

# cosa



Küstensande als  
biokatalytische Filter

Ein EU-gefördertes  
Forschungsprojekt  
an der Nord- und  
Ostseeküste



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



Max-Planck-Institut  
für marine Mikrobiologie

## Inhalt

- 1 Einleitung  
COSA - das Konzept - die Ziele
- 3 MPI – Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie  
- Wissenschaftlicher Hintergrund des EU-Projekts COSA  
- Advective Austauschprozesse zwischen Sediment und Wasser
- 5 IOPAS – Institut für Ozeanographie der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Sopot  
- Die Rolle der benthischen Flora und Fauna bei Transportprozessen und biogeochemischen Reaktionen in den marinen Küstensanden  
- Wie aktiv sind die sublitoralen Sande der Ostsee in den verschiedenen Jahreszeiten?
- 7 NPK – Nadmorski Park Krajobrazowy, Küstenlandschaftspark in Wladyslawowo an der polnischen Ostseeküste  
- Wie das Interesse der einheimischen Öffentlichkeit und der Touristen geweckt wurde. Wissenschaft und Naturschutz
- 9 NPO – Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer in Tönning  
- Anwendung der COSA-Ergebnisse auf Strategien des Küstenzonenmanagements  
- Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse für das internationale Wattenmeer-Management
- 11 AWI – Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Wattenmeerstation Sylt  
- Kopplung der Prozesse in Nordseewasser und sublitoralen Sandsedimenten  
- Der Vergleich von Wasser und Sedimenten der Nord- und Ostsee
- 13 NIOO – KNAW – Niederländisches Ökologisches Institut, Zentrum für Ästuar- und Küstenökologie in Yerseke  
- Die Modellierung des Transports und der Verteilung gelöster Stoffe durch benthische Invertebraten (im Sediment lebende wirbellose Tiere)  
- Übertragung von Modellergebnissen auf das Küstenmanagement
- 15 MBL – Marines Biologisches Laboratorium der Universität Kopenhagen in Helsingør  
- Hochauflösende Messungen vor Ort geben Einblick in die Dynamik biogeochemischer Prozesse im Sediment
- 17 Glossar

## COSA – das Konzept

### Ein europäisches Forschungsprojektprojekt, das die Funktion von Küstensanden (COastal SAnds) als biokatalytische Filter untersucht

Durchlässige sandige Sedimente sind typisch für die flachen Küstenzonen der Nord- und Ostsee, sie finden sich auch in anderen flachen Küstengebieten der Welt. Wellen und bodennahe Strömungen drücken Wasser durch die oberen Sandschichten. Dabei transportieren sie gelöste Stoffe wie Sauerstoff und Nährstoffe und auch kleine Partikel wie Planktonalgen und Bakterien durch das Sediment. Diese Filtration beeinflusst die Qualität des Wassers wie auch die Biogeochemie des Sediments. Nährstoffe gelangen dabei zu den im Sand lebenden Kleinstlebewesen und zu großen Bodenbewohnern. Obwohl man wusste, dass dieser Filtrationsprozess sehr wichtig für Küsten-Ökosysteme sein muss, gab es bisher keine quantitativen Messungen. Unklar war auch, wie stark diese Filtration den Umsatz der sedimentären organischen Stoffe beeinflusst. Es fehlten quantitative wissenschaftliche Daten. Diese Erkenntnisse führten zum Entwurf des EU-Projektes COSA. Dank finanzieller Unterstützung durch die Europäische Union wurde es möglich, diese zentralen ökologischen Informationen zu sammeln und sich intensiv mit „COastal SAnds“, den Küstensanden in ihrer Funktion als biokatalytische Filtern zu beschäftigen.



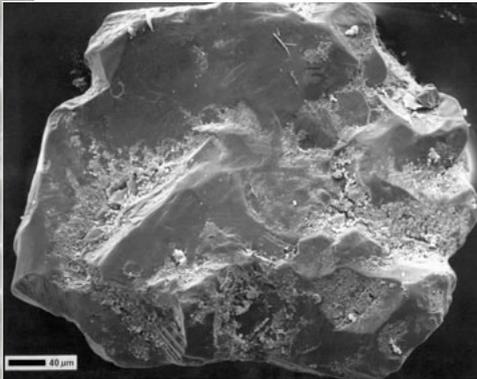
Im Rahmen dieses internationalen Projekts konzentrierten sich Wissenschaftler aus Polen, Dänemark, den Niederlanden und Deutschland auf zwei Feldstationen: auf der polnischen Halbinsel Hel in der südlichen Ostsee und an der deutschen Nordseeküste Deutschlands bei List auf Sylt. Zu den Versuchen gehörten Zeitreihen-Messungen der biogeochemischen und biologischen Parametern am Meeresboden sowie experimentelle Untersuchungen im Labor, mit denen die Wissenschaftler den biokatalytischen Filtrationsprozess erforschten. Ergebnisse dieser Untersuchungen gingen direkt an ein polnisches Landschafts- und ein deutsches Nationalparkamt, die beide an diesem Projekt teilnahmen. Damit gelang es mit COSA, die Überwachung und den Schutz der Küstengebiete zu verbessern und durch intensive Öffentlichkeitsarbeit die Bevölkerung über die Probleme dieser Ökosysteme zu informieren.

Das internationale COSA-Forschungsteam an der polnischen Ostseeküste

## COSA - die Ziele

Die Wissenschaftler im EU-Projekt COSA hatten sich zum Ziel gesetzt, die Funktionsweise von Küstensanden als biokatalytische Filtersysteme zu verstehen und die umweltverträgliche Nutzung des flachen Meeresgrundes in Küstennähe zu fördern, indem sie

- den sedimentären Filtrationsprozess und den damit verbundenen Umsatz von organischen Stoffen bestimmen.
- die biogeochemischen Prozesse in Küstensanden beschreiben sowie Reaktionsraten messen.
- ein Transport-Reaktionsmodell über den von Meeresbodenströmungen und benthischen wirbellosen Tieren hervorgerufenen Porenwasseraustausch entwickeln.
- Möglichkeiten schaffen, den Austausch von Wissen und Technologie zu erleichtern.
- dafür sorgen, dass die wissenschaftlichen Ergebnisse der Studie in den Plänen der Küstenverwaltungen berücksichtigt werden.
- die Öffentlichkeit und Politiker umfassend über die ökologische Rolle der Sandfilter vor ihren Küsten informieren und zum Handeln anregen.



Ein Sandkorn unter dem Elektronenmikroskop: In dem „Tal“ links sind circa 0.01mm lange winzige Algen (Diatomeen) zu sehen. Die kleineren weißen Gebilde sind Bakterien, die klebriges Material ausscheiden, um sich an der Oberfläche des Sandkorns festzuhalten.

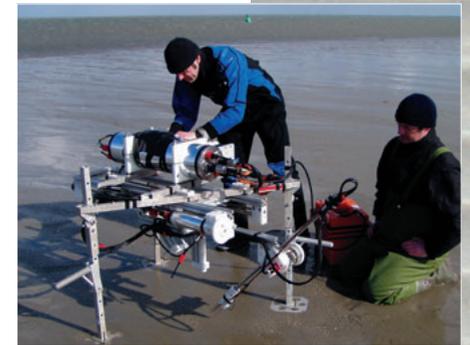
Zwischen November 2002 und Oktober 2005 untersuchte das multidisziplinäre Wissenschaftlerteam auf beiden Feldstationen die Sandsedimente und die darüber liegenden Wassersäulen. Dabei setzten die Forscher ein weit gefächertes Spektrum an biogeochemischen, biologischen und oder physikalischen Messungen ein.

Um die Öffentlichkeit über den Fortschritt zu informieren, organisierten die beiden polnischen und deutschen Naturparkämter ein umfassendes Informationsprogramm. Zu den teilnehmenden Institutionen gehörten das Institut für Ozeanographie der polnischen Akademie der Wissenschaften (IOPAS), das Niederländische Institut für Ökologie (NIOO), das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), das meeresbiologische Labor der Universität von Kopenhagen (MBL), der Landschaftspark Nadmorski Park Krajobrazowy (NPK), der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer in Tönning (NPO) und das Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie in Bremen (MPI).

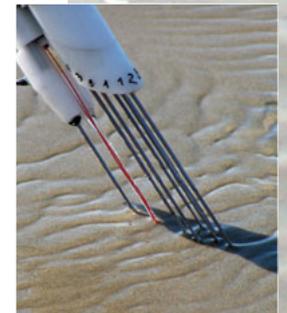
## Das Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie (MPI)

### Wissenschaftlicher Hintergrund des EU-Projekts COSA

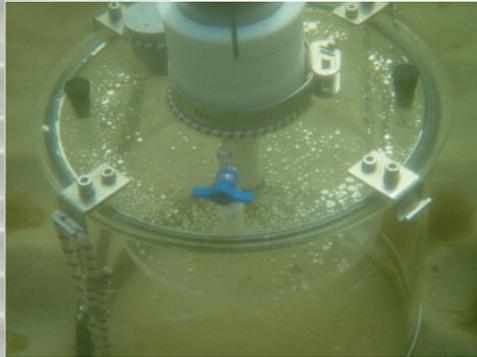
Hunderttausende von unterschiedlichen Mikroorganismen, darunter kleine wirbellose Tiere, winzige Algen, Einzeller, Bakterien, Archaeen und Viren leben zwischen und auf den mineralischen Körnern, die im Meer das sandige Sediment der Küsten und Festlandssockel bilden. Die faszinierende Vielfalt auf kleiner Skala hat bereits die Aufmerksamkeit zahlreicher Wissenschaftler auf sich gezogen. Eine realistische quantitative Untersuchung ihres Stoffwechsels, des Umsatzes von organischen Bestandteilen und der Nährstoff-Remobilisierung gab es bisher nicht, da diese Prozesse auf komplizierte Weise an die Strömungen am Meeresboden gebunden sind. Die von Wellen und Strömungen angetriebenen Wasserbewegungen versorgen das Nahrungsnetz in den Sandbetten und transportieren metabolische Produkte (z. B. Nährstoffe, CO<sub>2</sub>) aus dem Sediment und in die Wassersäule hinein. Erste Untersuchungen von Sedimenten im Labor ohne den Einfluss von Wellen und Bodenströmungen ergaben Resultate, die man jedoch nicht ohne Weiteres auf die Natur übertragen konnte. Es gab lange Zeit keine brauchbaren Methoden, mit denen die Prozesse im Sand sowie der Austausch zwischen Sediment und Wasser untersucht werden konnten. Erste Laborexperimente in Strömungskanälen und Wellentanks im MPI demonstrierten die dramatischen Effekte der von Strömungen und Wellen hervorgerufenen Druckgradienten auf die Bewegung des Porenwassers sowie den Austausch zwischen durchlässigen Sanden und der darüber liegenden Wassersäule. Kleinste Druckunterschiede entsprechend dem Druck einiger Millimeter Wassersäule können bereits Wasser durch die Poren des Sandes pressen. Durch die Entwicklung spezieller Instrumente mit sehr empfindlichen Sensoren und neuartiger wissenschaftlicher Geräte, die natürliche Druckgradienten simulieren, ist es nun möglich, die Verhältnisse auf dem natürlichen sandigen Meeresboden zu beobachten. Die COSA-Wissenschaftler benutzten diese Instrumente, um an den beiden Feldstationen die dynamischen Prozesse im durchlässigen Sand zu erforschen.



Das Messinstrument „Lance-A-Lot“ kartographiert Strukturen der Sedimentoberfläche wie Rippeln, Kuppeln und Mulden), indem es die Verformung einer auf den Boden projizierten Laserlinie mit einer digitalen Kamera dokumentiert.



Die langen nadelförmigen Sensoren messen die Fließgeschwindigkeit des Porenwassers im Sediment.



Im Inneren einer besonderen Rührkammer (Ø ca. 20 cm) auf dem Sediment messen die Forscher den zeitlichen Verlauf der Sauerstoffkonzentration. Die Drehung der durchsichtigen Rührscheibe erzeugt einen Druckgradienten, der einen Porenwasserfluss im eingeschlossenen Sediment bewirkt. Gasförmiger Sauerstoff steigt in Blasen von winzigen benthischen Algen auf.



COSA-Wissenschaftler kehren mit Proben zurück, die bei der Feldstation in ca. 1m Wassertiefe genommen wurden.

### Austauschprozesse zwischen Sediment und Wasser (Advektion)

Mit druckkalibrierten Rührkammern konnten die Wissenschaftler vom MPI den Austausch von Feststoffen im Sedimentwasser im Rahmen der natürlich existierenden unterschiedlichen Druckverhältnisse bestimmen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Austauschgeschwindigkeit (Flux) gelöster Stoffe, der Sauerstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Produktion ansteigen, je mehr Wasser durch das Sediment filtrierte wird. Mit diesen Kammerversuchen wurde deutlich, wie stark der Einfluss der Mikroalgen im flachen Küstensand auf die Sauerstoffdynamik des Meeresbodens ist. Bei Tag fanden sie in der oberen Sandschicht sehr hohe Sauerstoffkonzentrationen (mehrfache Übersättigung), und bei Nacht stark verringerte Werte (sauerstoffarme Bedingungen). Mit Lance-A-Lot, einem Instrument, das speziell für das COSA-Projekt entwickelt wurde, konnten sie gleichzeitig die Topographie der Sandoberfläche und der darunter liegende Porenwasserfluss untersuchen. Diese Daten ermöglichten es den Meeresforschern, die Zusammenhänge zwischen der Beschaffenheit der Sandoberfläche und des Porenwasserflusses darunter zu erklären. Sie entwickelten ein zweidimensionales Transport-Reaktionsmodell, um die Beziehungen zwischen Bodenströmungen, Topographie, Porenwassertransport und biogeochemischen Reaktionen im Sediment vorherzusagen.

## IOPAS - Institut für Ozeanographie der polnischen Akademie der Wissenschaften

### Die Rolle der benthischen Flora und Fauna bei Transport und Reaktion der marinen Küstensande

Flache sandige Meeressedimente, die nur aus Mineralkörnern zu bestehen scheinen, enthalten eine mikroskopisch kleine Gemeinschaft von bodenlebenden Organismen (Meiofauna), die in ihrer Vielfalt mit jedem Ökosystem der Erde konkurrieren können. Jedes einzelne Individuum dieser Sedimentgemeinschaft beeinflusst die Verarbeitung organischer Stoffe im Sediment und erhöht dabei die biokatalytische Filterkapazität der durchlässigen Sande. Die Spezialisten für Meiofauna und Flora vom Institut für Ozeanographie in Polen charakterisierten für COSA diese Lebensgemeinschaft im Sand. Winzige Krebstiere, Nematoden und Geißeltierchen ernähren sich von den kleinen organischen Teilchen und Bakterien und sind deshalb wichtige Verbindungsglieder in den Kreisläufen der Nährstoffe des Schelfs.

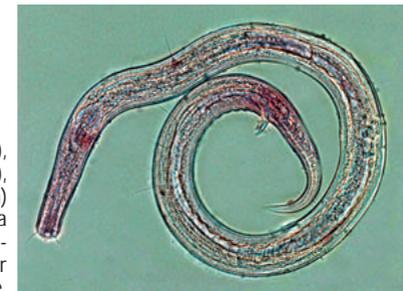
Fadenwürmer (Nematoden), Strudelwürmer (Turbellarien), Ringelwürmer (Oligochaeten) und in Hel auch Gastrotricha bevölkern die kleinen Zwischenräume der Sandkörner in Nord- und Ostsee.



Gastrotricha



Turbellaria



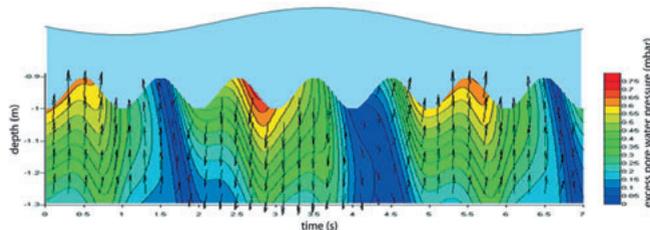
Nematoda

Die Wissenschaftler vom IOPAS verglichen die Sandbewohner beider Feldstationen und entdeckten an beiden die gleichen Gruppen von Lebewesen, jedoch deutlich mehr Individuen in der nährstoffreicheren Nordsee. Erstaunlicherweise war die biologische Vielfalt der Fadenwürmer in der Ostsee ähnlich, doch waren es deutlich weniger als in der Nordsee. Tiere, die sich von den organischen Partikeln in der Oberflächenschicht des Sediments ernähren, profitierten am meisten von den Algen und anderen Partikeln, die in das Sediment gefiltert werden.

### Wie aktiv sind die sublitoralen Sande der Ostsee zu verschiedenen Jahreszeiten?

Da es das Ziel von COSA war, die Effektivität des sedimentären Filtrationsprozesses zu untersuchen, wurden die jahreszeitlichen Zyklen von Produktion und Abbau organischen Materials an beiden Feldstationen verglichen. In den Sommermonaten waren die Sande bei Hel in der Ostsee biologisch weniger aktiv als diejenigen bei Sylt in der Nordsee. Ursache dafür könnte die geringere Nährstoffkonzentration in der Ostsee sein. Die Nutzung eines neuen Geräts, mit dem die Stärke und Dauer der Wasserwellen aufgenommen werden konnte, half neben weiteren Messungen dabei, die hydrodynamischen Einflüsse auf die biogeochemische Kopplung zwischen Wassersäule und Sediment zu verstehen.

Um die benthische Primärproduktion genauer zu untersuchen, etablierte IOPAS eine Datenbank, um die Daten aller Kieselalgen (Diatomeen) der Feldstationen zu dokumentieren. Diese Datenbank (<http://www.iopan.gda.pl/~wiktork/cosa/index.html>) ist im Internet öffentlich zugänglich und bietet neben Informationen auch Bilder der Diatomeen. Wissenschaftler vom IOPAS verfolgten weiterhin mit Zeitserien-Messungen an der Ostseestation die natürlichen jahreszeitlich bedingten Variationen der Transport- und Reaktionsraten im Sand.



Diese Abbildung zeigt die Verteilung des Porenwasserdrucks in der oberen Schicht eines durchlässigen Meeresbodensediments, wie es von sich ausbreitenden Oberflächenwellen hervorgerufen wird. Verschiedene Farben stellen die Stärke des Porenwasserdrucks dar. Die Pfeile zeigen die Richtungen der sofort entstehenden Wasserbewegung an.



Die 22-130 µm lange Diatomee *Navicula palebralis* kommt auf Hel und Sylt vor. Diese weit verbreitete Art lebt in sandigen Sedimenten und verträgt Salz- und Brackwasser.

## NPK - der Landschaftspark an der Küste auf Hel

### Wie das Interesse der einheimischen Öffentlichkeit und der Touristen geweckt wurde

Das Team junger Wissenschaftler und Manager des Nadmorski Park Krajobrazowy, eines Landschaftsparks mit mehreren Naturreservaten, sorgten dafür, dass die Ergebnisse von COSA sofort und verständlich an die Öffentlichkeit weitergeleitet wurden. Die engagierten Mitarbeiter des NPK setzten mehrere effektive Strategien ein, mit denen das Interesse der Öffentlichkeit an der wissenschaftlichen Arbeit von COSA geweckt werden konnte.

So gelang es ihnen zum Beispiel mit den „Blue School“-Seminaren mehrmals im Jahr Schulklassen mit den Naturprozessen in der Ostsee und den sandigen Sedimenten der Küste vertraut zu machen. Um noch mehr Menschen zu erreichen, veröffentlichten die NPK-Mitarbeiter eine polnische COSA-Webseite. Unterrichtsmaterial wurde entwickelt, das im schulischen Bereich und für die Weiterbildung eingesetzt werden kann. Zusätzlich gestalteten sie elektronische Medien (DVD), Broschüren und Informationstafeln für die Öffentlichkeit. Am Ostseestrand informierten bedruckte Segel und Tafeln über die Arbeit von COSA, die Wichtigkeit der Küstensande und der heimischen Tier- und Pflanzenwelt. Die regionale Presse berichtete regelmäßig über die Untersuchungen, insbesondere während jährlicher wiederkehrender Ereignisse wie dem „Baltischen Festival der Wissenschaft“ und dem „Großen Mai-Picknick“. Die Mitarbeiter vom NPK organisierten viele Ausstellungen für diese Feste, die als Attraktionen viele Menschen anzogen. Schließlich gab es noch einen regen Ideen- und Personalaustausch zwischen dem polnischen NPK und dem deutschen Nationalparkamt NPO.

Während des baltischen Festivals der Wissenschaft zeigt ein IOPAS-Wissenschaftler einem Jungen die Vielfalt der Kleinstlebewesen im Sand



Eine Schulklasse besucht die „Blaue Schule“ im Hauptquartier des NPK und lernt etwas über die Bedingungen und Schutzbedürfnisse der Ostsee.



## Wissenschaft und Naturschutz

Viele Menschen in Polen sind sich bewusst, dass ihr kleines Stück Küste einiges an Belastungen zu ertragen hat. Der große Ansturm von Touristen im Sommer bedroht jedes Jahr die Flora und Fauna der flachen Ufergebiete. Die Verschmutzung der Küstengewässer durch stetig ansteigende Nährstoffeinleitung benachbarter Landwirtschaftsbetriebe fördert Algenblüten und das Absinken der Sauerstoffkonzentration im Wasser. Die Leitung des Nationalparks NPK hat daher auf Anregung der COSA-Wissenschaftler neue Zielsetzungen in ihr Managementkonzept eingebracht. Zukünftig sollen die Küstensande und die Küstengebiete besser überwacht werden um so Bedrohungen des labilen Ökosystems rechtzeitig zu erkennen und zu verhindern. COSA war auch einer der Impulsgeber für die Gründung einer speziellen Interessensgemeinschaft, die sich für die Erhaltung der bei Hel gelegenen Puck-Bucht einsetzt. In dieser Gruppe kommen die Vertreter aller Institutionen zusammen, die für die Verwaltung und Entwicklung dieses wunderschönen Küstengebiets verantwortlich sind. Mit den Ergebnissen aus dem COSA-Projekt konnten sie konkrete Empfehlungen zur Erhaltung der polnischen Küsten formulieren. Weiterhin bemüht sich die Gruppe neue Wege zu finden, um bereits vor der Planung neuer Bauvorhaben und anderer Projekte den Schutz dieses Gebiets sicherzustellen. Die Zusammenarbeit geht auch nach Ende des COSA-Projekts weiter.

Das COSA-Projekt interessiert große und kleine Mitglieder der Öffentlichkeit beim „Großen Mai-Picknick“ und anderen Veranstaltungen.



## NPO - der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer

### Anwendung der COSA-Ergebnisse auf Strategien des Küstenzonenmanagements

Beide Nationalparks, der NPK in Polen und der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, haben die geforderten Maßnahmen des Projekts umgesetzt und die COSA-Ergebnisse an die Behörden und die Öffentlichkeit weitergeleitet. Diese Kombination von wissenschaftlicher Forschung und die Weitergabe der Information an die Betroffenen war der Schlüssel zum Erfolg von COSA. Der erste Schritt war es, die wissenschaftlichen Ergebnisse in eine Datenbank zu integrieren, die dann von NPO und NPK gemeinsam genutzt werden konnte. Mitarbeiter beider Naturschutzämter und COSA-Forscher übertrugen dann die wissenschaftlichen Ergebnisse in allgemeinverständliche Texte für die Öffentlichkeit und Politik.

Der zweite Schritt war die Entwicklung von Strategien, wie die Überwachung der sandigen sublitoralen Sedimente an den beiden Feldstationen gesichert werden kann. Zuletzt konnte mit einer Reihe von Veröffentlichungen – in elektronischen Formaten (DVD), Druckmaterialien und Beiträge für Fernseh- und Radioprogramme – die Wichtigkeit der Küstensande und ihr Schutz unterstrichen werden.

Der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (NPO) beteiligte sich außerdem an der Produktion und Verteilung von Broschüren und weiterem schriftlichen Material sowie auch einer Informationstafel für die Sylter Feldstation.



Diese Informationstafel vom NPO informiert Touristen und die lokale Bevölkerung direkt am Sylter Strand über das COSA-Projekt.

## Nutzung dieser wissenschaftlichen Ergebnisse für das internationale Wattenmeermanagement

Obwohl der hohe Wert dieser Küstensandgebiete als Fischereigründe, Rohstoffquellen (Wasser, Öl, Gas) und als Touristenstrände unbestritten ist, werden sie nicht ausreichend geschützt und intensiv genutzt. Die Grenzen der Belastbarkeit dieses Ökosystems sind nicht bekannt, und es liegt zum Teil an diesem Informationsmangel, der zu diesen ungenügenden Schutzmaßnahmen führt. Es bleibt zu hoffen, dass mit den jetzt neu gewonnenen Erkenntnissen über den Einfluss der Küstensande auf die Wasserqualität und die Produktivität der Fischerei auch bei den politischen Entscheidungsträgern ein Umdenken erreicht wird: Diese wertvolle Umwelt muss besser geschützt werden.



Diese Sandrippel sind typisch für die überfluteten Küstensande und wichtig für den Porenwasseraustausch.

Um dieses Ziel zu erreichen, hat NPO daran gearbeitet, die vielfältigen COSA-Ergebnisse in einer Datenbank zusammen zu fassen. Sie ist Teil der COSA-Website, liefert Hintergrundinformation zum Projekt und funktioniert darüber hinaus als Datenlieferant für alle beteiligten Institute. Um die neuen COSA-Ergebnisse den Behörden und den Politikern zur Verfügung zu stellen, nahmen COSA-Wissenschaftler und Vertreter der Nationalparks an Workshops und Konferenzen teil. Zwei der wichtigsten Treffen waren die „Wadden Sea Commission“ Konferenz in 2004 und die internationale Konferenz der „American Society of Limnology and Oceanography (ASLO)“ in 2005. Direktoren der beteiligten Institute und Mitarbeiter besuchten ihre Kollegen in den Partnerinstituten und sorgten so für einen regen Gedankenaustausch.



Ein kleines Sandkorn reicht aus als Grundlage für das Wachstum dieser mehrzelligen Alge.



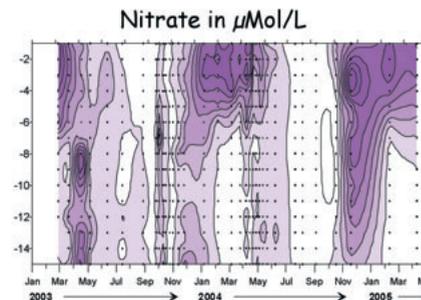
Manager der beiden Parkverwaltungen trafen sich mehrmals während der Laufzeit von COSA um ihre Erfahrungen auszutauschen.

## AWI - die Wattenmeer-Forschungsstation des Alfred-Wegener-Instituts auf Sylt

### Kopplung der Prozesse in Nordseewasser und sublitoralen Sandsedimenten

An der Feldstation in der Nordsee bei Sylt verfolgte das Team vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) mit Zeitserien-Messungen die Zusammenhänge zwischen den Vorgängen in der Wassersäule und den Sedimentprozessen. Zwei Doktoranden untersuchten über 2 Jahre Prozesse in Wassersäule und Sediment. Mindestens einmal pro Monat nahmen sie Proben an der Feldstation, entweder bei Flut mit dem Forschungsschiff „Mya“ oder bei Ebbe zu Fuß. Ihre Proben bearbeiteten sie sofort im nahe gelegenen Labor der Wattenmeerstation und analysierten dort die wichtigsten Merkmale des Sediments: Durchlässigkeit, Porosität, Korngröße, organische Bestandteile (Chlorophyll a, Kohlenhydratgehalt, partikulärer organischer Kohlenstoff und Stickstoff), die Nährstoffe. Dabei unterschieden sie die jeweiligen Konzentrationen im Porenwasser und in der darüber liegenden Wassersäule. Weiterhin wurden die im dortigen Sediment lebenden Tiere und Pflanzen erfasst.

Aus diesen Zeitserien-Messungen der Sylter Station und den IOPAS-Daten von Hel konnten die Forscher Referenzdaten für die weiteren Messungen bei den intensiven Feldstudien aller an COSA teilnehmenden Institute berechnen. Während dieser Messkampagnen kamen bis zu 23 Gastwissenschaftler zu den Teams an den beiden Feldstationen hinzu. Diese große Gruppe konnte das schaffen, was nur mit vereinten Kräften möglich war: Gemeinsam konnte man die vielen speziellen Feldgeräte gleichzeitig einsetzen. Während dieser intensiven Zusammenarbeit wurden europaweite Kontakte geknüpft, die zu neuen gemeinsamen Projekten führten und die Grundlage für zukünftige Kooperationen zwischen Mitgliedern von COSA bildeten.



Verlauf der Nitratkonzentration über einen Zeitraum von mehreren Jahren

Sediment-Probennahme auf der Sylter AWI-Feldstation.



Mit gemeinsamen Kräften wird das hochsensible, aber schwere Messgerät während der Feldstudien zum Einsatzort gebracht.



## Der Vergleich von Wasser und Sedimenten in der Nord- und Ostsee

Nachdem die Analytik und Datenverarbeitung abgeschlossen war, flossen diese Resultate in eine internetbasierte Datenbank (<http://www.iopan.gda.pl/projects/cosa/>). Mit diesem Werkzeug lassen sich die nun kalibrierten Daten der Feldstationen auf Sylt und Hel vergleichen. Die Unterschiede in den jeweiligen jahreszeitlichen Trends und den unterschiedlichen Verknüpfungen zwischen den Prozessen in der Wassersäule und dem Sediment werden deutlich. Bei Hel waren die Nährstoffkonzentrationen im Wasser durchweg geringer als bei Sylt und folgten einem ähnlichen, wenn auch geringer ausgeprägten jahreszeitlichen Zyklus, mit den höchsten Konzentrationen im Winter. An beiden Orten war der Beitrag des Sediments zur Primärproduktion signifikant, mit einer höheren photosynthetischen Aktivität in den ersten Zentimetern der Sedimentoberfläche als in der integrierten Wassersäule von ~1.6 m. Dies lag hauptsächlich an der hohen Aktivität der Diatomeen im Sediment.



Ein deutsch-polnisches COSA-Team trägt Messgeräte von der AWI-Feldstation zum Strand.



*Auliscus sculptus* eine 50-90µm lange Sediment-Diatomee, die im Sand bei Sylt vorkommt. Sie ist neu in der Ostsee und wurde erst vor kurzem im Kattegat gefunden.

## NIOO-KNAW - Das niederländische Institut für Ökologie

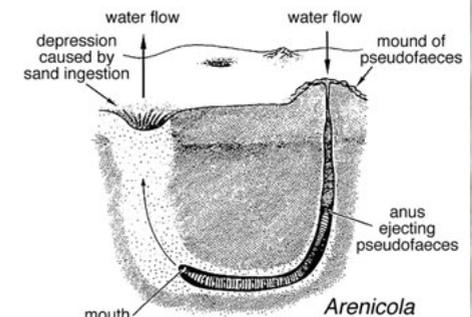
### Die Modellierung des Transports und der Verteilung gelöster Stoffe durch benthische Invertebraten (im Sediment lebende wirbellose Tiere)

Die Wissenschaftler des NIOO beschäftigten sich schwerpunktmäßig mit der Modellierung der Prozesse in sandigen Sedimenten, wobei sie aus dem Labor und vor Ort gewonnene Daten zur Überprüfung der Modellergebnisse nutzten. Um die Biogeochemie und Ökologie des sandigen Sediments zu verstehen, ist eine quantitative Beschreibung des Porenwasserfluss und des davon abhängigen Transports gelöster Stoffe sowie auch Algen und Bakterien notwendig. Die Messungen direkt in permeablen Sedimenten sind besonders schwierig, da die Fließmuster dort dreidimensional sind und weil die Messgeräte selbst die Messung verfälschen könnten: Sie können künstliche Hindernisse für die Strömung darstellen. Daher ist die mathematische Modellierung zusammen mit gezielten Laborexperimenten ein wertvolles Werkzeug, um Fließmuster zu quantifizieren und ihre biogeochemischen Effekte zu bewerten.

Die vom NIOO entwickelten Modelle beschreiben den Porenwasserfluss und die daraus folgende Dynamik von gelösten Marker-Substanzen, die sich bei der Messung nicht in Struktur und Zusammensetzung veränderten. Ursache dieser Strömungen waren entweder Lebewesen oder sie waren physikalischen Ursprungs. Für die verschiedenen Fallstudien zum reaktiven Transport in permeablen Sedimenten entwickelten die Mitarbeiter vom NIOO einen neuartigen Modellansatz. Ein Fokus lag hierbei auf der Bio-Irrigation, einem Prozess bei dem Tiere, die sich eingraben, aktiv sauerstoffreiches Wasser in das Sediment hineinpumpen. Bei den Laborexperimenten und für zwei Modellsimulationen verwendeten sie den Köderwurm oder Sandpfer, *Arenicola marina*. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf dem Porenwasserfluss, der durch eine gerichtete Strömung über eine Serie von Rippeln erzeugt wurde.



Bei Niedrigwasser freiliegende Sandbank mit Auswurfhaufen des Sandpfers oder Köderwurms *Arenicola marina*. Die dunklen Sandhäufchen werden Pseudofaeces genannt.

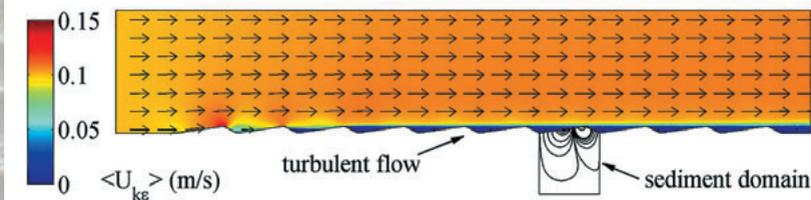


Schematische Zeichnung eines *Arenicola*-Baus mit seinem Bewohner (ca. 25 cm lang) tief unten in der Röhre.

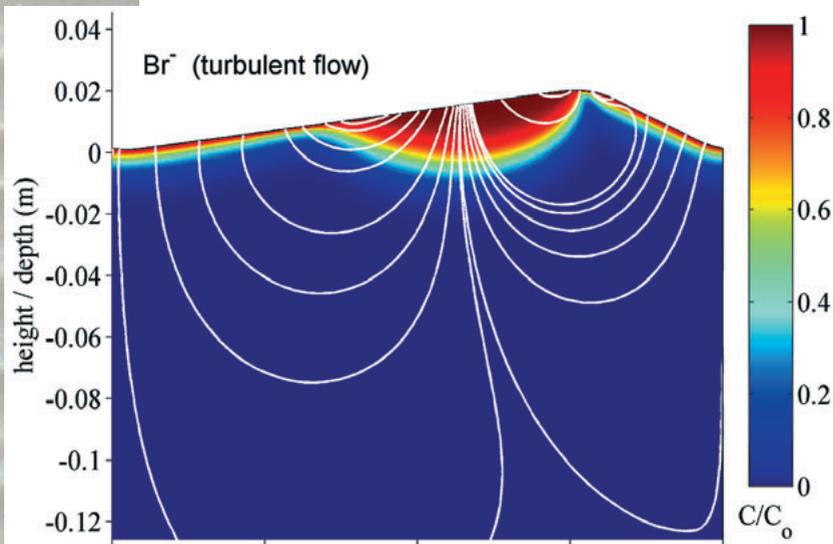
## Dynamische Umweltfaktoren erschweren die Übertragung von Modellergebnissen auf das Küstenmanagement

Die Ergebnisse zeigten, dass an beiden COSA-Feldstationen die Bodenströmungen für die Austauschprozesse zwischen Sediment und Wasser in durchlässigen sandigen Sedimenten von größter Wichtigkeit sind. Dank der Modellsimulationen gelang es den Wissenschaftlern, die komplizierten drei-dimensionalen Transporte im Porenwasser und ihrer biogeochemischen Folgen besser abzuschätzen. Die genauen Modellüberprüfungen bewiesen, dass es möglich ist mit diesen Modellen die komplexen Transportvorgänge zu beschreiben.

Die gerichtete Strömung über einer Serie von Rippeln erzeugt einen Porenwasserfluss im Sediment.



Modellsimulation: Geschwindigkeitsprofile in der Wassersäule über einer Sedimentoberfläche mit Rippeln

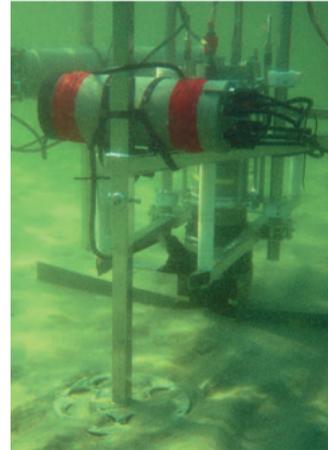


Detail: Wie eine gelöste Substanz aus dem Wasser in das Sediment unter einem der Rippel eindringt.

## MBL - das meeresbiologische Labor der Universität von Kopenhagen

### Hochauflösende Messungen vor Ort geben Einblick in die Dynamik biogeochemischer Prozesse im Sediment

Die dänischen COSA-Wissenschaftler verwendeten Datenspeichernde Messgeräte, die in den sandigen Sedimenten automatisch Sauerstoffprofile mit hoher räumlicher Auflösung messen konnten. Um die Photosynthese-Aktivität am Meeresboden zu bestimmen, setzten sie einen so genannten Mikroprofiler ein, der die Daten im Sand beider Feldstationen aufzeichnete. Sauerstoffprofile, die über 24 Stunden gemessen wurden, zeigten die große Sauerstoffdynamik im Sand beider Stationen. Tagsüber wurde eine Übersättigung mit Sauerstoff in den oberen Sedimentschichten festgestellt, die das Eindringen von Sauerstoff in das tiefere Sediment zu dieser Zeit begünstigt. Dieser Sauerstoff, der von benthischen Diatomeen (Mikroalgen) produziert wird, nützt den aeroben, also Sauerstoff verbrauchenden (Mikro-) Organismen, die organisches Material im Sediment abbauen. In der Nacht hört diese Sauerstoffproduktion auf und die Mikroalgen schalten um auf Sauerstoffverbrauch. Deswegen fallen nachts die Sauerstoffkonzentrationen im Sediment unterhalb der Sediment-Wasser-Grenzschicht auf Null.



Die Sediment-Kamera im Flachwasser-Einsatz.

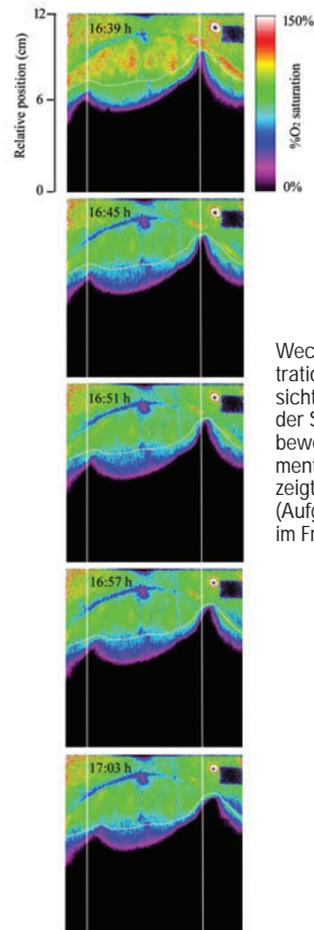


Mit empfindlichen Mikrosensoren, die unterhalb des Metallzylinders angebracht sind, misst der Mikroprofiler vertikale Konzentrationsprofile im Sediment. Ein computergesteuerter Schrittmotor senkt die Sensoren in 1-mm-Schritten automatisch in den Sand.



Um die Sauerstoffkonzentration im Querschnitt des Sediments messen zu können, registriert die CCD-Kamera des Optoden-Roboters die Fluoreszenz-Signale einer sauerstoffempfindlichen Sensorfolie, die senkrecht in den Sand gefahren wird.

Als die Forscher sich die Sauerstoffverteilung im Querschnitt des Sediments mit dem planaren Sauerstoff-Optoden-Modul genauer anschauten, konnten sie die enge Kopplung zwischen Sediment-Rippeln, Bodenwasserströmungen, Porenwasserfluss und der Eindringtiefe des Sauerstoffs verfolgen. Diese Messungen erlaubten es zum ersten Mal, das Volumen des sauerstoffhaltigen Sediments genau zu berechnen sowie auch dessen Veränderungen in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit der Bodenwasserströmungen. Mit diesen Daten konnten sie außerdem den Beitrag der benthischen Mikroalgen am Sauerstoffvorrat im Sediment abschätzen.



Wechselnde Sauerstoffkonzentrationen werden in der Zeitserie sichtbar. Eine Serie von Bildern der Sauerstoff-Verteilung um sich bewegende Rippel herum dokumentiert dies. Der weiße Strich zeigt die Sedimentoberfläche an. (Aufgenommen bei der Hel-Station im Frühjahr 2004)

Die Ergebnisse der dänischen Wissenschaftler vom MBL machen es deutlich, welchen Beitrag die durchlässigen Küstensande zu den Stoffkreisläufen leisten. Sie helfen, die nachhaltige Nutzung dieser wichtigen Küstenumwelt zu sichern. Auf der Grundlage mikrobiologischer und geochemischer Prozesse können Qualitäts-Indikatoren für das Monitoring und auch für Management Konzepte für sandige Küstenökosysteme erstellt werden.

## Glossar

**Advektion:** durch Druckunterschiede verursachter Transport von Substanzen durch die Poren des Sandsediments).

**Biogeochemie:** chemische Bedingungen und Prozesse im Meeresboden, die auch von den dort lebenden Organismen beeinflusst werden.

**Biokatalytische Filtrierung:** Ein Prozess, bei dem Organismen, organisches Material und auch Nährstoffe aus dem Wasser zurückgehalten (filtriert) werden und dabei durch Mikroorganismen umgewandelt oder zersetzt werden.

**Benthisch:** auf oder im Meeresboden

**Bodenströmung:** Wasserbewegungen direkt über dem Meeresboden

**Diatomee, -een:** Kieselalgen, einzellige mikroskopisch kleine Algen mit einer Schale aus Silikat

**Flux:** Nettogeschwindigkeit mit der eine Substanzmenge pro Zeiteinheit durch eine bestimmte Fläche wandert (wie z.B. Sauerstoffmoleküle durch einen Quadratmeter Meeresbodenoberfläche)

**Hypoxisch:** nur geringe Mengen Sauerstoff enthaltend (2 mg/l oder weniger)

**Hydrodynamik:** Dynamik des Wassers verursacht durch Strömungen und Wellen

**Invertebraten:** wirbellose Tiere wie Krebse, Weichtieren, Würmer; im Meer fast alle Tiere außer Fischen und Meeresäußern

**Partikulärer organischer Kohlenstoff:** Der Anteil organischer Verbindungen, der so groß ist, dass er durch ein bestimmtes Filter zurückgehalten wird, einschließlich lebender Planktonorganismen (wie Bakterien, Algen, Larven) und ihrer Überreste („organische Reste“ oder „Detritus“)

**Porenwasserfluss:** Wasserströmungen zwischen den Körnern in durchlässigen Sedimenten aus Sand oder Kies

**Schelf:** flache Meeresgebiete um die Kontinente herum mit Wassertiefen geringer als 200m

**Sublitoral:** der ständig überflutete Teil der küstennahen Meeresgebiete unterhalb der Niedrigwasserlinie

# COsa



## Ein europäisches Forschungsprojekt, das die Funktion von Küstensanden (COastal SANDs) als biokatalytische Filter untersucht

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts COSA erforschten Wissenschaftler aus Deutschland, Dänemark, den Niederlanden und Polen die Funktion von Küstensanden als biokatalytische Filtersysteme, um herauszufinden, welche Rolle diese Sedimente in den küstennahen Stoffkreisläufen spielen. Gefördert wurde dieses Projekt innerhalb des 5. Forschungsrahmenprogramms der EU (EVK3-CT-2002-00076). Seit Anfang 2001 besuchten Wissenschaftler regelmäßig zwei Feldstationen, die eine im süd-östlichen Teil der Nordsee auf Sylt, die andere im südlichen Teil der Ostsee auf der Halbinsel Hel, um diese Fragen mit einem Bündel an biologischen, biogeochemischen und hydrodynamischen Versuchsanordnungen zu beantworten. Diese Experimente sollten klären, welche grundlegenden Transportprozesse und welche Reaktionsabläufe in diesen durchlässigen Meeresbodensedimenten vorherrschen. Wellen und Bodenströmungen pumpen große Mengen Wasser durch die Oberschichten des Sandes und tragen dabei organische Partikel und Sauerstoff hinein. Lebewesen des Meeresbodens wie Borstenwürmer und kleine Krebstiere ernähren sich von diesen Partikeln. Die Bakterien, die die Oberfläche der Sandkörner bevölkern, bauen die organischen Substrate ab, die in die Poren des filternden Sediments vordringen.

Angetrieben wird dieser Pumpprozess durch die Wechselwirkung zwischen Bodenströmung und Sedimenttopographie. Wasser, das in die Mulden zwischen den Sandwellen hineingepresst wird, fließt zurück zu den Sandkuppeln, wo die Flüssigkeit, die jetzt mit abgebauten Stoffen wie Kohlendioxid und anorganischen Nährstoffen angereichert ist, in die Wassersäule abgegeben wird.

Die Forschung im Rahmen von COSA hat zum ersten Mal diese Filtrationsprozesse an Ort und Stelle vor Ort messen können. Die zentrale Rolle dieses Recyclings von Nährstoffen im Küstengebiet und die Allgemeingültigkeit dieses Prozesses werden durch den Vergleich der zwei Feldstationen deutlich. Zwei Vertreter der Naturschutzämter die an COSA teilnahmen, der polnische Landschaftspark Nadmorski Park Krajobrazowy und der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, setzten die wissenschaftlichen Ergebnisse in Empfehlungen für Verwaltung, Management und Umwelt-Monitoring um.

Als COSA im November 2005 beendet wurde, hatte es die Kommunikation zwischen europäischen Forschungsinstituten signifikant verbessert. Es sind zahlreiche neue Gemeinschaftsprojekte entstanden und die Forschungslabors und Umweltschutzagenturen arbeiten eng zusammen.

Weitere Informationen: [www.Eu-cosa.org](http://www.Eu-cosa.org) · [www.mpi-bremen.de](http://www.mpi-bremen.de) · [www.iopan.gda.pl/projects/cosa/](http://www.iopan.gda.pl/projects/cosa/)

Eine DVD mit dem Titel „Max-Planck-Forscher am Strand – Küstensande als natürliche Biofilter“ ist unter der Tel.-Nr. +49 (0)421 2028-704 auf Anfrage erhältlich.

### Impressum

Herausgeber: Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie  
Abteilung Presse- und Öffentlichkeitsarbeit · Celsiusstr. 1 · D-28359 Bremen  
Telefon: +49 (0)421 2028-704 · Fax: +49 (0)421 2028-790

E-Mail: [mschloes@mpi-bremen.de](mailto:mschloes@mpi-bremen.de) · Internet: [www.mpi-bremen.de](http://www.mpi-bremen.de)

Konzept und Textredaktion: Dr. Johanna Wesnigk, Prof. Dr. Markus Hüttel und Dr. Manfred Schlösser

Fotos: COSA-Team, Agnieszka Tatarek, Józef Wiktor, Walter Weise