



Gritta Veit-Köhler, Jutta Kuhnert & Nils Volkenborn

# Der Ingenieur im Watt und die Meiofauna

Der Wattwurm schafft sich seinen eigenen Lebensraum. Ohne ihn gibt es auf der Wattoberfläche zwar mehr Nahrung und größere Stabilität, aber auch weniger Sauerstoff im Untergrund. Fehlt der Wattwurm, kommt das einigen Bewohnern des Watts zugute: Nahe der Oberfläche lebende Ruderfußkrebse vermehren sich stärker und sind mit mehr Arten vertreten. Manche Arten profitieren, andere nehmen zahlenmäßig ab. Unsere Untersuchung zeigt, dass Wechselbeziehungen zwischen Meeresbodenorganismen oft erst entdeckt werden, wenn man ins Detail geht. Gerade bei der Meiofauna lohnt sich die langwierige Bestimmung von Arten.

## ▲ Die Wattbewohner

Abb. 1  
Sonnenuntergang über dem Watt des Königshafens auf Sylt. Die glatte Sandfläche in der Bildmitte ist eine Versuchsfläche, von der die Wattwürmer dauerhaft vertrieben wurden.  
Foto: N. Volkenborn.

Im Watt gibt es große Tiere, die man mit bloßem Auge erkennen kann, und sehr kleine Tiere, die man erst unter dem Mikroskop entdeckt. Zu den großen Organismen der Makrofauna gehört der Wattwurm *Arenicola marina* (Abb. 2). Besucher des Wattenmeeres bekommen ihn zwar nur selten zu Gesicht, aber fast jeder kennt seine typischen, zu unübersehbaren Haufen aufgetürmten Kotschnüre. Die ganz kleinen Tiere im Watt gehören zur Meiofauna, die ebenfalls eine wichtige Rolle in diesem Ökosystem spielt. Die Organismen der Meiofauna ernähren

sich von Mikroalgen und Bakterien und weiden dabei regelrecht die Oberfläche der Sandkörnchen ab. Sie fressen auch pflanzliche Reste, die von Bakterien besiedelt werden und tragen durch den Abbau von organischer Substanz zur Remineralisierung bei. Dabei werden wichtige Nährstoffe wie Stickstoff und Spurenelemente freigesetzt. Zur Meiofauna gehören Tiere mit einer Körpergröße zwischen 32 Mikrometern und einem Millimeter – darunter Fadenwürmer (Nematoda), Ruderfußkrebse (Copepoda), Muschelkrebse (Ostracoda), kleine vielborstige Ringelwürmer, Muscheln und Schnecken

(Polychaeta, Bivalvia und Gastropoda), Rädertierchen (Rotifera) und Bärtierchen (Tardigrada). Mit Abstand am häufigsten sind in der Meiofauna die Nematoda zu finden. An zweiter Stelle stehen die Copepoda (Abb. 3) und ihre Nachkommen, die Naupliuslarven.

Die Copepoden leben wie der Rest der Meiofauna im Sandlückensystem in winzigen Hohlräumen im Wattboden. Die Individuen sind so klein, dass sie durch die freien Räume zwischen einzelnen Sandkörnern hindurchkriechen können. Wenn das Sediment aber zu feinkörnig wird und die Zwischenräume zu klein werden, dann überwiegen andere Vertreter der Copepoda. Diese Arten bewegen sich wühlend im Schlick und Matsch fort.

## Das Experiment: Watt ohne Wattwürmer?

Durch seine Wühltätigkeit prägt der Wattwurm große Teile des sandigen Wattbodens (s. Exkurs auf Seite 122). Was passiert aber, wenn er in großen Bereichen im Wattenmeer fehlt? Wie verändern sich die Lebensgemeinschaften?

Das wollten Prof. Dr. KARSTEN REISE und Dr. NILS VOLKENBORN vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung an der Wattenmeerstation in List auf Sylt mit einem großflächig angelegten Freilandversuch herausfinden.

Im Frühjahr 2002 hat NILS VOLKENBORN mit seinem Team im Königshafen am nördlichen Ende von Sylt fast 5.000 m<sup>2</sup> Wattboden



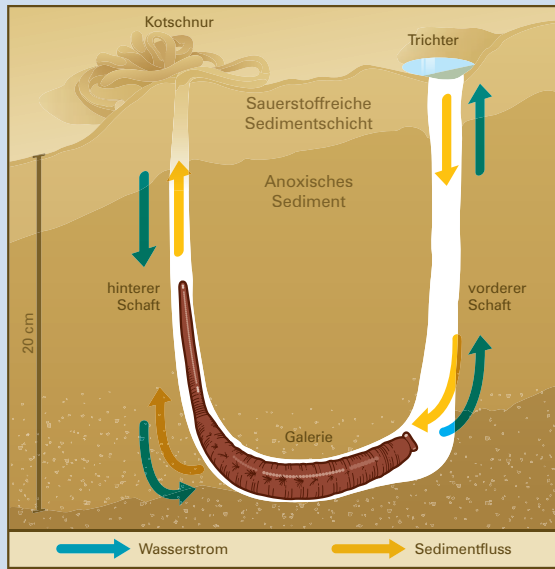
umgegraben. Hier untersucht er seitdem, wie sich das Sediment und die Fauna mit und ohne Wattwurm entwickeln. Insgesamt wurde der ansonsten verbreitete Wattwurm auf einer Fläche von 2.400 m<sup>2</sup> dauerhaft vertrieben. Sechs Versuchsflächen von je 20 m x 20 m entstanden, auf denen Wattwürmer daran gehindert wurden sich erneut anzusiedeln (Abb. 4 und 5).

▲ Abb. 2  
Der Wattwurm prägt durch seine Wühltätigkeit weite Bereiche des Wattenmeeres.  
Foto: N. Volkenborn.



◀ Abb. 3  
Copepoden aus dem Sandwatt. V. l. n. r.: Weibchen mit Eisack, Männchen. Die Tiere gehören zu unterschiedlichen Arten.  
Fotos v. l. n. r.: J. Kuhnert und V. Siegler, A. Rüten-Budde und G. Veit-Köhler.





Schemazeichnung der Wohnröhre, Grafik: Bastian Groscurth.

Litern Wasser durchspült und auf das Jahr gerechnet eine 15 cm starke Sedimentschicht umgelagert.

Bioturbation nennen die Wissenschaftler dieses Durchwühlen des Bodens durch Lebewesen. Wenn das Tier also das Sediment umgräbt und belüftet, wirkt sich dies entscheidend auf die Sedimenteigenschaften und biogeochemischen Prozesse aus. Seine Tatkraft wirkt sich nicht nur auf das Sediment in der direkten Umgebung der Wattwurmröhren aus, sondern beeinflusst das gesamte Ökosystem. Man kann den Wattwurm also als „Ökosystem-Ingenieur“, als einen Wattbewohner bezeichnen, der seinen Lebensraum aktiv gestaltet.

### Exkurs: Der Wattwurm

Der Wattwurm *Arenicola marina* ist in großer Zahl im Gezeitenbereich des Wattenmeers zu finden. Dieser Ringelwurm aus der Klasse der Polychaeta, der Vielborster, ist fast fingerdick und an die 20 cm lang. Er lebt in U-förmigen Wohnröhren, die er bis 20 cm tief in den Sand gräbt (s. Abb. links). Auf der einen Seite seiner Behausung rutschen Sand und Nahrung von der Wattoberfläche in einem Trichter in die Tiefe. Der Wattwurm nimmt den Sand mit dem darin enthaltenen organischen Material auf, verdaut alles Essbare, und scheidet auf der anderen Seite seines Baues reinen Sand in Form seiner typischen Kotschnüre aus. Da er in 20 cm Tiefe keinen Sauerstoff vorfindet, pumpt er gleichzeitig rund 100 ml sauerstoffreiches Oberflächenwasser pro Stunde an seinen Kiemen vorbei. Entlang seines Gangs bilden sich sauerstoffreiche Nischen, die von verschiedenen Kleinstlebewesen besiedelt werden. In typischen Wattgebieten mit 30 Wattwürmern pro Quadratmeter wird der Wattboden stündlich mit etwa drei

Wie geht das? Wie kann man Wattwürmer dauerhaft vertreiben? Indem man in zehn Zentimetern Tiefe ein feines Netz in den Boden legt. Die mechanische Barriere verhindert ganz einfach, dass die Würmer ihre Wohn-

gänge anlegen können. In unmittelbarer Nachbarschaft zu jeder Versuchsfäche liegen für Vergleichsuntersuchungen zwei weitere Flächen: eine gänzlich unberührte und eine, die zwar umgegraben, aber nicht mit einem Netz versehen wurde. So entstanden insgesamt 18 markierte Zonen von jeweils 400 m<sup>2</sup>, die seitdem zweimal täglich überflutet werden; die wattwurmfreien Flächen im Sandwatt des Königshafens sind noch nach acht Jahren zu erkennen!

In den Folgejahren konnte das Experiment auch von anderen nationalen und internationalen Forschergruppen genutzt werden. Jede Studie verfolgte dabei einen anderen Schwerpunkt. Die Senckenberg-Forscherin Dr. GRITTA VEIT-KÖHLER untersuchte beispielsweise, wie sich die Meiofauna entwickelt, wenn der Wattwurm großflächig verschwindet. Mit ins Team kam JUTTA KUHNERT, die damals als Praktikantin bei Senckenberg anging. Die Meiofauna des Wattwurmexperimentes von Sylt war ihr erstes Projekt.



Abb. 4  
Nils Volkenborn und Jürgen Landa legen eine der Versuchsfächen an. Hier legen sie gerade das Netz in den Wattboden, das die Wattwürmer an der Wiederbesiedlung hindert.  
Foto: N. Volkenborn.

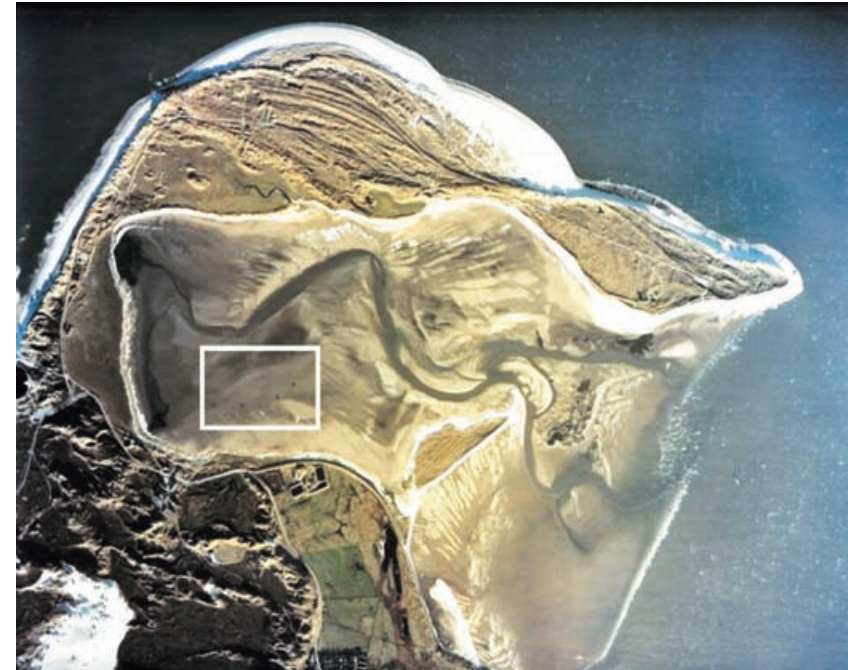


Abb. 5  
Nordspitze der Insel Sylt. Der Wattbereich südlich der Landzunge Ellenbogen wird Königshafen genannt. Selbst auf dieser Luftaufnahme sind die Versuchsfächen als kleine dunkle Quadrate zu erkennen.  
Foto: Nationalparkamt Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer.

### Die Meiofaunagemeinschaft mit und ohne Wattwurm

Wie ändert sich die Zusammensetzung der Meiofauna, wenn der Wattwurm fehlt? Zuerst einmal fällt auf, dass insgesamt mehr Vertreter der Meiofauna pro Quadratmeter Sedimentoberfläche vorkommen. Um 17 bis 22 Prozent erhöhte Individuenzahlen lassen vermuten, dass Wattwurm und Meiofauna um Nahrung konkurrieren. In den Bodenpro-

ben der Flächen ohne Wattwürmer sind mehr organisches Material und Chlorophyll (als Maßeinheit für die Menge an Mikroalgen) im Sediment vorhanden. Feinere Partikel lagern sich auf der Sedimentoberfläche ab, die Bedingungen für das Wachstum von Mikroalgen auf dem Sand verbessern sich, Artenzusammensetzung und Individuenzahlen der Makrofauna ändern sich. Das wiederum beeinflusst die Meiofauna.

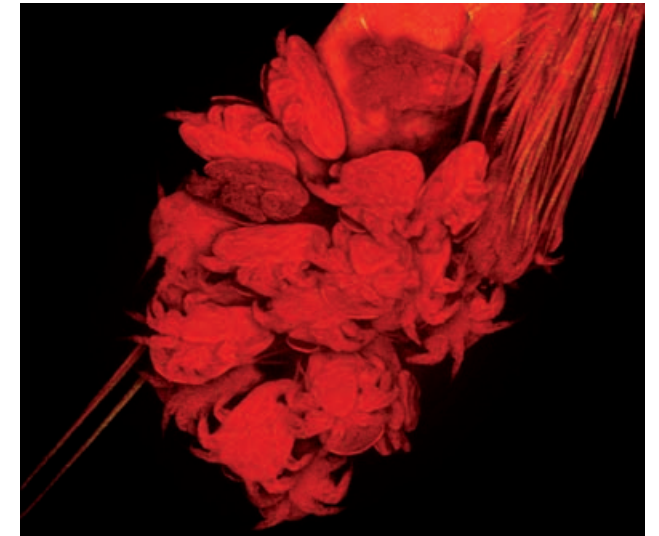
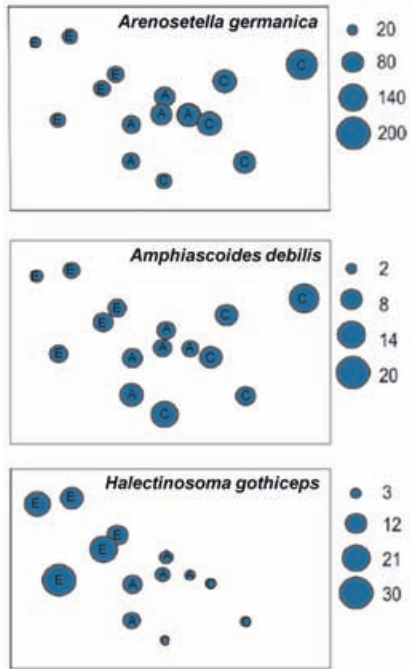


Abb. 6  
Frisch geschlüpfte Naupliuslarven an einem Copepodenweibchen. Das Foto wurde mithilfe konfokaler Laserrastermikroskopie erzeugt. Damit die Kutikula – das Außenskelett der Tiere – durch den Laser besser angeregt wird, wurden die Tiere mit Kongorot eingefärbt.  
Foto: J. Michels und A. Horch.

▶  
Abb. 7  
Mit einer multidimensionalen Skalierung werden die Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Proben dargestellt. Je näher zwei Probenpunkte einander sind, desto ähnlicher sind sich die Copepodengemeinschaften, die in diesen beiden Proben gefunden wurden. Die Probenpunkte in diesen Grafiken gehören zur Versuchsfläche ohne Wattwürmer (E), zur umgegrabenen Vergleichsfläche (C) und zur unberührten Fläche (A). Zusätzlich kann man in dieser Darstellungsweise mithilfe des Durchmessers der Punkte die Individuenzahlen einzelner Arten abbilden. Man sieht, dass die einzelnen Arten auf den verschiedenen Flächen unterschiedlich häufig vorkommen.  
Grafik: J. Kuhnert.



Die einzelnen Meiofaunagruppen nehmen aber nicht in gleichem Umfang zu. Die Gruppe der erwachsenen Copepoden und Copepodide, die zweite Entwicklungsphase der Copepoden, sowie die Nematoden bleiben in ihren Dichten relativ gleich, unabhängig davon, ob Wattwürmer in der Nachbarschaft leben oder nicht. Ostracoden und Naupliuslarven der Copepoden erreichen hingegen ihre höchste Dichte in den wattwurmfreien Zonen. Wattwürmer haben also offensichtlich einen negativen Effekt auf



▶  
Abb. 8  
Copepoden bei der Paarung. Das deutlich größere Männchen hält das Weibchen, das noch im Copepodidstadium ist, so lange fest, bis dieses sich häutet und begattet werden kann.  
Foto: J. Kuhnert und V. Siegler.

Ostracoden und auf die Vermehrung von bodenlebenden Copepoden.

Natürlich dachten wir bei diesem Ergebnis sofort daran, dass die kleinen Naupliuslarven dem Nahrungseinstrom in die Sedimenttrichter der Wattwürmer nicht entkommen könnten (s. Grafik auf S. 122). Prof. Dr. KARSTEN REISE vom Alfred-Wegener-Institut konnte dies bei seinen Untersuchungen zur Wattwurm-Ökologie auf Sylt jedoch nie beobachten.

### Die Veränderungen in der Copepodengemeinschaft

Es erschienen also mehr Naupliuslarven der Copepoden, als die Wattwürmer entfernt worden waren. Veränderte der Wattwurm auch die Artenzusammensetzung der Copepoda? Das konnten wir nur herausfinden, indem JUTTA KUHNERT alle 1.966 in den Proben vorhandenen Copepoden-Exemplare nach ihrem Entwicklungsstadium sortierte, nach erwachsenen Tieren und Copepodiden, der zweiten Entwicklungsphase, die dem Naupliusstadium folgt. Auch hier wieder eine Überraschung: Nicht nur die Naupliuslarven waren ohne den Wattwurm häufiger, auch die höhere Zahl der Copepodide auf der wattwurmfreien Fläche zeigte, dass eine deutlich jüngere Gemeinschaft entstanden war. Handelte es sich dabei noch um die gleichen Arten? Um hier Gewissheit zu bekommen, wurden alle erwachsenen Tiere unter dem Mikroskop untersucht. Das Ergebnis: Artenzusammensetzung, Artenzahlen und Diversität unterschieden sich deutlich. Ohne die Nachbarschaft der Wattwürmer waren im Schnitt mit 10 Copepodenarten zwei bis drei Arten mehr anzutreffen, die Diversität der Copepoden war ohne den Wattwurm also höher. Auch die Individuenzahlen je Art veränderten sich. Obwohl *Arenosetella germanica* auf allen Flächen am häufigsten vorkam, konnten sich ohne den Wattwurm nicht so hohe Individuenzahlen etablieren. Dadurch profitierte die Art *Halectinosoma gothiceps*. Andere Arten wie *Amphiascoides debilis* schienen mit beiden Situationen, die sich in Nahrungsverfügbarkeit und Sedimentstruktur unterschieden, gleich gut zurechtzukommen.



▶  
Abb. 9  
Jutta Kuhnert und Katharina Bruch gehen mit Eimern voller Probengefäße zurück ins Labor.  
Foto: G. Veit-Köhler.

### Wichtige Wechselwirkungen im Wattenmeer

Das mehrjährige und großflächige Experiment „Watt ohne Wattwürmer“ hat deutlich gezeigt, dass eine einzelne Art ein ganzes Ökosystem beeinflussen kann. Wattwürmer durchmischen und durchspülen kontinuierlich den Wattboden – mit vielfältigen Auswirkungen auf die Prozesse im Sediment und die Austauschvorgänge zwischen Meeresboden und Gezeitenwasser. Die Meiofauna übernimmt große Teile des Abbaus organischen Materials, reagiert aber auch ganz sensibel auf geringe Änderungen der Umweltparameter wie Sauerstoffgehalt im Wattboden und Sedimentstabilität. Manche

Arten bevorzugen sauerstoffreiche Lebensräume, während andere auch in sauerstoffarmen Bereichen des Sediments gut zurecht kommen. Einige Organismen sind auf frisches organisches Material angewiesen, während andere sich auch mit Detritus begnügen. Die ökologischen Ansprüche der verschiedenen Arten sind vielfältig und es gibt Arten, die engere Toleranzgrenzen haben als andere. Die Veränderungen in der Meiofaunagemeinschaft, die durch das Fehlen des Wattwurms verursacht wurden, verdeutlichen einmal mehr die Komplexität und die enge Verzahnung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bewohnern des Meeresbodens an unserer Küste.

### Schriften

KUHNERT, J., VEIT-KÖHLER, G., BÜNTZOW, M. & VOLKENBORN, N. (2010): Sediment mediated effects of lugworms on intertidal meiofauna. – *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **387**: 36–43. REISE, K. (1983): Experimental removal of lugworms from marine sand affects small zoobenthos. – *Marine Biology*, **74**: 327–332. REISE, K. (1985): Tidal Flat Ecology. Springer, Berlin. REISE, K., BOUMA, T.J., OLENIN, S., & YSEBAERT, T. (2009): Coastal habitat engineers and the biodiversity in marine sediments. – *Helgoland Marine Research*, **63**: 1–2. VOLKENBORN, N., REISE, K. (2006): Effects of *Arenicola marina* on polychaete functional diversity revealed by large-scale experimental lugworm exclusion. – *Netherlands Journal of Sea Research*, **57**: 78–88. VOLKENBORN, N., HEDTKAMP, S. I. C., VAN BEUSEKOM M, J. E. E. & REISE, K. (2007): Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. – *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **74**(1/2): 331–343.

### Verfasser

Dr. G. Veit-Köhler,  
J. Kuhnert,  
Deutsches Zentrum für  
Marine  
Biodiversitätsforschung  
Senckenberg Gesellschaft  
für Naturforschung,  
Südstrand 44,  
D-26382 Wilhelmshaven  
Dr. N. Volkenborn,  
Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und  
Meeresforschung  
Wattenmeerstation Sylt,  
Hafenstrasse 43,  
D-25992 List/Sylt  
derzeitige Adresse:  
Department of Biological  
Sciences  
University of South  
Carolina  
715 Sumter Street  
Columbia, South Carolina  
29208, USA