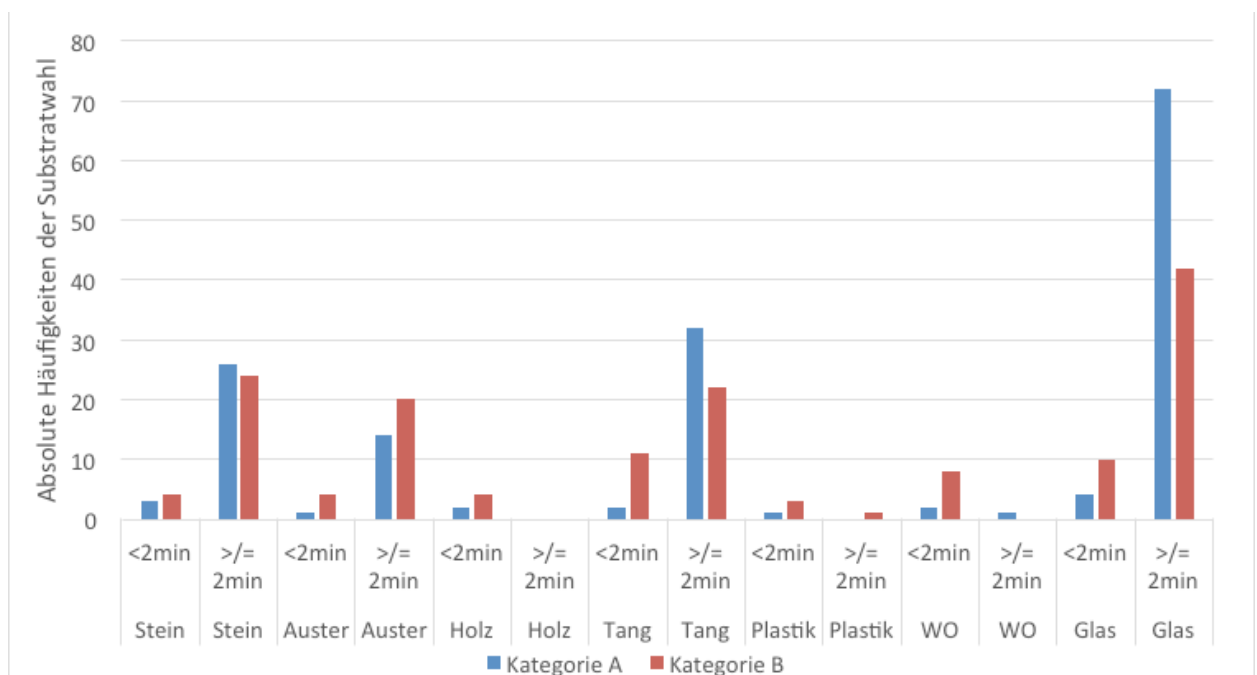


Abb. 9. Absolute Häufigkeiten der Substratkontakte über n=80 Versuche zu allen Substraten, Vergleich der Größenkategorien A und B. WO = Wasseroberfläche.

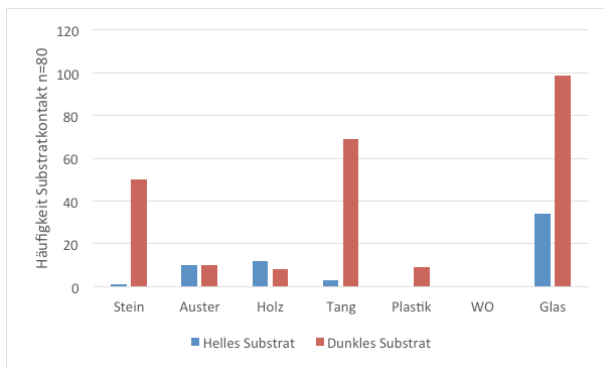


Abb. 10. Absolute Häufigkeiten der Substratkontakte über n=80 Versuche zu allen Substraten, abgedunkelt und nicht abgedunkelt. WO = Wasseroberfläche.

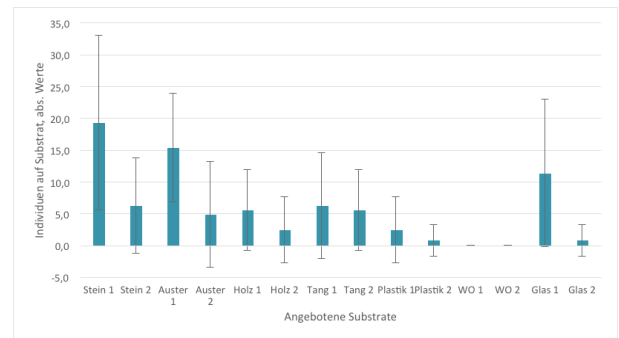


Abb. 11. Aufbau einer Arena für einen Hell-Dunkel-Versuch.

Tabelle 2. Substratwahl-Vergleich zwischen Tang und Stein bezüglich hellem/dunklem Substrat über n=80.

Substrat:	Stein	Tang
Helles Substrat	1	3
Dunkles Substrat	50	69

des Auszählens jeweils mit mehreren Seesternen besetzt war und eines nur mit einem Individuum. Um die Aggregationen darzustellen wurden jeweils pro Substrat die Ereignisse „Ein Individuum pro Substrat“ und „Mehrere Individuen pro Substrat“ unterschieden und ausgezählt. Die

Standardabweichung ergibt sich aus den gezählten Ereignissen über alle Substrate. Das Ergebnis ist in Abbildung 12 zu sehen und zeigt, dass die Tiere der Kategorie A eher einzeln saßen. In Kategorie B ist der Unterschied kleiner.

Diskussion

ÜberDie Larven von *Asterias rubens* siedeln auf vielen verschiedenen Substraten (Barker & Nichols, 1983). Die juvenilen Individuen konnten in ihrem Habitat vor allem auf Steinen und Austernschalen gefunden werden. Ob dies am Substrat bzw. der Befähigung der Tiere, ein Substrat auszuwählen, liegt oder an weiteren Faktoren wie Räuberdruck, Beuteverfügbarkeit oder Wasserbewegung (Castilla & Crisp 1973) ist die übergeordnete Fragestellung zu den durchgeführten Versuchen. Mit den aufgestellten Hypothesen sollte das Substratwahlverhalten überprüft werden. Die Nullhypothese konnte abgelehnt werden. Es werden eindeutig bestimmte Substrate bevorzugt. Vor allem Stein, Blasentang und Austernschalen werden häufig als Untergrund gewählt.

Im Vergleich der Größen-Kategorien A und B ist ersichtlich, dass beide Gruppen gleichermaßen Stein, Austernschale und Blasentang als Substrat bevorzugen (Abb.9). Es wird außerdem deutlich, dass in Kategorie A die Individuen oft langsamer

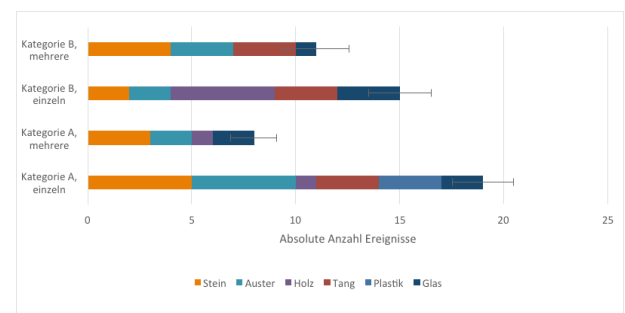


Abb. 12. Gruppenversuch, ausgezählte Substratwahl für einzeln bzw. aggregiert sitzende Individuen. Fehlerindikator: Standardabweichung.

waren und dadurch länger als 2 Minuten auf Glas-Untergrund verweilten.

Für die Versuche zur Unterscheidung zwischen hellen und abgedunkelten Substraten kann eindeutig H_0 abgelehnt werden (Abb.10). Für alle Substrate ergab sich eine eindeutige Bevorzugung der abgedunkelten Substrate. Die hohe Anzahl gemessenen Verweilens auf abgedunkeltem Glas-Untergrund muss besonders hervorgehoben werden. Hier liefen die Individuen in den abgedunkelten Bereich, hielten sich dann aber länger als zwei Minuten auf dem Glas-Untergrund auf ohne ein Substrat auszuwählen bzw. ohne sich auf ein Substrat zu bewegen.

Für die Gruppen-Versuche kann die Nullhypothese angenommen werden (Abb.12). Ein signifikanter Unterschied, ob Artgenossen auf einem Substrat sitzen konnte nicht festgestellt werden.

Die in den Aufbewahrungsbehältern gezeigte Aggregation der Individuen konnte nicht gezeigt werden. Vermutlich liegt dies hauptsächlich an der geringen Versuchszeit von 5 Minuten. Zu wenige Wiederholungen verhindern zudem eine weiterführende statistische Auswertung.

Literatur

Barker, M.F. & Nichols, D. (1983): Reproduction, recruitment and juvenile ecology of the starfish, *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 63: 745

Barker, M.F. & Nichols, D. (1984): Growth of juvenile *Asterias rubens* L. (Echinodermata: Asteroidea) on an intertidal reef in southwestern Britain. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 78: 157-165

Castilla, J. C. & Crisp, D. J. (1973): Responses of *Asterias rubens* to water currents and their modification by certain environmental factors. Netherlands Journal of Sea Research, 7:171-190

Diebschlag, E. (1938): Ganzheitliches Verhalten und Lernen bei Echinodermen. Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 25 (4): 612-654

Dolmer, P. (1998): The interactions between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L.. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228: 137-150

Hayward et al. (2007) Der neue Kosmos-Strandführer: 1500 Arten der Küsten Europas. Kosmos

Saier, B. (2001): Direct and indirect effects of seastars *Asterias rubens* on mussel beds (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea. Journal of Sea Research, 46 (1): 29-42

Westheide, W. & Rieger, R. (2013): „Spezielle Zoologie“ Teil 1: Einzeller & wirbellose Tiere. 3. Auflage: 804

marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=123776 (Abgerufen am: 30.09.2015)

meerwasser-lexikon.de/tiere/2128_Asterias_rubens.htm (Abgerufen am: 30.09.2015)

wikipedia.org/wiki/Gemeiner_Seestern (Abgerufen am: 30.09.2015)

spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/asteroidea/1001 (Abgerufen am: 30.09.2015)

wikipedia.org/wiki/Wattenmeer_%28Nordsee%29#Marine_Lebewesen (Abgerufen am: 30.09.2015)

unterwasser-welt-ostsee.de/html/gemeiner_seestern.html (Abgerufen am: 30.09.2015)

animaldiversity.org/accounts/Asterias_rubens (Abgerufen am: 30.09.2015)

