Nr. 7/2018

MEER & KÜSTE

DEUTSCHE OSTSEE

Kläranlagen
Nachrüsten für den Meeresschutz

Muschelzucht
Nährstoffrecycling für nachhaltige Aquakultur

Schwimminseln
Pflanzenbewuchs erhöht Gewässerqualität

EUCC-D

Kurz & Bündig

Antifouling – Beschichtung für Schiffe

Biofouling beschreibt den Bewuchs an Schiffsrümpfen, z. B. mit Mikroorganismen, Muscheln und Algen. Dieses zusätzliche Gewicht erhöht den Treibstoffverbrauch der Boote, greift das Material an und führt zur unbeabsichtigten Verschleppung von Organismen in fremde Lebensräume, in denen sie das ökologische Gleichgewicht stören können. Bisherige Antifouling-Anstriche beinhalten meist giftige Chemikalien. Aber auch auf Silikonöl basierende Anstriche, die eine niedrige Oberflächenspannung und eine glatte, wasserabweisende Oberfläche bilden, sind nicht unumstritten. Umweltschonender sind elektrochemische Verfahren, bei denen an einen elektrisch leitfähigen Anstrich ein schwacher Gleichstrom angelegt wird. Dieser verhindert ein Festsetzen von Organismen.

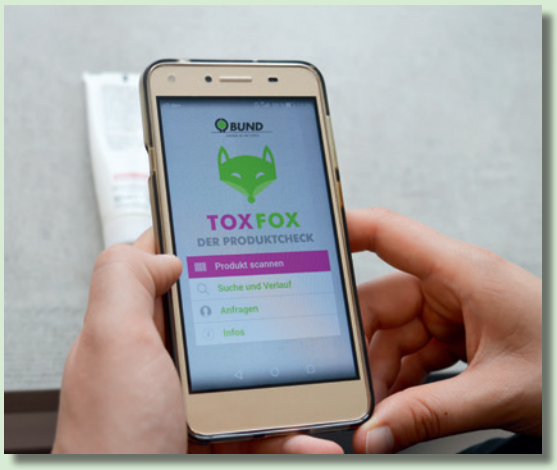
www.fraunhofer.de 🔍 Hintergründe Biofouling

Fett in der Kanalisation

2017 machte der „Londoner Fettberg“ von sich reden – ein Berg aus Kochfett und sanitären Abfällen von ca. 250 Metern Länge und 130 Tonnen Gewicht, der sich aufgrund falscher Entsorgung in der Kanalisation angesammelt hatte. Auch hierzulande gehören Fette und Öle nicht ins Abwassernetz. Sie verfestigen sich und verkleben die Rohre, weitere Partikel im Abwasser setzen sich daran fest, bis die Kanalisation verstopft. Um das zu vermeiden, sollte Bratfett mit einem Küchentuch aus der Pfanne gewischt und Öl- und Fettreste (in einem geschlossenen Gefäß) im Restmüll entsorgt werden.

www.spiegel.de 🔍 Fettberg

Chemikalien im Alltag auf der Spur



Viele Alltagsprodukte wie Kosmetika, Shampoo und Kinderspielzeug enthalten Chemikalien, die nicht nur dem Verbraucher, sondern auch der Umwelt schaden können. Hilfe beim Erkennen von Schadstoffen bietet die vom BUND entwickelte App ToxFox. Sie zeigt z. B. an, ob ein mittels Barcode eingescannter Artikel hormonell wirksame Schadstoffe enthält. Benutzer können der App mit aktuell über 80.000 Produkten auch Neue hinzufügen, indem sie die „Giftfrage“ an den Hersteller senden und binnen 45 Tagen Antwort zu den Inhaltsstoffen erhalten.

www.bund.net/toxfox

Vorwort

Das Thema Gewässerqualität füllt zunehmend die Schlagzeilen. Sowohl regional als auch international berichten die Medien über ernstzunehmende Defizite: von der Belastung mit Arzneimittelrückständen oder Plastikmüll bis hin zu nicht eingehaltenen Zielwerten der EU. Insbesondere hinsichtlich der ökologischen Wasserqualität – nicht zu verwechseln mit der Badewasserqualität, die die Belastung mit möglichen Krankheitserregern am Badestrand erfasst – ist die Ostsee in keinem guten Zustand. Zu ihrer Bewertung werden z. B. der Sauerstoffgehalt, das Vorkommen bestimmter Organismen oder die Konzentration von Nährstoffen herangezogen. Gerade letztere verursachen ein verstärktes Wachstum mikroskopisch kleiner Algen und setzen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems Ostsee herab. Auch wenn das Augenmerk im Wesentlichen auf der weiteren Reduktion von landwirtschaftlichen Nährstoffeinträgen liegen sollte, stellen die Autoren im Magazin ergänzende, innovative Ansätze zur Verbesserung der Wasserqualität, wie z. B. Muschelfarmen, vor. Unser Interviewpartner setzt hierbei große Hoffnung in Entrepreneure, also Gründer und Unternehmer, mit Engagement für die Umwelt!

Interessante Lesestunden wünschen Ihnen,
Nardine Stybel und das Redaktionsteam

Inhaltsverzeichnis

Meeresschutz ist international 4
Phosphor-Paradox 6
Moor – Multitalent und Klimaretter 8
Grüne Inseln in blauen Lagunen 10
Crowdfunding für den Ostseeschutz 11
Vorreiter Dänemark: Nährstoffrecycling durch Aquakultur 12
Wunderwerk Miesmuschel 14
Seegraswiesen – Vielfältige Bioingenieure 16
Mal- & Rätselspaß 18
Lesestoff & Mehr 20
Lup fragt, Experten antworten 21
Munition im Meer – Gefährliche Altlasten 22
Kurz in der Hand – für Jahre am Strand 23
Forschungsschwerpunkt Mikroplastik 24
Interview 26
Arzneimitteln auf der Spur 28
Wie funktioniert eigentlich eine Kläranlage? 30
Mischkanalisationen in Küstengebieten 31
Projekte 32
Vom Wissen zum Handeln 34

Recycling im Weltall

Das „Jugend forscht"-Projekt „ReUse in Space" aus Rostock, das 2018 zum Bundessieger gekürt wurde, beschäftigte sich mit dem Recycling von Kunststoffen auf der Internationalen Raumstation (ISS). Dabei soll durch Stickstoff aufgeschäumtes Polyethylen (PE) so verarbeitet werden, dass es als thermoplastischer Kunststoff für 3D-Drucker wiederverwendet werden kann. Das PE kommt als Verpackungsmaterial ins All und wird aufgrund fehlender Lagerkapazitäten üblicherweise dort entsorgt und verglüht. Durch das Recycling kann Müll reduziert sowie Material und Treibstoff gespart werden. Die im 3D-Drucker erzeugten Materialien können für Experimente und Gehäuse genutzt werden. Was bei den Schülern noch in den Kinderschuhen steckte, soll nun tatsächlich auf der ISS umgesetzt werden – sogar mit Bio-Kunststoff aus Zuckerrohr.

www.recyclingmagazin.de
Kunststoff-Recycling im All

Impressum

Herausgeber:
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.
Friedrich-Barnewitz-Str. 3
18119 Warnemünde

Redaktion: Nardine Stybel, Anke Vorlauf, Leoni Herhaus, Theresa Horn, Svenja Karstens, Franziska Stoll; mit Unterstützung durch Jane Hofmann, Maria Posern und Ulrike Retzlaff

Layout & Herstellung: mediamor, Kasernenstr. 8, 27472 Cuxhaven, (0 47 21) 66 43-0, www.mediamor.de

Auflage Magazin Nr. 7/2018: 35.000

Dieses und vorherige Magazine finden Sie auch im Internet unter:
www.meer-und-kueste.eucc-d.de

Dieses Magazin wurde auf 100 % Recyclingpapier gedruckt.

Diese Veröffentlichung wurde mit Unterstützung der Europäischen Union hergestellt. Die Beiträge in dieser Veröffentlichung geben nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union wieder.

ISBN 978-3-939206-20-0
ISSN 2190-5754

Meeresschutz ist international

Meere und Küsten sind dynamisch und unterliegen einem ständigen Wandel. Flexible und staatenübergreifende Schutzkonzepte sind daher auch in der Ostsee notwendig, um Problemen wie der Eutrophierung oder der Einwanderung fremder Arten entgegenzuwirken.

Links

www.helcom.fi

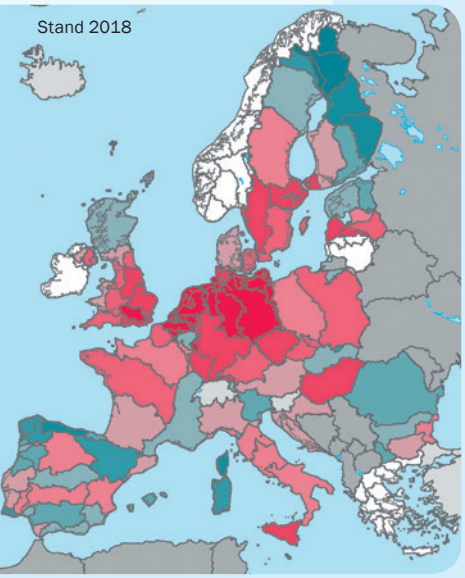
www.umweltbundesamt.de/wasserrahmenrichtlinie

www.meeresschutz.info

Anteil der Wasserkörper pro Flussgebietseinheit, die sich nicht in einem guten ökologischen Zustand befinden

0% 100%

Keine Daten



Terrestrische Ökosysteme, wie Wälder, Wiesen oder Feuchtgebiete, sind räumlich fest verortet und ihre Eigenschaften erschließen sich einem Betrachter unmittelbar. Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen sind daher in der Regel räumlich definiert und verfolgen einen lokalen Ansatz. Deutlich anders ist die Situation in Küstengewässern und Meeren: Wasser ist mobil. Es unterliegt ständiger Turbulenz und Durchmischung. Strömungen können Wasserkörper und die in ihnen lebenden Organismen innerhalb von Tagen bspw. von der deutschen an die schwedische Ostseeküste verfrachten. Selbst Lebensräume am Gewässergrund, wie Riffe, Sandbänke oder Seegraswiesen (S. 16), zeigen eine starke räumliche und zeitliche Dynamik. Einzelne Stürme und Sturmfluten können zu großflächiger Zerstörung und Umlagerung führen, die für den Menschen weitestgehend unentdeckt bleiben. Lebensräume im Meer und ihre räumliche Ausdehnung, Struktur und Funktion sind eher schwer zu erfassen. Lokal abgegrenzte Schutzgebiete im Meer sind weniger effektiv als an Land, da sich das Wasser und die darin befindlichen Lebewesen nicht an Grenzen halten. Ein zielführender Schutz der Meere erfordert daher vielfältige und flexible Konzepte.

Aktivitäten an Land hinterlassen Spuren im Meer

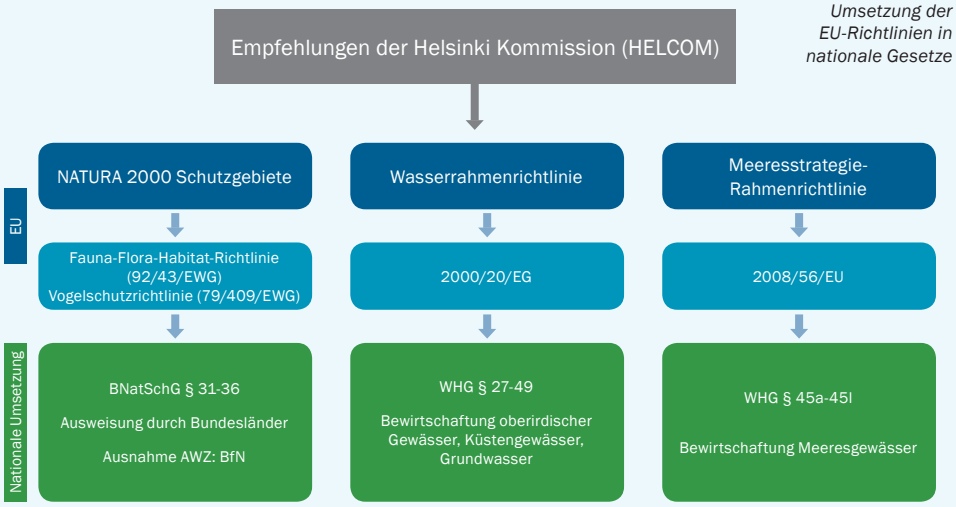
Die Ökologie der Meere wird wesentlich durch den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen gesteuert. Ein Übermaß der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor verursacht Eutrophierung, die sich bspw. durch Massenentwicklungen von Algen, Trübung des Wassers und Sauerstoffarmut in tiefen Bereichen zeigt. Vor allem die Flüsse tragen große Mengen an Nähr- und Schadstoffen aus ihren Einzugsgebieten in die Küstengewässer und Meere ein. So hat z. B. die Ostsee eine Oberfläche von 412.500 km²; ihr teilweise sehr intensiv genutztes Einzugsgebiet ist mit 1.728.000 km² aber etwa viermal so groß und verdeutlicht, dass ein Management und Maßnahmen zum Schutz der Ostsee in den Flusseinzugsgebieten ansetzen müssen. Da sich die Einzugsgebiete großer Flüsse oft in unterschiedlichen Staaten befinden, wie im Falle der Oder in Deutschland, Polen und Tschechien, ist ein grenzüberschreitendes, internationales Handeln erforderlich.

Meere kennen keine Staatsgrenzen

Die schon in den 1970er Jahren deutlich sichtbaren Umweltprobleme in der Ostsee haben 1974 zur Unterzeichnung der Helsinki-Konvention durch alle Anrainerstaaten geführt. Die daraufhin gegründete Helsinki Kommission (HELCOM) verfolgt das Ziel, die Meeresumwelt im Ostseeraum zu schützen. Aufgrund des großen Einzugsgebietes der Ostsee sind neben den direkten Anrainerstaaten auch alle EU-Staaten Mitglied der Kommission. Mit der Verabschiedung des internationalen Ostsee-Aktionsplans von 1992 und der Einführung zentraler Aspekte wie dem Vorsorge- und Verursacherprinzip sowie dem ökosystemaren Ansatz wurde die HELCOM mit der Ostseeregion insgesamt zum Vorreiter der europäischen Meeresschutzpolitik. Anders als die EU kann die HELCOM jedoch nur Emp-

fehlungen aussprechen und keine verbindlichen Richtlinien und Verordnungen erlassen. Trotzdem versuchen die Anrainer den Forderungen nachzukommen. So hat die HELCOM basierend auf dem Zeitraum 2010-2012 die jährlichen Gesamteinträge der Nährstoffe in die Ostsee durch Flüsse und Punktquellen, wie Hafenstädte, berechnet. Die Stickstoffeinträge belaufen sich dabei auf etwa 825.000 t, die Phosphoreinträge auf etwa 32.000 t. Als vertretbare Einträge werden 729.200 t Stickstoff und 21.700 t Phosphor angesehen. Auch heute gilt eine Verringerung der Nährstoffeinträge noch als eines der wichtigsten Ziele im Ostseeraum (S. 6).

Umsetzung der EU-Richtlinien in nationale Gesetze



Gemeinsame Verantwortung

Ähnliche Probleme wie in der Ostsee existieren auch in anderen europäischen Meeren. Dies führte dazu, dass die Europäische Union das Thema Meeresschutz in den Vordergrund ihrer Umweltpolitik gestellt hat und die nachhaltige Nutzung der Meere in den Mitgliedsstaaten zunehmend wichtiger wird, gleiche umweltpolitische Ziele gelten sowie Ansätze und Maßnahmen abgestimmt und großräumig umgesetzt werden. So stehen aufgrund der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie mittlerweile über 250.000 km² der europäischen Meeresgebiete unter Schutz. Auch die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) bildet einen zentralen Bestandteil der europäischen integrierten Meerespolitik. Bis zum Jahr 2020 soll ein guter Zustand der Meeresumwelt in allen europäischen Meeren erreicht werden. Ein weiteres Beispiel ist die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die eine über Staats- und Ländergrenzen hinweg integrierte und koordinierte Bewirtschaftung innerhalb der Flusseinzugsgebiete verfolgt und dadurch ebenso von zentraler Bedeutung für den Meeresschutz ist. Der Maßnahmenkatalog der WRRL reicht von Gewässerschutzstreifen oder Zwischenfruchtanbau zur Reduktion diffuser landwirtschaftlicher Nährstoffausträge bis hin zum Neubau oder der Anpassung kommunaler Klärwerke zur Bekämpfung von Punktquellen (S. 30). Auch in den Küstengewässern selbst kann etwas getan werden: Die Kultivierung von Muscheln oder Wasserpflanzen entzieht Nährstoffe direkt aus dem Gewässer (S. 10, 14). Doch trotz verbindlicher Richtlinien konnten die Ziele der WRRL und MSRL in vielen Mitgliedsstaaten bislang nicht erreicht werden. In Deutschland befindet sich weiterhin der Großteil der Seen, Flüsse und Küstengewässer in keinem guten ökologischen Zustand. Daher wurde die Frist, die Ziele der WRRL zu erreichen, bis 2027 ausgedehnt. Ebenso plant die HELCOM den bestehenden Ostsee-Aktionsplan bis 2021 anzupassen, da der gute Umweltzustand der Ostsee bis dahin kaum zu erreichen ist. Mit der verbindlichen, länderübergreifenden Zusammenarbeit zum Schutz der Ostsee ist ein wichtiger Schritt getan, jedoch müssen beschlossene Maßnahmen konkreter und zügiger umgesetzt werden, damit die internationalen Meeresschutzbemühungen flächendeckend Wirkung zeigen und gesteckte Ziele zeitnah erreicht werden können.

Gerald Schernewski
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Phosphor-Paradox

Auf dem Acker ist Phosphor ein wertvoller Nährstoff und wird per Düngung aufgebracht. Doch in unseren Gewässern herrscht ein Nährstoffüberschuss, der negative Folgen haben kann. Wie lässt sich eine Überdüngung der Gewässer vermeiden?

Phosphorforschung unter einem Dach

Um Wissenschaftler aus den Bereichen Biologie, Chemie, Medizin, Landwirtschaft und Umwelt miteinander zu vernetzen und zur Zusammenarbeit und zum Austausch anzuregen, haben sich fünf Leibniz-Institute und die Universität Rostock in einem Netzwerk zusammengeschlossen. Gemeinsames Ziel ist, wissenschaftliche Grundlagen für ein nachhaltigeres Phosphormanagement zu erarbeiten. Hier spielen die Themen Suffizienz, Effizienz und Recycling eine große Rolle.

Mehr Informationen unter:

www.wissenschaftscampus-rostock.de

Phosphor ist unersetzbar und für jedes Lebewesen notwendig, da er u. a. wichtiger Bestandteil der DNA und RNA und damit von großer Bedeutung für unsere Erbinformationen ist. 1 % des menschlichen Körpers enthält Phosphor, der überwiegend in den Knochen gebunden ist. Er ist neben Stickstoff einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe. Um das Pflanzenwachstum und somit den optimalen Ertrag zu unterstützen, bringen Landwirte u. a. Phosphatdünger aus. Phosphor ist aber auch in Herbiziden und Tierfutter enthalten. Auch einer Vielzahl von Lebensmitteln werden Phosphate (häufigste Form von Phosphor) zum Konservieren und Stabilisieren zugesetzt. Früher waren diese in großen Mengen in Wasch- und Geschirrspülmitteln enthalten. Deutschland begrenzte den Phosphatgehalt für Waschmittel in den 1980er Jahren, die EU den für Geschirrspülmittel 2017. Insbesondere die Aufrüstung großer Kläranlagen mit einer dritten Reinigungsstufe um 1990 führte zu einer starken Abnahme der Phosphoreinträge in die Gewässer.

Phosphorknappheit

Phosphor ist ein endlicher Rohstoff, der in Lagerstätten abgebaut und auf dem Weltmarkt gehandelt wird. Die meisten Lagerstätten sind aus marinen Sedimenten entstanden, daher sehr großflächig, aber nicht tiefgehend. Dementsprechend umfangreich ist die mit ihrem Abbau einhergehende Landschaftszerstörung. Die Lagerstätten weisen hinsichtlich des Phosphatgehaltes und der im Gestein eingelagerten Verunreinigungen unterschiedliche Qualitäten auf. Gesundheitsgefährdende Begleitelemente wie z. B. Cadmium oder Uran können den Nutzen als Dünger für die Landwirtschaft stark einschränken. Weder Deutschland noch andere europäische Länder verfügen über bedeutende Lagerstätten. Ein Großteil der bekannten Reserven befindet sich in Marokko und China, was langfristig geopolitische Probleme und damit Knappheiten befürchten lässt.

Phosphorüberschuss

Nicht nur aufgrund dieser Verfügbarkeitsprobleme streben Deutschland und die EU ein nachhaltigeres Phosphormanagement an. Problematisch ist der überschüssige, von den Pflanzen nicht aufgenommene Phosphor, der von den landwirtschaftlichen Flächen aber auch über die Abwässer aus Kläranlagen in die Gewässer gelangt. Ist im Vergleich zum natürlichen Zustand zu viel Phosphor in den Gewässern vorhanden, führt dies zu einem übermäßigen Wachstum einiger Wasserpflanzen, was hier – im Gegensatz zum Acker – unerwünscht ist. Es kommt zur Eutrophierung und z. B. im Spätsommer zu den sogenannten „Blaualgenblüten“ der Cyano-

bakterien in der Ostsee. Die Eutrophierung ist immer noch eine der größten Belastungen der Ostsee. In den letzten Jahren wurden pro Jahr etwa 32.000 t Phosphor vor allem über die Flüsse eingetragen. Ein großer Anteil davon sammelt sich Jahr für Jahr in der Ostsee an, denn im Gegensatz zu Stickstoff kann sich Phosphor nicht „in Luft auflösen“ und als Gas aus dem System entweichen. Neben der Ostsee weisen viele Fließgewässer, Seen und Küstengewässer an der deutschen Ostseeküste zu hohe Phosphorkonzentrationen auf, die eine weitere Reduzierung der Einträge erfordern.

Quellen und Transportwege

Die Quellen, über die Phosphor in Gewässer gelangt, sind oft schwer zu bestimmen. Zu den Punktquellen zählen nicht nur große, sondern auch kleine Kläranlagen (< 10.000 Einwohnerwerte), die gesetzlich keine Auflagen zum Phosphorrückhalt haben und daher regional für den Phosphoreintrag bedeutend sein können. Die größte Phosphorquelle sind jedoch die diffusen Austräge aus der Landwirtschaft. Selbst in Regionen, in denen ein großer Teil der landwirtschaftlichen Flächen phosphorunterversorgt ist, sind diffuse Austräge von zahlreichen Flächen festzustellen, wobei Phosphor insbesondere über Dränagen, Grundwasser und Erosion in die Gewässer gelangt. Zu den neu erkannten Eintragsquellen zählen Hofentwässerungen und Abwässer von Biogasanlagen. Phosphor wird aber auch in den Gewässern selbst aus den Sedimenten freigesetzt. Verstärkt wird dieser Umstand bei Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, z. B. durch die Aufwirbelung und Wiederfreisetzung von Nährstoffen bei Krautung oder Räumung. Auch durch den Menschen gestörte Moore können eine große Phosphorquelle sein.

Maßnahmen für nachhaltigeres Management

Weitere Reduktionen der Phosphoreinträge in Gewässer sind nicht einfach zu realisieren, aber notwendig. Eine nachhaltige Nutzung mit möglichst geschlossenem Kreislauf bedeutet, dass bei der Phosphornutzung, z. B. in der landwirtschaftlichen Düngung oder Tierfütterung, möglichst wenig Phosphor eingesetzt wird („Suffizienz“). Zudem sollte dieser auch möglichst effizient genutzt werden, d. h. dass mit möglichst wenig Einsatz möglichst viel erreicht wird. Als Verbraucher können wir dies auch durch unser tägliches Handeln unterstützen: durch den Konsum von Nahrungsmitteln aus ökologischer Landwirtschaft und von möglichst wenig Fleisch. Wenn sich dann noch ein Phosphorrecycling anschließt, sollten die Austräge in die Umwelt minimiert werden können. Recycling kann in der Industrie, bei der Verwertung von Lebensmittelresten oder in Kläranlagen beim Klärschlamm ansetzen. So kann z. B. aus Klärschlammasche wieder Phosphorsäure oder Düngergranulat hergestellt werden. Um die Austräge in die Umwelt noch weiter zu minimieren, können z. B. kleine Kläranlagen technisch aufgerüstet werden oder Filteranlagen an Dränauslässen installiert werden. Auch Feuchtgebiete können als natürliche Phosphorpuffer dienen, indem der dort akkumulierte Phosphor wieder entnommen wird. Dies kann z. B. durch Mahd und Paludikultur (S. 8) auf wiedervernässten Mooren geschehen. Die in hoch belasteten Seen bewährten Maßnahmen wie Sedimententnahme oder Belüftung des Seegrundes werden aktuell sogar für die Ostsee diskutiert. Allerdings lassen sich die großflächigen Auswirkungen noch nicht absehen.

Inga Krämer
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Das Lebenselixier Phosphor (P) muss maßvoll genutzt werden.

Moor – Multitalent und Klimaretter

Moore sind bedeutende, aber kaum beachtete Ökosysteme an unseren Küsten. Erst im letzten Jahrzehnt wurde der große Ausstoß von Klimagasen und Nährstoffen aus entwässerten Mooren bekannt. Die Lösung: Anhebung der Wasserstände und nachhaltige Nutzung nasser Moore.

Moore nehmen nur 3 % der weltweiten Landfläche ein, enthalten aber in ihren Torfen zweimal mehr Kohlenstoff als die gesamte Biomasse aller Wälder der Erde. Das Vorkommen von Torf, nicht zersetzte Reste von Moorpflanzen wie Torfmoos, Seggen, Schilf oder Erlen, ist die prägendste Eigenschaft von Mooren. In natürlichen Mooren ist der Wasserstand im Mittel nahe der Bodenoberfläche. Wird ein Moor etwa zur landwirtschaftlichen Nutzung entwässert, tritt Sauerstoff in den Torf ein, Kohlendioxid und oft auch Lachgas werden freigesetzt. Diese entwässerten Moore (0,3 % der weltweiten Landfläche) verursachen jährlich einen Kohlendioxidausstoß von zwei Gigatonnen, etwa dreimal so viel wie der weltweite Flugverkehr. Das macht sie zu Brennpunkten im Klimaschutz, weltweit, in Deutschland und bei uns im Norden.

Mecklenburg-Vorpommern ist mit fast 13 % Mooranteil an der Landesfläche bundesweit Spitzenreiter. Hier sind entwässerte Moore tatsächlich die größte Einzelquelle für Treibhausgase und machen etwa 30 % der gesamten Emissionen des Bundeslandes aus. In Schleswig-Holstein sind rund 9 % der Landesfläche vermoort, ebenso in Niedersachsen. Hier gibt es einen hohen Anteil (ca. 235.000 ha) an Hochmooren, die nur aus Niederschlägen gespeist und besonders intensiv für die Gewinnung von im Gartenbau eingesetztem Torf genutzt werden. In den beiden anderen Ländern überwiegen vom Grundwasser gespeiste Niedermoore, die überwiegend für die Landwirtschaft entwässert wurden. Viele dieser Moore liegen in den großen Flusstälern und sind damit direkt mit der Küste und der Ostsee verbunden.

Moore als Ökosystemdienstleister

Naturnahe Moore sind Lebensräume für hochspezialisierte Tier- und Pflanzenarten, wie z. B. Schreiadler, Kraniche, Feuerfalter, Sonnentau und Orchideen. Intakte Moore stabilisieren den Wasserhaushalt in der Landschaft und regulieren bei extremem Regen das Abfließen des Niederschlags. Entlang von Gewässern können Moore einen Beitrag zum Hochwasserschutz leisten. Ihre Pufferwirkung wird angesichts des Klimawandels immer bedeutender. Moore haben ein großes Potential, Nährstoffe oder Schadstoffe zurückzuhalten. Ihre Senkenfunktion beschränkt sich nicht allein auf Kohlenstoff, sondern umfasst auch Stickstoff- und Phosphorverbindungen (S. 6). Naturnahe Moore tragen wesentlich dazu bei, die Nährstofffrachten aus dem Binnenland in die Oberflächengewässer und letztendlich in die Meere zu mindern. Diese Ökosystemleistungen müssen durch den wirksamen Schutz naturnaher Moore erhalten werden, können aber auch

Ausgewählte Projekte und Links

WETSCAPES – Stoffumsetzungsprozesse an Moor- und Küstenstandorten als Grundlage für Landnutzung, Klimawirkung und Gewässerschutz
www.wetscapes.uni-rostock.de

MeerGewinn – gemeinsam innovativ. Nährstoffrückhalt durch die Produktion nachwachsender Rohstoffe in künstlich angelegten Feuchtgebieten
www.duene-greifswald.de/de/projekte.php_meergewinn.php

Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in M-V:
www.regierung-mv.de
Schutz und Nutzung Moor

Wissensplattform zu Mooren und Paludikultur:
www.moorwissen.de

Greifswald Moor Centrum:
www.greifswaldmoor.de

durch die Wiedervernässung von degradierten Mooren verstärkt genutzt werden.
Die Entwässerung von Mooren ist eine Sackgasse. Durch die Zersetzung des trockenen Torfes nimmt das Volumen ab und das Land sinkt. Im Binnenland steigen die Kosten der Entwässerung immer weiter, an den Küsten verschwindet das Land einfach im Meer oder muss durch aufwändigen Küstenschutz erhalten werden. Dies zeigt sich besonders in den Niederlanden, deren Landfläche bereits zu über 50 % unter dem Meeresspiegel liegt. Landverlust ist auch in tropischen Küstenmooren ein riesiges Problem, da sich Torf unter den dortigen klimatischen Bedingungen bis zu zehnfach schneller zersetzt als in den gemäßigten Breiten.

Chancen durch Paludikultur

Eine mögliche Lösung ist Paludikultur, die nachhaltige Nutzung nasser oder wiedervernässter Moore. Das Wort setzt sich aus den lateinischen Begriffen *palus* (Sumpf) und *cultura* (Bewirtschaftung) zusammen. Paludikultur bietet eine Nutzungsalternative für Moore, die bisher entwässert land- und forstwirtschaftlich genutzt werden und dabei hohe Umweltschäden verursachen. Ein Anheben des Wasserstandes kann diese stark reduzieren. Eine Nutzung mit angepassten Pflanzen und Nutztieren sowie geeigneter Erntetechnik ermöglicht es, die Flächen für landwirtschaftliche Produktion zu erhalten. Nutzungsbeispiele sind der Anbau von Schilf für Dachreet oder die energetische Verwertung, die Verwendung von Rohrkolbenbiomasse als Baustoff oder der Anbau von Torfmoosen als Torfersatz. Auch die Beweidung mit Wasserbüffeln bietet die Chance, Landschaftspflege mit Wirtschaftlichkeit zu verbinden. Das Fleisch der Wasserbüffel ist hochwertig, ähnelt im Geschmack Wild und ist cholesterin- und fettarm. Anwendungspioniere sind vor allem in Mecklenburg-Vorpommern zu finden: In Malchin wurde 2014 das weltweit erste Heizkraftwerk für Biomasse von nassen Niedermooren in Betrieb genommen. Es versorgt 490 Haushalte, einen Kindergarten, zwei Schulen und Bürogebäude der Kleinstadt. In einem Küstenfeuchtgebiet an der Peenemündung wird Rohrkolben als lokaler Rohstoff für Dämmmaterial geerntet. Beides schuf neue Arbeitsplätze im ländlichen Küstenraum. Mit der Ende 2017 fertiggestellten Fachplanung für die Umsetzung von Paludikultur wird Mecklenburg-Vorpommern hoffentlich weiterhin seine Vorreiterrolle beim Klimaschutz durch Moorschutz behaupten.

Franziska Tanneberger & Nina Körner
Greifswald Moor Centrum

Wasserbüffel können nasse Flächen beweiden. So bleiben diese erhalten und werden gleichzeitig für die Produktion von Milch- und Fleischerzeugnissen genutzt.

Grüne Inseln in blauen Lagunen

Schwimmende Inseln, die mit Makrophyten wie Schilf, Seggen oder Binsen bewachsen sind, können helfen, die Gewässerqualität in nährstoffreichen Lagunen zu verbessern.

LiveLagoons

Nährstoffentzug und Verbesserung der Gewässerqualität in eutrophierten Lagunen mit schwimmenden Makrophyteninseln

www.balticlagoons.net/livelagoons

Sowohl in der griechischen Mythologie als auch in der neuzeitlichen Literatur spielten schwimmende Inseln eine wichtige Rolle: Poseidon ließ die Insel Delos aus dem Wasser auftauchen, um Zeus' Geliebter einen Ort zum Gebären ihrer Zwillinge zu schenken. *Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer* vergrößerten ihr Lummerland mit Hilfe einer schwimmenden Insel und im Roman *Schiffbruch mit Tiger* war eine schwimmende Insel aus Algen zunächst ein Rettungsanker, bevor die Algen in der Nacht zu gefährlichen, fleischfressenden Pflanzen wurden. Und auch in der südlichen Ostsee werden neuerdings schwimmende Inseln eingesetzt, um eine Art Rettung zu starten: Es gilt dem Problem der Eutrophierung, also der übermäßigen Anreicherung von Nährstoffen, entgegenzuwirken.

Bepflanzte Schwimminseln als Allrounder

Schwimmende Inseln wurden bereits in Versuchsgebieten in Litauen, Polen und Deutschland installiert. Die mit Makrophyten wie Rohrkolben oder Sumpfschwertlilien bewachsenen Inseln werden als mobile Biofilter eingesetzt, um lokal die Gewässerqualität zu verbessern. Zusätzlich zu Maßnahmen, die auf eine Verringerung des landwärtigen Nährstoffeintrags abzielen, sind interne Maßnahmen in eutrophierten Ostseelagunen dringend notwendig, um einen guten Gewässerzustand und damit die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen (S. 4). Schwimmende Makrophyteninseln sind wahre Multitalente: Die Pflanzen nehmen Nährstoffe wie Stickstoff- oder Phosphorverbindungen aus dem Wasserkörper auf. Durch ihr Wurzelsystem gelangt Sauerstoff in das Gewässer. Bakterien sorgen dafür, dass Nitrat zu molekularem Stickstoff umgewandelt wird, welcher als Gas aus dem System Ostsee entweichen kann und somit nicht mehr unmittelbar als Nährstoff im Gewässer zur Verfügung steht. Die grünen Inseln wirken zudem strömungsberuhigend, fördern Sedimentation und ermöglichen so eine höhere Wassertransparenz, die von Touristen und Anwohnern geschätzt wird.

Schutz und Nutzung

Die grünen Inseln schaffen vielfältige Habitate für Vögel und Insekten und können Hotspots lokaler Biodiversität darstellen. Geschützte Arten der Roten Liste können ungestört wachsen und durch die Integration von blühenden Pflanzenarten, wie dem lila Blutweiderich oder der rosa Schwanenblume, schafft man attraktive Farbkleckse in den Küstengewässern. Zusätzlich kann die geerntete Biomasse der Schwimminseln als Futtermittel, Brenn- oder Baustoff verwertet werden. Neben traditionellen Nutzungen wie der Verwendung von Schilf für den Bau und die Instandhaltung von Reetdächern, sind innovative Ansätze wie die Verwertung von Rohrkolben als Dämmmaterial auf dem Vormarsch (S. 8). Eine weitere Möglichkeit den Einsatz von bewachsenen Schwimminseln rentabel zu gestalten, wäre die indirekte Finanzierung ihrer Leistung für die Ökosysteme: Der Nährstoffentzug aus den Gewässern könnte bspw. über Crowdfunding-Plattformen honoriert werden (S. 11).

Svenja Karstens
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Crowdfunding für den Ostseeschutz

Trotz nationaler und internationaler Anstrengungen wurden die Ziele zur Verbesserung des Umweltzustandes der Ostsee noch nicht erreicht. Eine Internetplattform ermuntert nun Bürger, innovative Meeresschutzmaßnahmen finanziell zu unterstützen.

Das Einzugsgebiet der Ostsee ist Heimat von über 90 Millionen Menschen und hat sich zu einem wichtigen Wirtschaftsraum entwickelt. Die intensive Nutzung hat allerdings hohe Nährstoffeinträge von Phosphor und Stickstoff zur Folge, die zu einer Überdüngung der Gewässer führen und z. B. starke Algenblüten hervorrufen. Im Hinterland wird einiges getan, um die Nährstoffeinträge zu reduzieren. Doch auch im und am Meer gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, Nährstoffeinträge zu verringern und den Zustand der Ostsee zu verbessern: Schwimmende Pflanzeninseln (S. 10), Muschelfarmen (S. 14) oder das Nachrüsten von Kläranlagen (S. 30) sind nur einige Beispiele. Die meisten Maßnahmen können jedoch ohne finanzielle Unterstützung nicht umgesetzt werden. Eine Möglichkeit der Finanzierung wäre ein Nährstoffhandel.

Wie funktioniert Nährstoffhandel?

Ähnlich wie bei dem Handel mit CO_2-Zertifikaten könnten Nährstoffreduktionen als „Gutschriften" an Nährstoffproduzenten verkauft werden. Landwirte bspw. könnten diese Gutschriften als Kompensation ihrer Nährstoffeinträge durch Düngung etc. erwerben. Gleichzeitig würden für Landwirte, Unternehmer oder Kommunen, die kostengünstige Verfahren zur Nährstoffreduktion entwickeln und umsetzen, neue Einnahmequellen entstehen und die Vorreiterrolle im Bereich Nährstoffreduktion belohnt. Im Bereich der Treibhausgasminderung bestehen bereits verbindliche Handelsregelungen. Darüber hinaus gibt es freiwillige Programme, die ihre Teilnehmer zu Eigeninitiativen motivieren und privates Engagement mit technischen Innovationen verknüpfen. Crowdfunding im Internet, die Finanzierung eines Produktes oder einer Idee durch viele Menschen, ist so eine Möglichkeit. Sie wird nun erstmalig auch für den Ostseeschutz eingesetzt.

Werde aktiv!

Wir alle sind verantwortlich für die Nährstoffeinträge in die Ostsee. So beeinflusst u. a. unsere Ernährung oder die Effektivität unserer kommunalen Klärwerke, wie viel Phosphor und Stickstoff in unsere Gewässer gelangen. Dieser Fußabdruck könnte durch einen veränderten Lebensstil (z. B. Einschränkung des Fleischkonsums) verringert und zusätzlich durch externe Maßnahmen neutralisiert werden. Die innovative Crowdfunding-Plattform Nutribute bewirbt lokale Projekte im und am Wasser, die das Ziel der Nährstoffreduktion in der Ostsee verfolgen. Bürger können online ihren Favoriten auswählen, eine beliebige Summe Geld spenden und damit die Umsetzung lokaler Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ostsee unterstützen. Die Nutzung von Nutribute ist für die Benutzer kostenlos. Gespendete Gelder fließen ausschließlich in die innovativen Maßnahmen. Die Plattform sucht stetig nach neuen Ideen und Konzepten zur Nährstoffbekämpfung. Mitmachen zahlt sich aus – für Ideengeber und Bürger!

Anna Saarentaus
John Nurminen Foundation

NUTRIBUTE

Die Crowdfunding-Plattform Nutribute wurde im Rahmen des Projektes NutriTrade entwickelt – ein Leuchtturmprojekt der EU-Strategie für den Ostseeraum, finanziert durch das EU-Programm Interreg Central Baltic.

www.nutribute.org

www.nutritradebaltic.eu

Anna Saarentaus, was steckt hinter der John Nurminen Foundation?

Ziel der 1992 gegründeten Stiftung ist die Rettung der Ostsee für zukünftige Generationen. Mit unseren Clean Baltic Sea-Projekten können wir konkrete Maßnahmen umsetzen, um Belastung und Umweltrisiken für die Ostsee zu reduzieren.

Was war die erste erfolgreiche Maßnahme, die durch Nutribute umgesetzt werden konnte?

Das war der gezielte Fischfang von Rotaugen und Brassen im Finnischen Meerbusen. Diese Fische wurden bislang sehr wenig genutzt. Nun werden sie zu Lebensmitteln weiter verarbeitet und mit neuen Rezepturen beworben. Fang und Verarbeitung von Rotaugen und Brassen entziehen der Ostsee Nährstoffe und entlasten gefährdete Fischarten.

Vorreiter Dänemark

Nährstoffrecycling durch Aquakultur

Der Eintrag von Stickstoff und Phosphor in Gewässer führt vielerorts zu Problemen. Unser Nachbar zeigt, wie überschüssige Nährstoffe mit Hilfe von Algen und Muscheln der Ostsee wieder entzogen und nachhaltig genutzt werden können.

In Dänemark, wie auch in vielen anderen Anrainerstaaten der Ostsee, wurden die Bemühungen Nährstoffeinträge zu reduzieren, in den letzten Jahrzehnten intensiviert. Doch noch immer übersteigen die Einträge die als vertretbar angesehenen Grenzwerte. Neben den klassischen Eintragsquellen, z. B. aus Landwirtschaft oder kommunalen Abwässern, kann auch die Fischzucht in Netzgehegen – durch Futterreste und Ausscheidungen der Tiere – zur internen Anreicherung von Nährstoffen beitragen. Gleichwohl will Dänemark die heimische Fischproduktion sowohl im Meer als auch in den Küstengewässern ausweiten. Die damit einhergehenden zusätzlichen Nährstoffeinträge müssen ausgeglichen werden.

Interne Nährstoffkreisläufe als Ziel

Die angestrebte Expansion der Fischproduktion in Dänemark wird kontrovers diskutiert. Eine erfolgversprechende Kompensationsmöglichkeit ist die zusätzliche Kultivierung von Muscheln oder Algen, die Nährstoffe, die aus den Fischaquakulturen stammen, aufnehmen und verwerten. Doch die Effektivität dieser so genannten integrierten multitrophischen Aquakulturen (IMTA) ist noch nicht ausreichend erforscht. Es ist weiterhin sehr schwierig die Farmen so aufzubauen, dass die direkte Aufnahme der Fischausscheidungen gemessen und nachgewiesen werden kann. Große Hoffnung wird daher in die aktuelle Forschung gesetzt, um Wechselwirkungen zwischen Fisch-, Muschel- und Algenaquakultur besser zu verstehen. In Dänemark werden die Stoffflüsse dabei anhand des Massenbilanzansatzes betrachtet: Futterreste und Fischausscheidungen, sowohl organische als auch anorganische, beeinflussen die Gewässerumwelt und müssen durch Muschel- und/oder Algenzucht so ausgeglichen werden, dass die eingebrachte Menge an Stickstoff und Phosphor wieder aus dem Gewässer entzogen wird. Bevor die Nährstoffumwandlung nicht ausreichend nachgewiesen werden kann, verzögern sich die Genehmigungsverfahren für weitere Fischzuchtbetriebe. Im Mittelpunkt der zugrundeliegenden Verordnung in Dänemark steht dabei die Verringerung der Meeresverschmutzung durch Nährstoffanreicherungen.

Neue Einkommensmöglichkeiten

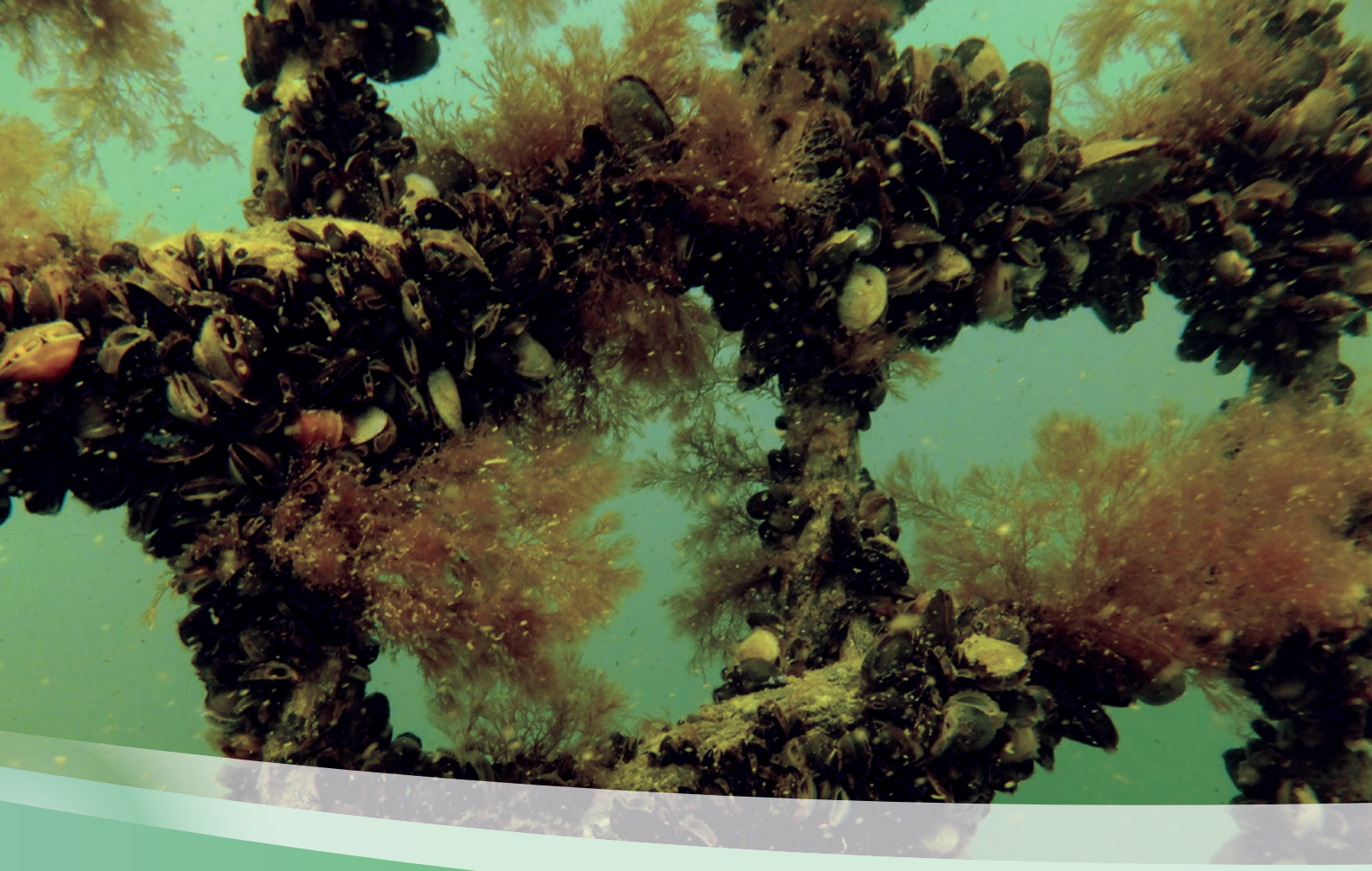
Neben der Nutzung von Muscheln und Algen zum direkten Verzehr können diese bspw. zu wertvollen Protein- und Fettquellen weiterverarbeitet werden. So gibt es innovative Ansätze, Muschelfleisch als Alternative zu Fischmehl und somit als

Muschelaquakultur

In BONUS OPTIMUS werden Ökosystemdienstleistungen sowie Umweltauswirkungen von Muschelaquakultur in der Ostsee wissenschaftlich erfasst und ausgewertet. Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag für die Bekämpfung der Eutrophierung in Küstengebieten, die nachhaltige Aquakultur und die Bereitstellung qualitativ hochwertigen Fischfutters.

www.bonus-optimus.eu

BONUS OPTIMUS
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
BONUS
SCIENCE FOR A BETTER FUTURE OF THE BALTIC SEA REGION



Hauptproteinquelle für Nutz- und Heimtierfuttermittel einzusetzen (S. 14). Durch die Extraktion von Nährstoffen aus dem Muschelanbau und die Umwandlung in Futtermittel für Landwirtschaft und Aquakultur entsteht ein Nährstoffkreislauf, der auch aus ökonomischer Sicht vorteilhaft ist. So stellt das Recycling von Nährstoffen eine wertvolle Basis für die lokale wirtschaftliche Entwicklung dar. Dem Ziel folgend, jährlich 2.000 t Stickstoff aus dänischen Gewässern zu entziehen, müssten 100.000 t Muscheln geerntet werden. Das entspräche 8-15 % des nationalen Reduktionsziels.

Gegenwärtig werden im Limfjord in Nordjütland Muschelanlagen zum Nährstoffentzug im Produktionsmaßstab getestet. Gleichzeitig wird die Machbarkeit durch Pilotanlagen und Modellversuche in vielen anderen Mündungsgebieten im ganzen Land bewertet. Darüber hinaus sind weitere Einsatzmöglichkeiten von Miesmuscheln als direkte Quelle für Omega-3-Fettsäuren, wertvolle Antioxidantien, natürliche Pigmente und andere Produkte natürlichen Ursprungs auf dem Vormarsch.

Beteiligung der lokalen Bevölkerung

Die Expansion von Muschelfarmen kann ein wichtiger Entwicklungsmotor für Küstengemeinden sein. Sie kann die Anwohner jedoch auch spalten: Während einige Bürger die Anlagen und z. B. die Zunahme an bootsbetriebenen Wartungsarbeiten als störend empfinden, sehen andere das ökonomische Potential, das Wiederaufleben von Traditionen und die verstärkte Wahrnehmung der Meeresumwelt. Ein Beispiel wie die lokale Bevölkerung stärker integriert und die Akzeptanz gesteigert werden kann, sind die dänischen Muschelgärten namens „Fjordhave“, die in Regionen mit wachsender Muschelaquakultur immer beliebter werden. Es handelt sich hierbei um kleinskalige Zuchtanlagen, die zum Teil nur ein paar Käfige umfassen, aber auch eine Fläche von mehreren hundert Quadratmetern einnehmen können. Diese Gärten, die eine kleine kommerzielle Farm nachahmen, sind für interessierte Anwohner leicht zugänglich und bieten der lokalen Gemeinschaft die Möglichkeit, sich mit der Meeresumwelt zu beschäftigen und eigene Meeresfrüchte zu kultivieren. Gegenwärtig gibt es sieben offizielle Meeresgärten an der dänischen Küste, in denen neben heimischen Muschelarten wie Austern und Miesmuscheln auch Makroalgen kultiviert werden. Sie beleben Hafengebiete, fördern eine gesunde Ernährung und einen bewussten Konsum. Außerdem helfen sie dabei, den Aspekt des Nährstoffentzugs durch geerntete Muscheln und Algen zu verdeutlichen und wertzuschätzen. Auf diese Weise wird ein Diskurs über die Ökosystemdienstleistungen der Muschel- und Algenaquakultur zwischen Öffentlichkeit und Industrie ermöglicht und die gesellschaftliche Akzeptanz für diese Nutzungsform weiter gesteigert.

Daniel Taylor & Pernille Nielsen
Institute of Aquatic Resources,
Technical University of Denmark

Mehr zu den Muschelgärten...

...finden Sie unter:
www.fjordhaver.dk

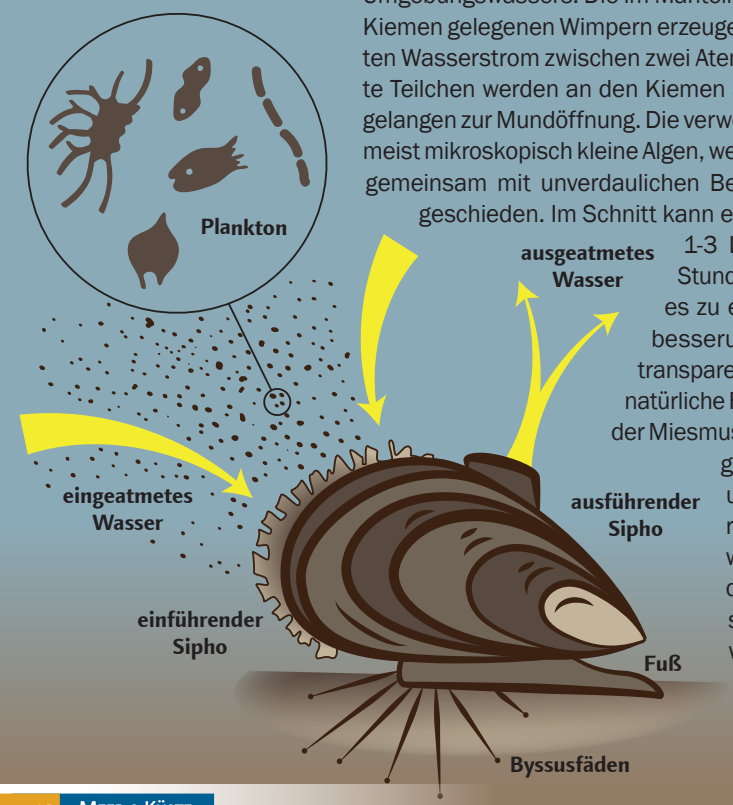
Öffentliche Muschelernte

Muschelfarm Kieler Förde

Wunderwerk Miesmuschel

Während im westlichen Teil der Ostsee vor allem auf die Produktion von Miesmuscheln zur menschlichen Ernährung gesetzt wird, verfolgen Länder im Süden und Osten den Ansatz, sie zum Entzug von Nährstoffen einzusetzen.

Miesmuscheln ernähren sich durch Filtration ihres Umgebungswassers. Die im Mantelraum und auf den Kiemen gelegenen Wimpern erzeugen einen gerichteten Wasserstrom zwischen zwei Atemöffnungen. Feste Teilchen werden an den Kiemen aufgefangen und gelangen zur Mundöffnung. Die verwertbaren Partikel, meist mikroskopisch kleine Algen, werden verdaut und gemeinsam mit unverdaulichen Bestandteilen ausgeschieden. Im Schnitt kann eine Miesmuschel 1-3 Liter Wasser pro Stunde filtern, wodurch es zu einer lokalen Verbesserung der Wassertransparenz kommt. Dieser natürliche Filtrationsvorgang der Miesmuschel kann gezielt genutzt werden, um der Eutrophierung entgegenzuwirken, indem dem Wasser Nährstoffe entzogen werden und die übermäßige Produktion von Mikroalgen vermieden wird. Dies trägt zur Verbesserung der Wasserqualität bei. Allerdings fehlt es in der Ostsee vielerorts an geeignetem Hartsubstrat, auf dem sich die natürlich vorkommenden Muschellarven anheften und wachsen können. Insbesondere in flachen Gebieten nahe der Küste treten durch die starke Belastung mit nährstoffreichem Wasser schlammige Sedimente auf, die keine geeigneten Untergründe darstellen.



Der Salzgehalt macht den Unterschied

Abhilfe schaffen Leinen und Netze, die zu Zuchtzwecken an Bojen oder Schläuchen befestigt in die Wassersäule herabhängen und von den Larven besiedelt werden. Muschellarven reagieren auf helle Farben, weshalb sich vor allem weiße Gurtbänder als Kollektoren zur Ansiedlung eignen. Das Wachstum der Muscheln hängt von der Umgebungstemperatur und maßgeblich vom Salzgehalt ab. Während in der Kieler Förde mit etwa 1,5 % Salzgehalt die im Mai freiwerdenden Larven bis zum Winter bereits 3 cm und im darauffolgenden Jahr sogar 8 cm erreichen, tritt der Larvenfall im flacheren und damit wärmeren Greifswalder Bodden bereits im April auf. Untersuchungen an einer 2017 installierten Forschungsplattform zeigen, dass die Larven auch ein Jahr nach Festheften eine Länge von 2 cm nicht erreichen – ein Umstand, der vornehmlich auf den sehr geringen Salz-

Junge Miesmuscheln an Kollektorband

gehalt von nur etwa 0,7 % zurückzuführen ist. Ob im Greifswalder Bodden überhaupt eine für den Verkauf von Speisemuscheln notwendige Mindestgröße von 4 cm erreicht werden kann, ist noch ungewiss. Klar ist jedoch, dass die Produktion aufgrund der langen Wachstumszeit kaum kostendeckend sein wird.

Ökosystemdienstleister Miesmuschel

Doch die Muscheln sind allein aufgrund ihrer Leistung für das Ökosystem von großem Wert. Wissenschaftler versuchen diese Wertschöpfung zu beziffern und vergleichen die durch die Muschelernte entzogenen Nährstoffe mit Maßnahmen an Land. So belaufen sich die Kosten für das Entfernen von einem Kilogramm Stickstoff bspw. auf 11 bis 136 €, wenn aufgerüstete Kläranlagen zum Einsatz kommen und liegen zwischen 10 und 64 €, wenn die Entnahme durch die Ernte von Zuchtmuscheln erfolgt. Die Muschelzucht ist demnach vergleichsweise kostengünstig und würde noch attraktiver sein, wenn die geernteten Muscheln auch verkauft werden könnten.

Großes Potential wird der Verwertung von Muscheln in der Aquakultur eingeräumt. Dazu werden die geernteten Muscheln von ihren Schalen getrennt und zu Muschelmehl verarbeitet. Da Muscheln große Mengen an Proteinen und Omega-3-Fettsäuren enthalten, kann die Verarbeitung zu Muschelmehl zur Bereitstellung eines alternativen, hochwertigen Futtermittelinhaltsstoffs führen und gleichzeitig die Eutrophierungserscheinungen mindern. So könnte zukünftig ein Teil des Fischmehls ersetzt werden, dessen Preis in den letzten Jahren durch eine Stagnation der Fischereierträge bei wachsender Nachfrage stark gestiegen ist. Hinzu kommt, dass durch das Streben nach ökologisch nachhaltigen Futtermitteln die Erschließung alternativer Protein- und Fettressourcen ein zentrales Anliegen der Aquakulturbranche ist. Vorläufige Forschungsergebnisse sind vielversprechend und verdeutlichen, dass Muschelmehl in Bezug auf Qualität und Preis mit Fischmehl vergleichbar ist. Noch sind die Verfahren zur Herstellung von Muschelmehl jedoch nicht ausgereift und die Produktionskosten zu hoch. Hinzu kommt eine Mindestabnahmemenge der Futtermittelhersteller, die die aktuelle Muschelproduktion in der Ostsee bei Weitem übersteigt und für die Kultivierungsflächen von mindestens 100 ha notwendig wären.

Eignungsgebiete finden

Um zukünftig ausreichende Produktionsmengen an Muscheln für den lokalen Nährstoffentzug und die anschließende Verwertung zu erreichen, ist die Ausweisung geeigneter Flächen notwendig. Diese müssen entsprechend ihrer physikalisch-chemischen Parameter, wie z. B. Wassertiefe, Salzgehalt, Strömungsgeschwindigkeit und Nahrungsverfügbarkeit, ausgewählt werden. Große Bedeutung kommt auch potentiellen Raumnutzungskonflikten zu, etwa mit Fischerei, Schifffahrt, dem Tourismussektor oder Schutzgebieten. Interessant ist zudem, wie Küstenbewohner und -nutzer die mit der Muschelzucht verbundenen Veränderungen wahrnehmen. Empfinden sie Muschelfarmen als störend, das Landschaftsbild zerschneidend und verbinden sie mit der Muschelzucht womöglich Gefahren?

Antworten zur generellen Akzeptanz von Muschelfarmen in Küstengewässern der Ostsee gibt es noch nicht, allerdings soll eine – auf den Greifswalder Bodden zugeschnittene – Befragung erste Ergebnisse bringen. Der Blick zum Nachbarn Dänemark und auf die dortigen Muschelgärten lässt hoffen, dass auch hierzulande die positiven Aspekte der gezielten Muschelzucht überzeugen werden (S. 12).

Nardine Stybel
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Abgepacktes Muschelmehl

Seegraswiesen
Vielfältige Bioingenieure

Am Strand häufig mit großem Aufwand beseitigt, übernimmt Seegras unter Wasser wichtige Funktionen im marinen Ökosystem, die auch dem Menschen zugutekommen. Darüber hinaus stehen Seegraswiesen für einen guten Gewässerzustand.

Steckbrief Seegras

Seegräser sind Blütenpflanzen; sie gehören nicht zu den Algen. Sie blühen vom Frühsommer bis weit in den Spätherbst. Die Befruchtung erfolgt unter Wasser mit Hilfe fadenförmiger Pollen. Von den weltweit 58 Seegrasarten kommen nur zwei in Deutschland vor.

Zwergseegras
(Zostera noltii)
- schmale dunkelgrüne Bändsel
- besiedelt vor allem den Gezeitenbereich der Nordseeküste
- in der Ostsee ist es selten

Gewöhnliches Seegras
(Zostera marina)
- mittelgrüne Bändsel
- lebt ständig untergetaucht
- bildet vor allem in der Ostsee ausgedehnte Unterwasserwiesen

Als höhere Pflanzen verfügen Seegräser, im Gegensatz zu fast allen Algen, über ein funktionierendes Wurzelsystem. Damit sind sie in der Lage, sich im Sand zu verankern und können gleichzeitig Nährstoffe, die im Sediment reichlich vorhanden sind, für ihr Wachstum nutzen. Solche Sandabschnitte sind für Algen, die nur über Haftkrallen verfügen, nicht besiedelbar. Das Seegras bietet ihnen mit seinen Sprossen und Blättern ein sekundäres Hartsubstrat, auf dem sich die Algen anheften, so dass eine artenreiche Gemeinschaft entstehen kann. Gleichzeitig stabilisieren die Seegraswurzeln das Sediment, so dass es vor der Erosionswirkung durch Strömungen und Wellen geschützt wird. In den dichten Beständen sammeln sich Trübstoffe, die in das Sediment eingelagert werden und zur Klärung des Wasserkörpers beitragen. Neben den physikalischen Wirkungen verändern Seegrasbestände auch chemische Faktoren: Das Wurzelsystem wird von den Sprossen mit Sauerstoff versorgt. Dies hat zur Folge, dass Sauerstoff in das Sediment gelangt und den Nährstoffaustrag dämpft, der ansonsten Algenblüten befördern könnte.

Schutzraum für Jungtiere

Der wichtigste Aspekt sind aber biologische Wirkungen. Seegrasbestände bieten Kleinkrebsen, Larven und Jungfischen Schutz vor Fraßdruck. Versteckt in den dichten Beständen können sie sich entwickeln und tragen ihrerseits dazu bei, den Wasserkörper klar zu halten, indem sie Bakterien und Kleinalgen fressen. Einige Fischarten, wie z. B. der Hering, sind geradezu auf Seegras angewiesen: Sie nutzen es gezielt als Laichsubstrat und sichern ihren Larven damit eine geschützte Kinderstube. Die Jungfische profitieren zudem vom reichlich vorhandenen Nahrungsangebot in den Seegraswiesen.

Förderung des Dünenwachstums

Auch an Land spielen Seegräser eine wichtige Rolle. Der Strandanwurf, und hier vor allem der Seegrasanteil, ist für die Besiedelung von Dünen wichtig. Der Sand, aus dem Primärdünen bestehen, ist nahezu nährstofffrei. Pflanzen, die hier siedeln, geben ihren Nachkommen zwar im Samen ein großes Nährstoffpaket mit – das reicht aber nur, um eine Jungpflanze auszubilden. Für die weitere Entwicklung müssen andere Quellen erschlossen werden. Seegras, das als Strandanwurf angespült wird, trocknet und wird vom Wind um die Stängel der Jungpflanzen gewickelt. Hier verrottet es unmittelbar über den Wurzeln der Jungpflanzen und versorgt sie nicht nur mit Nährstoffen, sondern setzt auch eine Bodenbildung in Gang, die über mehrere Stufen bis zur Ausbildung eines Küstenwaldes verlaufen kann. Seegras erfüllt damit eine Küstenschutzfunktion nicht nur unterhalb, sondern auch oberhalb der Wasserlinie. Weitere derartige Ökosystemleistungen von Seegräsern, wie z. B.

Nährstoff- und CO_2-Bindung, sind für die deutschen Küsten von untergeordneter Bedeutung. Lediglich einige Gänsearten, Kleinkrebse und Krabben nutzen Seegras bzw. dessen Samen direkt als Nahrung, ohne dass sie diesbezüglich auf Seegras zwingend angewiesen wären.

Das große Seegrassterben

In den 1930er Jahren wurden die Seegrasbestände Deutschlands von einem parasitischen Schleimpilz befallen, der das gewöhnliche Seegras im Bereich des Wattenmeeres nahezu vollständig ausrottete. Auch in der Ostsee waren starke Verluste zu verzeichnen. Die Erholung verlief schleppend und unvollständig. Die Ausbreitung von Seegrasbeständen erfolgt vor allem über Wurzelwachstum, da aus den Wurzeln neue Sprosse gebildet werden. Die schweren Samen verdriften nur über kurze Distanzen, Ferntransport erfolgt hauptsächlich im Verdauungstrakt von Vögeln oder über abgerissene Pflanzen, auf denen bereits reife Samen vorhanden sind. Damit war nach dem Absterben der Bestände nur wenig Samenmaterial zur Wiederbesiedelung vorhanden. Dazu kam, dass die zunehmende Nährstoffanreicherung und die Intensivierung der Fischerei zu einer vermehrten Trübung des Wassers führten. Das beeinträchtigte die tiefen Bereiche der Seegrasvorkommen, da nicht genügend Licht für ihr Wachstum zur Verfügung stand. In der Ostsee hat sich die Tiefenausbreitung halbiert. Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 75 % der Bestände, die noch um 1900 in der Ostsee vorhanden waren, verloren gegangen sind. Aufgrund dieser Tatsache ist es verständlich, dass in Deutschland Seegrasbestände einem besonderen Schutz unterliegen. Sowohl das Habitat Seegraswiese als auch die beiden Seegrasarten selbst sind daher in Nord- und Ostsee unter Schutz gestellt.

Hendrik Schubert
Universität Rostock

Seegras trägt als Nährstoffquelle junger Strandhaferpflanzen zur Dünenbildung bei.

Erste Erfolge beim Schutz der Seegrasbestände

Forscher des Alfred-Wegener-Instituts stellten 2017 fest, dass sich die Seegrasbestände im schleswig-holsteinischen Wattenmeer in den letzten Jahren wieder ausdehnen konnten. Ein Aspekt, der zur Erholung beigetragen hat, ist die Verbesserung der Wasserqualität in der Deutschen Bucht. Die Reduktion des Nährstoffaustrags von landwirtschaftlichen Nutzflächen, eine Verbesserung der Kläranlagentechnik, aber auch eine veränderte Zusammensetzung von Haushaltswaschmitteln trugen dazu bei, dass sich der Eintrag der Phosphor- und Stickstoffverbindungen in die Nordsee reduziert hat. Eine Folge war u. a. ein verringertes Auftreten von Grünalgen, die die Seegräser überwuchern und beschatten. Dies verbesserte die Wachstumsbedingungen für Seegräser und die Ökosysteme konnten sich erholen.

Mehr Informationen unter: www.awi.de 🔍 Seegras Wattenmeer

Zusammengestellt von Theresa Horn

Lup, Lars und der Leuchtturm®

Mit euch unterwegs!

Auch Pflanzen und Tiere lieben sauberes Wasser! Wusstest du, dass Muscheln und Pflanzeninseln dazu beitragen können, dass das Wasser der Ostsee klarer wird?

Die Fische fühlen sich im klaren Wasser unter der Pflanzeninsel besonders wohl.
Welcher Fisch hat einen Zwilling?
Male die Fische aus!

Täglich landet Müll in der Natur. Dabei ist es so wichtig, den Müll ordentlich zu entsorgen! Weißt du, warum wir Müll in unterschiedliche Tonnen sortieren?

Lup, Lars und der Leuchtturm © by tillmann + voigt GbR 2018 | Zusammengestellt von Anke Vorlauf | Illustration: Christoph Tillmann | www.luplarsundderleuchtturm.de

Die Lösungen findest du im Heft auf Seite 21.

Lesestoff & Mehr

Meeresrauschen
Vom Glück, am Wasser zu sein
DuMont

In dieser reich bebilderten Reiseinspiration erzählen bekannte Blogger und Reiseschriftsteller von Orten am Meer. Ihre Fotos und Geschichten zeigen: Man muss gar nicht weit reisen, um beeindruckende Natur und große Freiheit zu erleben.
272 Seiten, ISBN: 9783770182213, 26,90 €

Die Meere, der Mensch und das Leben
Mojib Latif

Der renommierte Klima- und Meeresforscher Mojib Latif geht in seinem Buch existenziellen Fragen nach und präsentiert ein eindringliches Plädoyer für die Erhaltung unserer Lebensgrundlage.
320 Seiten, ISBN: 9783451069291, 14,99 €

World Ocean Review 5
Die Küste – Ein wertvoller Lebensraum unter Druck
maribus

Die fünfte Ausgabe des „World Ocean Review“ beschreibt, wie die vielfältigen Ökosystemleistungen der Küsten immer mehr unter Druck geraten und stellt Maßnahmen vor, um den Bedrohungen durch Klimawandel und Naturkatastrophen Herr zu werden.
Kostenloser Download und Bestellung unter:
www.worldoceanreview.com/wor-5

Wasserreich Deutschland
Küsten, Seen und Flüsse von oben
Gerhard Launer, Henning Aubel

Deutschland ist unglaublich reich an Wasser, mit unzähligen Seen, Flüssen und mehreren Tausend Küstenkilometern. Die Luftaufnahmen zeigen Wasserlandschaften aus einer beeindruckenden Perspektive.
240 Seiten, ISBN: 9783954162284, 50 €

Küstenpflanzen an Nord- und Ostsee
Rainer Borcherding, Martin Stock

Zahlreiche Fotografien und Abbildungen zeigen, wie sich die Küstenpflanzen an Nord- und Ostsee in der schutzlosen Umgebung der offenen Strände, Salzwiesen und Dünenlandschaften behaupten. Der Leser wird bei der Entdeckung einzelner Arten durch eine Bestimmungshilfe unterstützt.
160 Seiten, ISBN: 9783529054914, 14,80 €

Welle
Suzy Lee

Hier sprechen die Bilder für sich, jedes Wort scheint überflüssig. Mit einfühlsamen Zeichnungen erzählt Lee die fabelhafte Geschichte eines Mädchens und ihres Verhältnisses zum Meer, der Natur und dem Spiel mit den Wellen.
40 Seiten, ISBN: 9783961855100, 14 €

Ozeane für clevere Kids
Dorling Kindersley Verlag

Von Korallenriffen über die Tiefsee bis hin zu den Polargewässern – dieses Lexikon lädt in die faszinierende Welt der Meere ein. Mit vielen spannenden Fakten und über 1.500 beeindruckenden Naturfotografien zum Entdecken und Staunen.
256 Seiten, ISBN: 9783831032099, 19,95 €

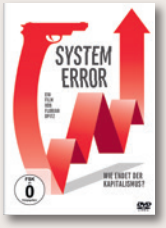
Die Geschichte des Wassers
Maja Lunde

Was geschieht, wenn unser Wasser knapp wird? Virtuos verknüpft Maja Lunde Gegenwart und Zukunft zu einer ergreifenden Geschichte über die Grundlage des Lebens und zeigt die Folgen des menschlichen Handelns auf.
Hörbuch, 490 Minuten, ISBN: 9783844528794, 20 €

Die Grüne Lüge
Kathrin Hartmann, Werner Boote

Kann ich durch meine Kaufentscheidungen Einfluss auf Konzerne nehmen und die Zerstörung der Natur aufhalten oder entpuppen sich Siegel & Co. als leere Verkaufsstrategie? Dieser Frage gehen die Filmemacher nach und geben Tipps, wie wir tatsächlich einen Beitrag zum Umweltschutz leisten können.
Film, 97 Minuten, Infos unter: www.thegreenlie.at

System Error
Florian Opitz



Warum treiben wir das Wirtschaftswachstum immer weiter, obwohl bekannt ist, dass es aufgrund endlicher Ressourcen nicht unendlich wachsen kann? „System Error“ sucht Antworten auf diesen großen Widerspruch und macht begreifbar, warum trotzdem alles so weitergeht wie bisher.
Film, 96 Minuten, Infos unter: www.systemerror-film.de

Gewinnermotive des Wettbewerbes „Momente am Meer“:
www.wissenschaftsjahr.de/2016-17 🔍 Sieger Fotowettbewerb

Webseite zum Trinkwasser:
www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser

Arzneimittel richtig entsorgen:
www.umweltbundesamt.de/themen/erklaerfilm-alte-arzneimittel-ein-fall-fuer-die
www.arzneimittelentsorgung.de

Lup fragt, Experten antworten

Warum soll ich nicht in die Ostsee pullern?

Mal davon abgesehen, dass dein Schwimmnachbar es bestimmt nicht toll findet, in deinem Pipi zu baden, sind in ihm Nährstoffe enthalten. Wenn du in die Ostsee pullerst, gelangen diese ins Wasser. Stickstoff ist einer der Nährstoffe und führt dazu, dass Algen super wachsen und dann wird das Wasser ganz grün und der Badespaß ist dahin! Also suche besser eine Toilette, dann freuen sich dein Schwimmnachbar und die Ostsee!

Inga Krämer
Umweltwissenschaftlerin am
Leibniz-WissenschaftsCampus
Phosphorforschung Rostock

Ich bin eingecremt. Kann ich jetzt ins Wasser?

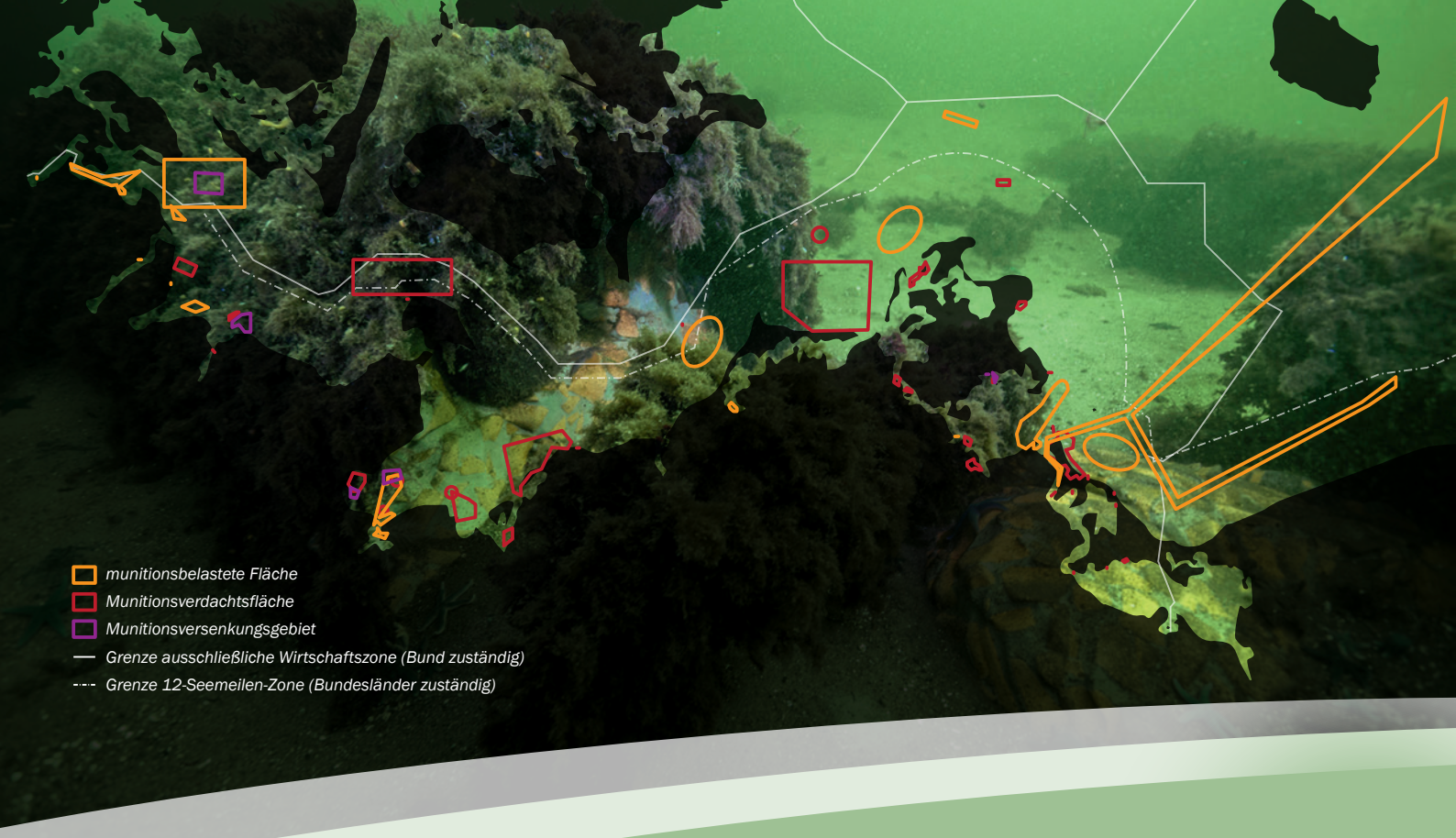
Prima, dass du an den Sonnenschutz gedacht hast! Jetzt wäre es gut, wenn du noch etwas mit dem Baden wartest, damit die Sonnenmilch richtig in die Haut einziehen kann. Denn wenn du zu früh schwimmen gehst, spült das Wasser die UV-Filter direkt wieder ab. Dann ist deine Haut nicht mehr ausreichend geschützt und die weggespülte Sonnenmilch kann den Tieren und Pflanzen im Meer schaden. Auch wenn es für deine Haut gut ist, wenn du sie eincremst, solltest du dabei auf die Umwelt achten. Also entweder eincremen, warten und z. B. eine Sandburg bauen und dann erst zum Abkühlen ins Wasser oder die Mittagssonne meiden und nach dem Baden eincremen!

Kathrin Fisch
Meereschemikerin am Leibniz-Institut für
Ostseeforschung Warnemünde

Bildnachweis

S. 1: Wichmann hi., EURAWASSER Nord GmbH li., Taylor mi., Herrmann re.; **S. 2:** Svetlana Yudina – Fotolia.com o., EUCC-D/Retzlaff li. & re.; **S. 3:** ESA/Hubble & NASA - creativecommons.org/licenses/by/4.0 mi., EUCC-D/Nazzari u.; **S. 4:** Vorlauf o., European Environment Agency (EEA) li.; **S. 5:** Karstens o. & re.; **S. 6-7:** Koch o., Krämer re.; **S. 8-9:** lensescape.org o. & re.; **S. 10:** Herrmann o., Gasiūnaitė li.; **S. 11:** Nurminen o., Saarentaus re.; **S. 12:** Stybel o.; **S. 13:** Kalmar Municipality o., Fomsgaard re.; **S. 14:** Vorlauf o. & li., Grafik basierend auf Aquascope, neu gestaltet mediamor/Kießkalt u.; **S. 15:** IOW/Ritzenhofen o., Borgholm Municipality/Bertilius re.; **S. 16:** Schories o.; **S. 17:** EUCC-D/Schnepper o., Horn re.; **S. 20-21:** EUCC-D/Retzlaff o., Tillmann mi.; **S. 22:** FTZ der CAU Kiel/Duda o. hi., mediamor basierend auf EGEOS GmbH/www.amucad.org o.; **S. 23:** FTZ der CAU Kiel/Duda o., EUCC-D/Taglinger re., Lupe chakisatelier – Fotolia.com; **S. 24:** IOW/Kube o.; **S. 25:** IOW/Haseler o.; **S. 26:** Wilks/Bottle River/www.universal-sea.org o., Faltin li.; **S. 27:** EUCC-D/Karstens o., Yoldas/An Ecosystem of Excess_P-Plastoceptor detail/www.universal-sea.org re.; **S. 28-29:** Kaiser o., Björklund li.; **S. 30:** EURAWASSER Nord GmbH o. & li.; **S. 31:** eloleo – Fotolia.com o., Lindenberg re.; **S. 32-33:** Paul hi., Wichmann li., Horn re.; **S. 34:** EUCC-D/Garde o.; **S. 35:** Karstens o.

Lösung S. 18-19: Die **Libelle** fliegt rechts von Lars' Angel. / **Miesmuschein** filtern 1-3 Liter Wasser pro Stunde durch ihre Kiemen und reinigen damit das Wasser der Ostsee. / Produkte, die wir heute wegschmeißen, wurden einst aus wertvollen Rohstoffen hergestellt. Wenn wir den **Müll** sammeln und trennen, können wir die Materialien nutzen und aus alten wieder neue Sachen machen. / Die **Fische** 3 und 7 gleichen sich wie ein Ei dem anderen.



Munition im Meer

Gefährliche Altlasten

Auf dem Grund der Ostsee lagern beinahe in Vergessenheit geratene Überreste von Kampfmitteln. Auch mehr als 70 Jahre nach Kriegsende sind die Auswirkungen nicht abzusehen.

In deutschen Meeresgewässern befinden sich schätzungsweise über 1,6 Mio. t Munitionsreste, davon 300.000 t in der Ostsee. Hinzu kommen 90 t chemische Kampfstoffe in der deutschen Nord- und 5.000 t in der deutschen Ostsee. Sie wurden meist während der Weltkriege durch Kriegshandlungen eingebracht oder nach Kriegsende massenweise bewusst im Meer entsorgt.

Mit der relativ neuen Nutzung der Meere durch Windkraftanlagen wurde das Thema Munition im Meer wieder in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Da nahezu an jeder Stelle der deutschen Ostsee mit dem Vorkommen von militärischen Altlasten gerechnet werden muss, wird die Kampfmittelfreiheit des Baugrundes vor dem Bau eines Windparks sorgfältig hergestellt. Gleiches gilt im Falle von Kabelanbindungen sowie dem Verlegen von Pipelines. Diese zusätzlichen Kosten trägt im Regelfall der Errichter der Anlage. Werden Munitionsreste außerhalb des Baus von Energieanlagen oder Kommunikationstrassen entdeckt, ist hingegen häufig strittig, ob geräumt werden und wenn ja, wer für die Bergungskosten aufkommen muss.

Ökologische Schäden

Während die wirtschaftlichen Schäden aufgrund der an Munitionsresten angepassten Errichtung von Windparks und deren Infrastruktur als gestiegene Baukosten sichtbar werden, sind die ökologischen Folgen, der am Meeresgrund langsam durchrostenden Munition, keineswegs so eindeutig beschreibbar. Bekannt ist seit langem, dass der Sprengstoff TNT für den Menschen krebserregend ist. Dies belegen gehäuft aufgetretene Krebserkrankungen von Menschen, die früher ohne geeignete Schutzmaßnahmen in Munitionsfabriken tätig waren. Aber auch der Eintrag von Schwermetallverbindungen wie Quecksilber- und Bleiverbindungen oder von chemischen Kampfstoffen wie Tabun und Senfgas, deren Freisetzung mit fortschreitender Durchrostung immer wahrscheinlicher wird, könnte negative Folgen für die Ökosysteme haben. Inwieweit die nach Durchrostung oder kontrollierter Sprengung in die Meeresumwelt gelangenden Sprengstoffe und deren Abbauprodukte eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen, ist bislang weitgehend unbekannt und soll künftig stärker Gegenstand der Forschung sein. Wissenschaftler vermuten jedoch, dass TNT Mutationen bei Meeresorganismen (z. B. Muscheln) auslöst und sich in der Nahrungskette anreichert.

Immer wieder kommt es auch zu gefährlichen Zwischenfällen bei zufälligen Munitionsfunden. Allein 2017 fingen Ostseefischer drei Minen und eine Wasserbombe mit ihren Netzen. Was Fischer und Strandbesucher im Falle von Kampfmittelfunden tun können, darüber informieren die zuständigen Behörden u. a. durch Warnhinweise an Stränden und Faltblätter in Tourist-Informationen und auf Campingplätzen.

Umweltmonitoring zu Munition im Meer

Um die Folgen der nach und nach durch Durchrostung freigesetzten Sprengstoffe abschätzen zu können, werden im ehemaligen Munitionsversenkungsgebiet „Kolberger Heide“ in der Kieler Förde u. a. Miesmuscheln analysiert. Ziel ist es, Aufschluss über mögliche Anreicherung von Gefahrstoffen aus der Munition zu erhalten.

https://udemm.geomar.de

Gefährliche Strandfunde

Frank Rudolph
Es ist nicht alles Gold, was glänzt. Dieses Buch zeigt, wie man Strandschätze von Munitionsresten u. a. unterscheidet, welche Verwechslungsmöglichkeiten bestehen und wie man unliebsame Folgen vermeiden kann.
ISBN: 9783529054761,
7,90 €

Grundmine in Sperrgebiet

Gegenwärtiges Vorgehen

Ein Expertenkreis aus Bund und Küstenländern arbeitet seit 2009 daran, Art und Umfang möglicher Auswirkungen der versenkten Munition zu beschreiben. Nachdem 2011 basierend auf einer umfassenden Archivrecherche eine grundlegende Bestandsaufnahme mit Empfehlungen zum weiteren Vorgehen veröffentlicht wurde, berichtet der Expertenkreis jährlich über die erzielten Fortschritte. Neben den in Seekarten verzeichneten Munitionsversenkungsgebieten erstellt und veröffentlicht er weitere, spezielle Karten. Die Schifffahrt wird über Mitteilungen für Seefahrer gewarnt und Sperrgebiete werden eingerichtet. Auch eine jährliche Übersicht über Ereignisse mit Fundmunition, Funde und erfolgte Bergungen wird bereitgestellt. Darüber hinaus wird über aktuelle Forschungen und deren Ergebnisse berichtet.

Jens Sternheim
BLANO-Expertenkreis Munition im Meer

Expertenkreis

www.munition-im-meer.de

Mehr...

...zur Initiative finden Sie unter:
www.eucc-d.de/ostsee-ascher.html

Kurz in der Hand – für Jahre am Strand

Weltweit werden pro Jahr 5,6 Billionen Zigaretten konsumiert. Die übrig bleibenden Zigarettenstummel sind überall zu finden, auch am Strand. Lokale Initiativen, wie der „Ostsee-Ascher“, klären über Folgen auf und regen Verhaltensänderungen der Raucher an.

Zigarettenkippen sind sehr umweltschädlich: Schon beim Kultivieren des Tabaks werden in der Regel Chemikalien eingesetzt, die sich beim Rauchen im Zigarettenstummel ansammeln. Der Filter selbst besteht meist aus dem Kunststoff Celluloseacetat und kann bis zu 50 % des Teers aus dem Zigarettenrauch aufnehmen. Insgesamt können in einem achtlos in die Umwelt geworfenen Zigarettenstummel, der viele Jahre dort verbleibt, über 4.000 toxische Stoffe, v. a. Schwermetalle und Nikotin, stecken. Gelangt die Kippe direkt oder über Verwehungen ins Meer, können sich die Giftstoffe lösen und im Wasser lebende Organismen schädigen. Die Folgen reichen von Verhaltensstörungen über DNA-Schäden bis hin zu erhöhten Sterblichkeitsraten.

Kampagne „Ostsee-Ascher“

Bei regelmäßigen Untersuchungen des Spülsaums entlang der Küste von Mecklenburg-Vorpommern wurde festgestellt, dass vielerorts Zigarettenkippen die am häufigsten vorkommende Müllsorte darstellen. Als Reaktion initiierte EUCC-D gemeinsam mit der Tourismuszentrale Rostock-Warnemünde die Kampagne „Ostsee-Ascher“. Seit 2016 stehen gelbe Boxen für Zigarettenstummel am Strand von Warnemünde und animieren Raucher ihre Kippen nicht achtlos in den Sand zu werfen. Der Erfolg kann sich sehen lassen: Bisher wurden durch die Boxen und das begleitende Monitoring über 20.000 Kippen gesammelt und entsorgt.

Maria Posern
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Probenaufbereitung am Micro Plastic Sediment Seperator

Forschungsschwerpunkt Mikroplastik

Wissenschaftler wenden modernste Techniken bei der Analyse künstlicher Partikel im Meer an. Doch standardisierte Verfahren fehlen noch immer.

Es ist für unser Auge kaum sichtbar, aber mittlerweile überall in der Umwelt zu finden: Mikroplastik. Die winzigen Partikel und Fasern sind kleiner als 5 Millimeter, stammen u. a. aus der Industrie, von Privathaushalten (z. B. Kosmetika, synthetische Kleidung) oder entstehen durch die Verwitterung größerer Kunststoffteile, von denen jedes Jahr mehrere Millionen Tonnen in unsere Meere gelangen. Doch was macht die Partikel aus Polyethylen, Polystyrol und Co. so gefährlich? Aufgrund ihrer Größe können sie auch von kleinen Organismen, wie z. B. Ruderfußkrebsen, Würmern oder Muscheln, aufgenommen werden. Über die mehrstufige Nahrungskette wirkt sich das Mikroplastik weiträumig auf Meeresorganismen aus und landet potentiell auch bei uns Menschen.

Ein Gefährdungspotential stellt auch die Belastung mit Schadstoffen dar. Dabei handelt es sich nicht nur um produktionsbedingt im Plastik enthaltene, gesundheitsschädliche Substanzen wie Weichmacher oder Flammschutzmittel. Aufgrund ihres günstigen Volumen-Oberfläche-Verhältnisses können Mikropartikel unter bestimmten Umweltbedingungen wie Magnete wirken, die im Laufe der Zeit verschiedene Schadstoffe, wie z. B. PCB oder DDT, anreichern. Auch für pathogene Mikroorganismen können die Partikel ein geeignetes Substrat und effizientes Transportmittel darstellen.

Politische Maßnahmen

Die im Dezember 2017 in Nairobi verabschiedete UN-Resolution zu Meeresmüll und Mikroplastik beweist die internationale Bereitschaft, sich intensiv mit der Problematik auseinanderzusetzen und wirksame Lösungsansätze zu entwickeln. Auch die Europäische Union stellte Ende 2017 ihre Plastikstrategie vor: Spätestens im Jahr 2030 soll jegliches Plastik, das in der Europäischen Union hergestellt wird, recycelbar sein. Darüber hinaus soll die Verwendung von Mikroplastikpartikeln in Kosmetika drastisch eingeschränkt werden.

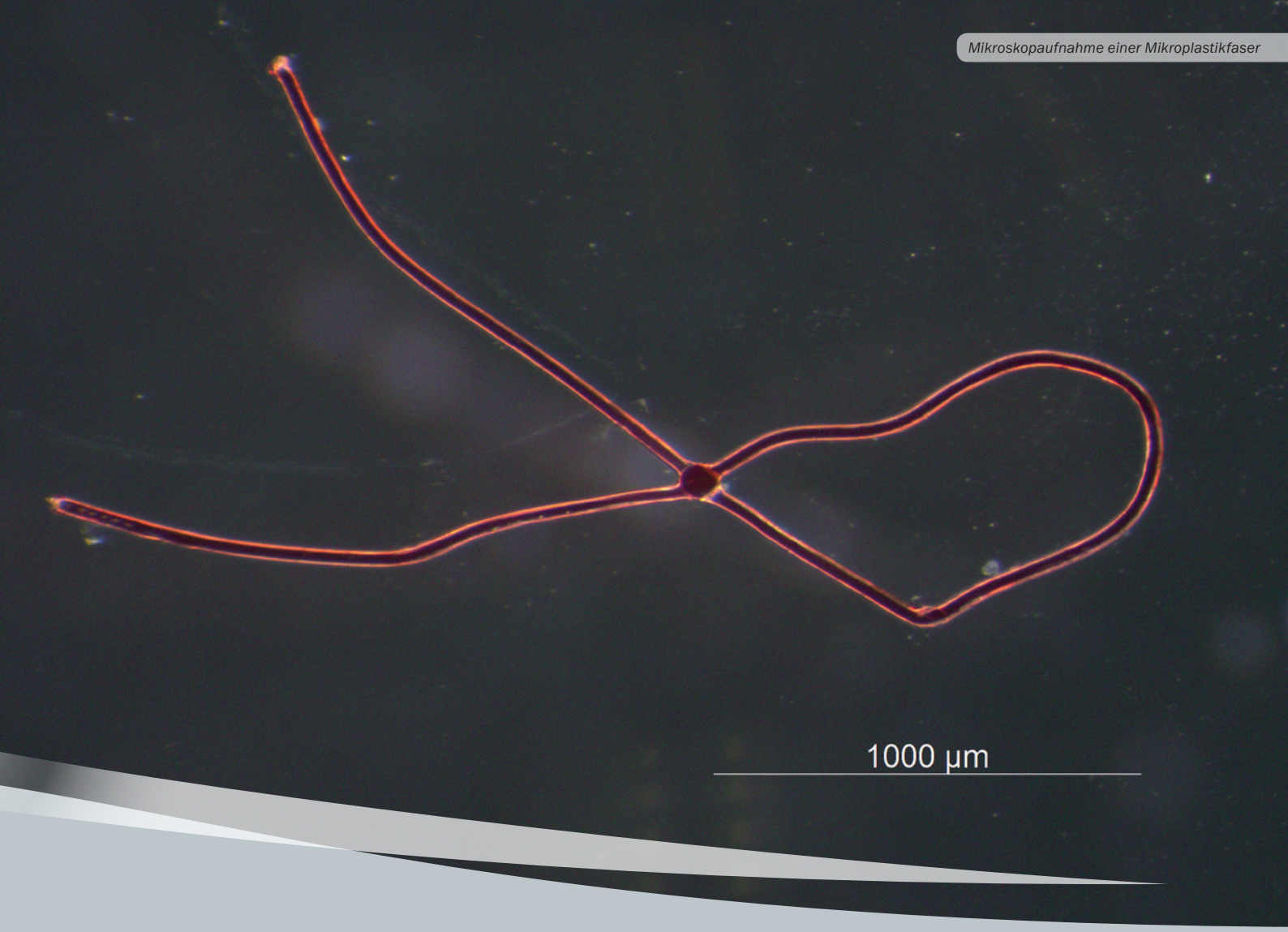
Detektivarbeit im Labor

Trotz des Einsatzes moderner, analytischer Methoden ist das komplette Ausmaß der Belastung noch immer unklar: Wie viel Mikroplastik befindet sich tatsächlich an der Meeresoberfläche, in den Sedimenten des Meeresbodens, an den Stränden und in der Luft? Woher stammt es? Welche Wege nimmt es? Wo reichert es sich an? Welche Folgen ergeben sich daraus für Natur und Ökosysteme?

Mikroplastikforschung

Im Projekt MicroCatch_Balt wird Mikroplastik ganzheitlich am Beispiel des Flusses Warnow untersucht, dessen Unterlauf das Stadtgebiet Rostocks passiert, bevor er in die Ostsee mündet. Hier schließt das Projekt BONUS Micropoll an, in dem Wissenschaftler Proben aus Wasseroberfläche und -säule, Sedimenten sowie Organismen sammeln und inklusive assoziierter Schadstoffe und Mikrobengemeinschaften analysieren. Die generierten Daten beider Projekte sind Grundlage komplexer Modelle, mit denen sich die räumlich-zeitliche Verteilung und Verweildauer von Mikroplastik im Einzugsgebiet, Fluss, Ästuar und angrenzenden Meeresgebiet nachvollziehen und auf andere Regionen übertragen lassen sollen.

www.io-warnemuende.de/themen-cluster-Mikroplastik-im-meer.html



Mikroskopaufnahme einer Mikroplastikfaser

Eine große Herausforderung stellt die sehr zeit- und kostenintensive Aufarbeitung von Sediment- und Strandproben dar, deren Analyse wichtige Erkenntnisse über Verteilung und Verbreitungsmuster des Mikroplastiks liefert. Zunächst müssen Sand und organisches Material von Plastik getrennt werden. Um auch die Partikel im Mikrometerbereich zu isolieren, wenden Wissenschaftler Methoden an, die sich die Dichteunterschiede der einzelnen Materialien zunutze machen.
In speziellen Geräten wie dem Micro Plastic Sediment Seperator (MPSS) werden die Mikroplastikteilchen mittels einer Flüssigkeit hoher Dichte aufgeschwemmt und anschließend auf sehr feinporigen Filtern gesammelt. Um sie nun eindeutig identifizieren zu können, reicht jedoch eine rein visuelle, mikroskopische Betrachtung nicht aus. Hier kommen Technologien wie Nahinfrarotspektroskopie (NIR), die Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) oder die auf der Bestrahlung mit monochromatischem Licht basierende Raman-Spektroskopie zum Einsatz. Die chemischen Bindungen der verschiedenen Polymerarten wirken wie ein Fingerabdruck, indem sie das eingestrahlte Licht auf individuelle Art absorbieren (FTIR) bzw. streuen (NIR & Raman). So lassen sich Kunststoffe nicht nur zuverlässig von mineralischen oder organischen Partikeln unterscheiden, sondern auch die unterschiedlichen Typen von Polymeren genau bestimmen.
Eine weitere vielversprechende Methode zur Aufarbeitung trockener Strandsedimente mit wenig Organik hat ihren Ursprung im Recyclingsektor. Hierbei erfolgt eine Trennung der Plastikpartikel vom übrigen Probenmaterial aufgrund ihrer elektrostatischen Eigenschaften.

Auf der Suche nach dem Standard

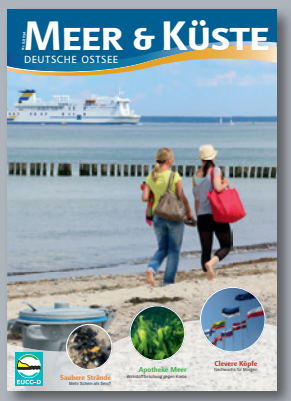
Was jedoch bei all der Vielfalt an Analyseansätzen fehlt, ist eine standardisierte Vorgehensweise zur weltweiten Detektion und Quantifizierung von Mikroplastik. Sie ist Voraussetzung für ein langfristiges und aussagekräftiges Monitoring zur Identifikation von Quellen, Senken und Transportwegen der Partikel. So werden in den kommenden Jahren Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen weiterhin eng zusammenarbeiten, um zuverlässige Standards zu entwickeln. Diese Verfahren ermöglichen es Forschern, Daten miteinander zu vergleichen und ein repräsentatives Gesamtbild der Belastungssituation zu erstellen. Das wiederum unterstützt Politik und Industrie dabei, gezielte Strategien zur Vermeidung von (Meeres-)Müll zu entwerfen und schnellstmöglich in der Praxis umzusetzen.

Nicole Stollberg & Mirco Haseler
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Mehr ...

... über Mikroplastik finden Sie in der Ausgabe Meer & Küste 5/2014.

www.meer-und-kueste.eucc-d.de



Wettbewerbsbeitrag „The Universal Sea“

„Wir brauchen Entrepreneure mit Engagement für Ökologie“

Im Interview spricht sich Professor Faltin für mehr Alternativen zur herkömmlichen Ökonomie aus.

Prof. Dr. Günter Faltin

Der 1944 geborene Hochschullehrer initiierte 1985 die „Teekampagne“. Weltweit ist er der größte Importeur von Darjeeling-Blatttee und erhielt dafür den Deutschen Gründerpreis. Er ist Initiator der CO_2-Kampagne, des Wiederaufforstungsprojekts S.E.R.V.E. und Gründer der Stiftung für Entrepreneurship. 2010 wurde ihm als Pionier des Entrepreneurship-Gedankens in Deutschland der Bundesverdienstorden verliehen.

■ Herr Prof. Faltin, Sie sind Verfechter einer intelligenten Ökonomie. Welche Rolle spielt dabei Nachhaltigkeit?

Wir wissen längst, dass die Betriebswirtschaft nicht alle Kosten berücksichtigt, die bei der Produktion von Waren und Dienstleistungen entstehen. Zu diesen Kosten gehören z. B. Luft-, Wasser- oder auch Bodenverschmutzung. In der intelligenten Ökonomie werden nicht nur Finanzkapital und Arbeitskraft einbezogen, sondern auch Naturkapital. Das ist zwar ein Geschenk, aber es verbraucht sich, wenn wir nicht sorgfältig damit umgehen. Es ist also nicht kostenlos.

■ Hat sich die Gründerszene vor dem Hintergrund der Diskussion um endliche Ressourcen geändert?

Ja, vor 20 Jahren war man mit Produkten und Dienstleistungen, die ökologisch verträglicher waren, eher in der Spinnerecke. Heute ist es akzeptiert, aber noch nicht Mainstream, was es eigentlich sein sollte.

■ Wie lässt sich der Nachhaltigkeitsgedanke in den Mittelpunkt rücken?

Eine Möglichkeit ist, das Geld, das wir zum Einkaufen nutzen, als Stimmmittel zu betrachten und uns bewusst zu machen, dass wir als Verbraucher täglich über Produkte abstimmen. Was ein bisschen an dieser Betrachtung fehlt, ist, dass auch Alternativen zur herkömmlichen Ökonomie vorhanden sein müssen. Sonst stimmt man nur zwischen Produkten ab, die ökologisch unverträglich sind. Dafür brauchen wir Entrepreneure, also Gründer und Unternehmer, mit neuen Ideen und Engagement für Ökologie.

■ Wie schaffen wir es, dass diese Alternativen im Regal stehen?

Die müssen nicht unbedingt im Regal stehen, wir können sie auch über Plattformen auf den Markt bringen. Ich glaube, dass der Online-Handel, wenn er nicht aus lauter kleinen Einzelbestellungen sondern bspw. aus Sammelbestellungen besteht, ökologisch sehr gut verträglich ist. Wir machen das mit der „Teekampagne“. Unsere Kunden werden direkt mit ihrem Jahresvorrat an Tee beliefert – so überspringen wir Exporteur, Importeur, Groß- und Einzelhändler und sparen Zwischenwege und diversen Verpackungsmüll.

■ Sehen Sie Erfolge bei den heutigen Entrepreneuren?

Ich sehe insofern Erfolge, als dass heute mehr echte Alternativen auf den Markt kommen. Heute sind es mindestens ein Drittel der Studenten, aber auch Assistenten an den Hochschulen, die sagen: Gründen ist ein Thema für uns. Es ist auf dem Radar als Berufsperspektive. Darunter sind auch Gründungen, die tatsächlich Alternativen schaffen, die es uns ermöglichen, zu wählen und uns für ökologisch vernünftige Produkte zu entscheiden.

■ Ein Beispiel, bitte.
Waschmittel. Es gibt sehr einfache Dinge, die man in der Herstellung bedenken könnte, um bessere Waschmittel zu machen – z. B. den Härtegrad des Wassers berücksichtigen. Wenn ich nur ein Waschmittel für alle Härtegrade anbiete, wie das die großen Hersteller tun, habe ich entweder zu viele Tenside, also waschaktive Stoffe, oder ich habe zu viel Enthärter drin. Ich habe also immer ein Produkt, mit dem ich verschwende, weil Inhaltsstoffe teilweise gar nicht gebraucht werden, ins Abwasser gelangen und die Umwelt belasten. Das finde ich völlig inakzeptabel. Die Hersteller wissen, wie sie es besser machen könnten, unterlassen es aber der Gewinnmaximierung wegen. Dabei ergibt es doch Sinn, ein Waschmittel zu entwerfen, das zum Härtegrad passt.

■ Gibt es die Alternative schon auf dem Markt?
Ja, ein Rechtsanwalt hat die „Waschkampagne“ umgesetzt. Er hatte mit Waschmitteln nichts am Hut, hat sich aber gedacht: Wenn es keiner macht, mach ich es halt selbst!

■ In der aktuellen Nachhaltigkeitsdebatte geht es auch um die Reduktion oder den Verzicht, z. B. von Kohlendioxid, Plastik, Schadstoffen. Das fällt vielen unglaublich schwer.
Unbestritten ist, dass wir tatsächlich mit Weniger auskommen müssen. In diesem Jahr lag der „Earth Overshoot Day“, der Tag, an dem alle Ressourcen eines Jahres aufgebraucht sind, in Deutschland bereits Anfang Mai. Die Kunst ist, Lösungen zu finden, die den Verzicht angenehmer machen. Vielleicht sogar so, dass man es gar nicht als Verzicht bemerkt. Ich leiste mir seit einiger Zeit kein eigenes Auto mehr, sondern fahre nur noch mit öffentlichen Verkehrsmitteln und ab und zu mit einem Leihwagen. Die Versicherung und alles andere was da so dranhängt sind ja oft viel teurer und ökologisch unsinnig. Und es ist sehr einfach, ein Auto zu leihen, weil man heute eine Technologie hat, mit der man nicht in den Laden, den Vertrag unterschreiben und die Kreditkarte hinterlegen muss. Es ist alles automatisiert und mit dem Handy machbar. Das heißt, wir haben dank neuer Technologien die Chance, eine intelligentere Ökonomie zu entwickeln.

■ Welche Rolle spielt dabei die Politik?
Für vieles braucht man sie, aber auf die Politik zu warten, halte ich für falsch. Leider haben wir derzeit eine Ökonomie, die immer mächtiger und einflussreicher die Politik, aber auch die Bildung, vor sich hertreibt. In der Politik ist mit dem Argument Arbeitsplätze fast jeder Politiker erpressbar. Immer wenn jemand Arbeitsplätze verspricht, werden alle möglichen Normen, auch Umweltnormen, außer Kraft gesetzt. Deswegen brauchen wir Menschen, die bewusst auch Ökologie in ihre Überlegungen einbeziehen und aus Überzeugung handeln. Ich sehe, dass es das gibt. Nicht nur bei uns in Deutschland, sondern auf der ganzen Welt gibt es so etwas wie „Eco-Entrepreneure“.

■ Im Bereich „Bekämpfung von Meeresmüll“ hat es bereits einige Unternehmensgründungen gegeben. Wissenschaftler, aber auch Künstler werden dabei zu Rate gezogen. Unterstützen Sie diesen Dreiklang aus Wissenschaft, Kunst und Entrepreneurship, der womöglich zur Entwicklung von neuen Strategien führen kann?
Ich finde diese Kombination sehr einleuchtend. Gerade aus der Beschäftigung mit Kunst kann man vieles für Entrepreneurship lernen. Kunst fordert uns heraus, uns mit neuen Sichtachsen und Ausdrucksformen auseinanderzusetzen, die uns emotional bewegen, unvertraut sind und uns ein Stück weit in unserer Liberalität und Weltsicht beeinflussen. Ähnlich ist es beim Entrepreneurship. Der Entrepreneur ist nicht der Erfinder, sondern der Entdecker. Er entdeckt Vorhandenes, setzt es in die Praxis um und erkennt den Wert. Er ist das Trüffelschwein. Die anderen sehen es nicht, aber er erahnt es. Zu diesem Erkennen von Wichtigem gehören neue Blickwinkel, Offenheit, Toleranz und Liberalität. Daher versuche ich in meinen Veranstaltungen für Entrepreneure Künstler mit einzubeziehen und dieses Denken und Sehen in neuen Sichtachsen praktisch vorzuführen.

Das Interview führte Nardine Stybel.

Kunst trifft Umwelt

Im von der Stiftung für Entrepreneurship in Berlin koordinierten Projekt „The Universal Sea: Pure or Plastic?!“ wird die künstlerische Auseinandersetzung mit dem Thema Meeresverschmutzung gefördert. Ziel ist es, durch gemeinschaftlichen Diskurs und die Entwicklung von Visionen zur Abmilderung und Bekämpfung des Problems beizutragen.

www.universal-sea.org

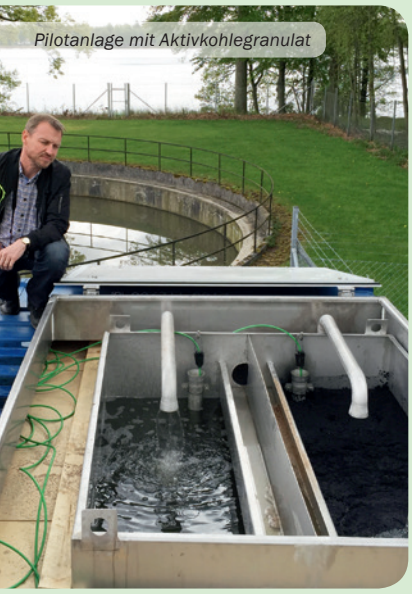
THE UNIVERSAL SEA

Co-funded by the Creative Europe Programme of the European Union

Wettbewerbsbeitrag „The Universal Sea“

Arzneimitteln auf der Spur

Medikamentenrückstände werden immer häufiger in Gewässern nachgewiesen. Doch warum kommen sie eigentlich dorthin? Die Forschung entwickelt erste technische Lösungsansätze zur Eindämmung des Problems, aber auch jeder Einzelne kann etwas tun.



Pilotanlage mit Aktivkohlegranulat

Der hohe Gesundheitsstandard in Deutschland wurde vorrangig durch die Entwicklungen in der Pharmazie vorangetrieben. Gute Gesundheit für uns Menschen bedeutet allerdings nicht, dass die medizinischen Wirkstoffe auch positiv für die Umwelt sind. In verschiedenen Studien wurden Arzneimittelwirkstoffe in deutschen Gewässern nachgewiesen, auch in den Flüssen die zur Ostsee führen. Hierbei zählen Arzneimittel zu den sogenannten Spurenstoffen, die bereits in kleinsten Konzentrationen Effekte hervorrufen und daher von besonderer Bedeutung sind.

Die Vielfalt der in Deutschland eingenommenen Arzneimittel kombiniert mit der immensen Verbrauchsmenge von über 8 t pro Jahr erschwert es der Forschung, die im Wasser befindlichen Stoffe zu erfassen und in ihrer Wirkung zu beurteilen. Laut Umweltbundesamt werden derzeit ca. 1.500 verschiedene Wirkstoffe verkauft. Im Zulassungsverfahren wird nicht nur die Wirkungsweise des Arzneimittels im menschlichen Körper untersucht, sondern auch die potentielle Umweltwirkung. So werden für Einzelstoffe Umweltqualitätsnormen abgeleitet, deren Überschreitung nachweislich zu negativen Auswirkungen auf die untersuchten Organismengruppen führt. Durch die Vielzahl der verwendeten Arzneimittel, ihre kombinatorische Wirkung und den Effekt weiterer Umweltfaktoren können Arzneimittel allerdings schon in sehr geringen Konzentrationen Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Eintrag von Arzneimittelwirkstoffen

Wenn Arzneimittel eingenommen werden, wird trotz gewünschter Wirkung nicht jedes Medikament vollständig im Körper abgebaut, sodass ein Teil der Substanz wieder ausgeschieden wird. Diese Arzneimittelrückstände gelangen aus den Haushalten in das Abwassernetz bis zur Kläranlage, in der sie derzeit nur bedingt abgebaut oder zurückgehalten werden. Krankenhäuser und andere gesundheitliche Einrichtungen, wie Pflegeheime, tragen in besonderem Umfang zu Rückständen im Abwasser bei. Auch direkte Einträge von Arzneimittelherstellern sind möglich.

Bezogen auf Mecklenburg-Vorpommern zählt ein Großteil der Landfläche zum Einzugsgebiet der Ostsee. Das heißt, dass hier die von einer Million Einwohnern und zahlreichen Touristen erzeugten Arzneimittelrückstände über Gräben und Flüsse schließlich in der Ostsee landen. Wie viel tatsächlich in die Umwelt gelangt, kann oftmals nur mit

komplizierten Modellen abgeschätzt werden. Ausgangsbasis bieten Statistiken, die deutschlandweite Daten über die Verkaufs- und Verschreibungsmengen rezeptpflichtiger Arzneimittel sammeln. Um die Spurenstoffbelastung in Gewässern im südlichen Ostseeraum abzuschätzen, werden Bilanzmodelle für den Eintrag ausgewählter Wirkstoffe in die südliche Ostsee eingesetzt. Ziel ist ein deutlich besseres Verständnis der konkreten Eintragspfade und -mengen sowie die Ableitung von Reduzierungsmaßnahmen.

Was technisch möglich ist

Um Arzneimittelrückstände gezielt und in größerem Umfang aus dem Abwasser zu entfernen, reichen die üblichen Reinigungsverfahren in Kläranlagen nicht aus (S. 30). Hierfür muss eine sogenannte vierte Reinigungsstufe nachgerüstet werden, die bereits in einigen Anlagen, z. B. in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen, angewendet und getestet wird. Bei einem Ausbau muss für jede einzelne Kläranlage betrachtet werden, ob dies technisch realisierbar und wirtschaftlich umsetzbar ist. Besonders aufwändig ist die Entwicklung von Verfahren, die sehr geringe Konzentrationen von Arzneimittelrückständen entfernen können. Letztlich haben sich in den letzten 15 Jahren zwei Verfahren als zusätzliche, in die bestehende Reinigungskette integrierbare, Schritte durchgesetzt: Ozonung und Sorption an Aktivkohle. Ozon ist ein hochreaktives Gas, welches in gesonderten Reaktoren das herkömmlich gereinigte Abwasser durchströmt. Ozon reagiert dabei mit den pharmazeutischen Substanzen, wodurch diese ihre ursprüngliche Wirksamkeit verlieren. Aktivkohle hingegen ist ein Feststoff, an dem sich die Substanzen besonders gut anlagern können. Die mit den Arzneimitteln beladene Aktivkohle wird schadlos verbrannt.

Jede Tablette (weniger) hilft…

Unsere Gesellschaft kann zwar nicht auf Arzneimittel verzichten, jedoch ihren Umgang damit bewusster gestalten. Auf der einen Seite steht das Arzneimittelkonsumverhalten. Jeder sollte bewusst entscheiden, ob die Einnahme von selbstgekauften Schmerzmitteln wirklich notwendig ist. Gerade bei Erkältungen können Hausmittel den Einsatz mancher Tablette entbehrlich machen. Auch die Dosierungsempfehlungen auf Packungsbeilagen sind sinnvolle Begrenzungen für die Einnahme. Oftmals kann eine weitere Tablettendosis vom Körper gar nicht mehr aufgenommen werden und wird direkt und unverbraucht wieder ausgeschieden. Auf der anderen Seite steht die sachgemäße Entsorgung der übriggebliebenen bzw. nicht mehr verwendbaren Arzneimittel. Da in Deutschland der Hausmüll in der Regel verbrannt wird, ist dies der sicherste Weg der Entsorgung. Auf keinen Fall sollten Reste über den Abfluss oder die Toilette entsorgt werden. Wer ganz sicher gehen will, kann sich auch bei Apotheken erkundigen, ob sie unverbrauchte Arzneimittel zurücknehmen oder wie sie am besten entsorgt werden.

Jens Tränckner & Alena Kaiser
Universität Rostock

Bewusster Umgang mit Arzneimitteln

Das Projekt MORPHEUS setzt sich zum Ziel, die Einträge von pharmazeutischen Spurenstoffen in die Küstengewässer im südlichen Ostseeraum zu reduzieren und so die Gewässerqualität der Ostsee zu verbessern. Im Projekt werden Informationen zur Arzneimitteleinnahme zusammengetragen und Messdaten zu pharmazeutischen Spurenstoffen im Zu- und Ablauf von Kläranlagen sowie in Oberflächen- und Küstengewässern ausgewertet. Diese Informationen sowie Bewertungen verfügbarer Technologien zum Rückhalt von Mikroschadstoffen werden Kläranlagenbetreiber und Behörden bei einer zukünftigen Umsetzung geeigneter Reinigungstechnologien unterstützen.

www.morpheus-project.eu

MORPHEUS
Model Areas for Removal of Pharmaceutical Substances in the South Baltic

Interreg South Baltic
EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund

EU STRATEGY FOR THE BALTIC SEA REGION FLAGSHIP

Nachklärbecken

Wie funktioniert eigentlich eine Kläranlage?

Als Teil des Wasserkreislaufs wird das Abwasser über mehrere Verfahrensschritte in Kläranlagen aufbereitet, um anschließend in die Vorflut eingeleitet zu werden.

Mehr Informationen

Video zur Funktion einer Kläranlage:

www.eurawasser-nord.de
🔍 Kläranlage Funktion

Durch Gebrauch verunreinigtes Trinkwasser wird zu Abwasser. Man unterscheidet häusliches und industrielles bzw. gewerbliches Abwasser. Beides fließt über ein Kanalisationsnetz einer Kläranlage zu, in der es in einem mehrstufigen Verfahren wieder aufbereitet wird. Im ersten Reinigungsschritt wird das Abwasser mit mechanischen Verfahren aufbereitet. Zu Beginn werden Grobstoffe mit Hilfe eines Rechens entfernt. Im sogenannten Sand- und Fettfang werden selbige durch das Einblasen von Luft voneinander getrennt und über einen automatischen Räumer entnommen. Abschließend wird im Vorklärbecken der Abwasserstrom soweit beruhigt, dass ungelöste Stoffe absinken und mit einer Pumpe entfernt werden können.

Im zweiten Schritt erfolgt die Reinigung in der biologischen Reinigungsstufe. Sie dient der Entfernung der gelösten organischen Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Dies geschieht mit dem „Belebtschlammverfahren". Bei diesem Reinigungsverfahren wird das Abwasser mit Hilfe von Mikroorganismen aufbereitet. Diese verarbeiten die Abwasserinhaltstoffe und vermehren sich dabei. So entstehen immer größer werdende Schlammflocken, die auch Belebtschlamm genannt werden. Zunächst werden die vielfältigen Kohlenstoffverbindungen des Abwassers durch aerobe (sauerstoffliebende) Mikroorganismen abgebaut. Hierfür wird über Kompressoren Luft in den Abwasserstrom eingeblasen. Um Stickstoffverbindungen zu elementarem Stickstoff abbauen zu können, ist ein Zirkulationssystem des Belebtschlamms zwischen sauerstoffreichen und sauerstoffarmen Zonen des Beckens notwendig. Die Entfernung von Phosphor (P) erfolgt in einem separaten Becken ohne Sauerstoffzufuhr und zusätzlich durch eine chemische Fällungsreaktion oder gezielten Einbau in den Belebtschlamm.

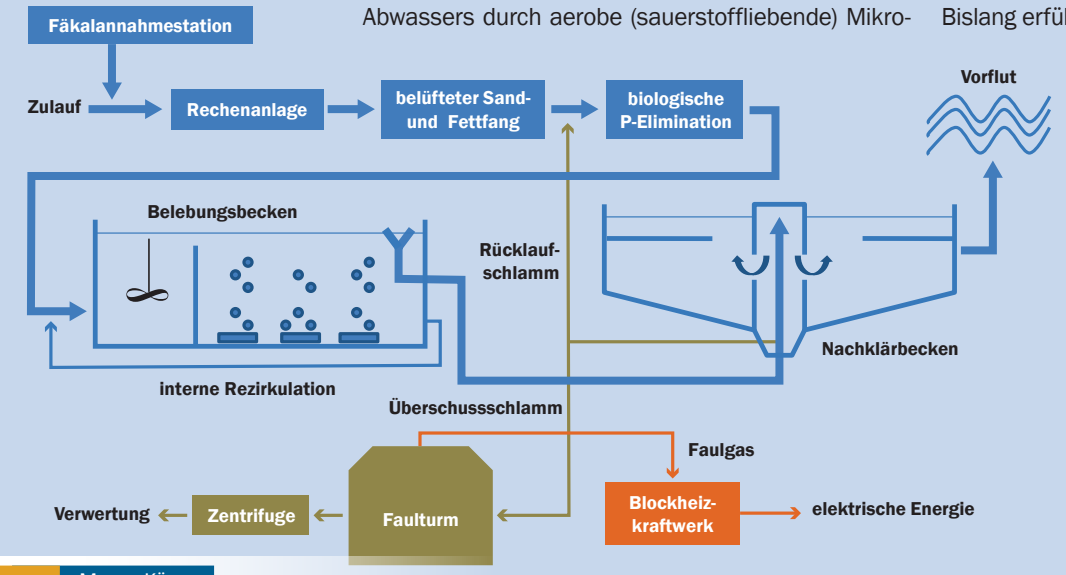
Rückführung in den Wasserkreislauf

Im dritten und letzten Reinigungsschritt wird in der sogenannten Nachklärung der Belebtschlamm entfernt. Dies geschieht durch eine ausreichende Beruhigung des Abwassers, so dass sich der Schlamm absetzt und entfernt werden kann. Der entfernte Belebtschlamm wird aufgeteilt in Rücklaufschlamm, der in der Kläranlage verbleibt und Überschussschlamm. Letzterer wird entwässert und einer Verwertung zugeführt. Zukünftig ist das Ausbringen des Schlammes in der Landwirtschaft nicht mehr möglich, er wird dann verbrannt. Das gereinigte Abwasser ist klar, sauber und frei von Schwebstoffen und kann in die Vorflut eingeleitet werden. Der Wasserkreislauf schließt sich.

Bislang erfüllen die kommunalen Kläranlagen die Auflagen der Umweltgesetzgebung, doch auch im Abwasserbereich sind Innovationen und Verbesserungen im Gespräch. So wird z. B. die Rückgewinnung des Phosphors aus Klärschlamm immer interessanter (S. 6). Des Weiteren wird überlegt, ob und wie Medikamentenrückstände, Mikroplastik oder multiresistente Keime aus dem Abwasser entfernt werden können und sollen. Hierfür fehlen bislang jedoch gesetzliche Vorgaben. Um für die zukünftigen Herausforderungen in der Abwasseraufbereitung gewappnet zu sein, ist es daher wichtig, dass Wissenschaft und Praxis eng zusammenarbeiten.

EURAWASSER Nord GmbH

Fließschema Kläranlage



Mischkanalisationen in Küstengebieten

Erst der Bau von Kanalisationssystemen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ermöglichte die Eindämmung von Epidemien. In der heutigen Siedlungsentwässerung kommen weitere Aufgaben hinzu, wie der Gewässerschutz und die Vermeidung von Überflutungen durch starke Niederschläge.

In Hamburg wurde bereits 1842 mit dem Bau der ersten Kanalisation begonnen und das Abwasser aus der Stadt herausgeleitet. Die damals konzipierten Kanalnetzsysteme mit unterirdischen Abwasserkanälen sind noch heute in Benutzung. Mittlerweile sind rund 78 Millionen und damit 97 % der Bürger in Deutschland an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Die gesamte Länge der Abwasserkanäle in Deutschland beträgt ca. 576.000 km. Das entspricht der 1,5-fachen Entfernung zum Mond!

Fast die Hälfte der Abwasserkanäle in Deutschland sind Mischwasserkanäle, bei denen Regen- und Schmutzwasser in einem gemeinsamen Kanal der Kläranlage zugeleitet werden. Bei starkem Regen, bei dem in kurzer Zeit sehr viel Regenwasser in die Kanalisation gelangt, kann aufgrund begrenzter Kapazitäten nicht das gesamte Mischwasser im Kanalnetz abgeleitet und von der Kläranlage aufgenommen werden. Um bei solchen Niederschlägen Überflutungen mit hohen Schäden zu vermeiden, muss überschüssiges Mischwasser anderweitig abgeleitet werden. Dies erfolgt im Normalfall in die umliegenden Gewässer. In Küstengebieten, in denen kaum ein natürliches Gefälle vorhanden ist, sind dafür häufig große Pumpwerke erforderlich.

Schutzmaßnahmen für Flüsse und Meere

Strenge Richtlinien regeln Menge, zulässige Verschmutzung und Häufigkeit der Mischwassereinleitungen. Dabei wird in Küstenregionen z. B. auch beachtet, ob es sich um ein Badegewässer handelt oder wie die Strömungsrichtung an der Einleitungsstelle ist. Es werden sowohl hygienische Parameter als auch für Fische oder Kleinstlebewesen gefährliche Stoffe beurteilt. Um die Anforderungen einzuhalten, sind häufig unterirdisch große Rückhalteanlagen vorhanden, die einen Teil des Mischwassers zwischenspeichern und nach Regenende zur Kläranlage leiten. Außerdem sind Anlagen im Gebrauch, die die Einleitung von Feststoffen (z. B. Hygieneartikel) durch Sedimentation oder Siebung reduzieren.

In modernen Entwässerungssystemen werden durch Messungen und Steuerung der Abflüsse im Kanalnetz die bestehenden Ressourcen im System optimal genutzt, etwa wenn es bei einem Gewitter über einem großen Kanalnetz nicht überall regnet und Speicherräume oder Kläranlagen teilweise überlastet und andere nicht ausgelastet sind. Frühwarnsysteme können die Entwässerungssicherheit weiter erhöhen. Bei Hochwasser oder (Sturm-)Flut kann es durch Rückstau zu Überflutungen aus dem Kanalnetz oder zur Überlastung der Kläranlage kommen. Dann werden Hochwassersicherungen, wie z. B. Absperrschieber genutzt, die den Kanal zum Gewässer verschließen. Für den Fall, dass es dann gleichzeitig regnet, wird das Mischwasser in Hochwasserpumpwerken aus dem Kanalnetz in das Gewässer gepumpt, um Überflutungen zu vermeiden.

Martin Lindenberg
Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH

Auslass in ein Gewässer

Projekte

Quallen als vielseitiger Rohstoff

Das Projekt „GoJelly“ versucht aus dem regionalen Massenvorkommen von Quallen Positives zu ziehen. Eine innovative Nutzungsmöglichkeit ist die Entwicklung von Mikroplastikfiltern für Kläranlagen. Quallenschleim kann die winzigen Kunststoffpartikel binden und so helfen, den Eintrag von Mikroplastik in die Meere zu reduzieren. Außerdem können Quallen der menschlichen Ernährung dienen, als Bodenwasserspeicher und Dünger in der Landwirtschaft genutzt oder als Nährstoffquelle in der Aquakulturproduktion eingesetzt werden. Ebenso kann ihr Kollagen in der Kosmetikindustrie und im Pharmabereich Verwendung finden. Neben den wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten analysiert das Projekt die Lebenszyklen der verschiedenen Arten und unterstützt den Wissenstransfer bezüglich Nutzung, Abfischung und Kultivierung von Quallen mit dem asiatischen Raum. Partner aus Industrie und Praxis werden in die Projektarbeit einbezogen; ebenso werden politische Strukturen und gesellschaftliche Akzeptanz untersucht.

Jamileh Javidpour, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, www.gojelly.eu

Zwis Land &

Das Graduiertenkolleg untersucht die wechsel marinen und terrestrischen sowohl hydrodynamische und biologische Prozesse betrachtet. mische Stoffflüsse sowie die be erforschen und auf diese Weise die se zwischen Land und Meer zu ver Heiligensee und Hütelmoor nahe Flachwasserbereich der Ostsee die um bspw. die Auswirkungen des an lysieren. Die interdisziplinären The Qualifizierungsmöglichkeiten und nachhaltiger Nutzungs- und Ma bereichen voranzubringen.

Nadja Geißler, Universität Rostock,

Wettbewerb zum Ostseeschutz

Bei der Überdüngung der Ostsee spielt die Landwirtschaft eine entscheidende Rolle, da sie für mehr als die Hälfte der Nährstoffeinträge verantwortlich ist. Um die gute fachliche Praxis ostseefreundlicher Landwirtschaft zu unterstützen, wurde der Wettbewerb „WWF Ostsee-LandwirtIn des Jahres“ in Zusammenarbeit mit den Bauernverbänden der Ostseeanrainerstaaten ins Leben gerufen. Dabei werden innovative Ansätze, die Landwirte zum Schutz der Ostsee verfolgen, hervorgehoben, sodass andere von ihnen lernen können.

Birgit Wilhelm, WWF Deutschland, www.wwf.de/ostseepreis

Nachhaltiger Küstenschutz durch Sandaufspülungen

Infolge des Klimawandels müssen Küstenschutzstrategien vielerorts angepasst werden. Im Gegensatz zu „harten“ Maßnahmen, wie Buhnen, Deckwerke oder Strandmauern aus Beton, die anhaltend in die Umwelt eingreifen und oftmals die Erosion in anderen Küstenabschnitten verstärken, wirken Sandaufspülungen vergleichsweise umweltschonend. Doch für bodenlebende Organismen erweisen sie sich oftmals als problematisch; auch wird die Sedimentbeschaffenheit durch regelmäßige Aufspülungen langfristig verändert. Mit Hilfe von numerischen Modellen, Laborversuchen im Großen Wellenkanal sowie Feldstudien vor Sylt entwickelt das Forschungsprojekt STENCIL neue Methoden, um die längerfristigen Auswirkungen von Sandentnahme und -aufspülung besser bewerten und zukünftige Maßnahmen nachhaltiger und umweltfreundlicher gestalten zu können.

Franziska Staudt, Forschungszentrum Küste, www.stencil-project.de

Weltweit obachtet. tisch: See Sedimentstabi pflanzen optimal gen hydrodynami verhindern. Um die der Seegraswiesen abbaubares künst für Seegräser und Ziel dieser Metho zu etablieren und ein zu entfernen,

chen Meer

Baltic TRANSCOAST
seitige Beeinflussung der
Küstenzone. Dabei werden
(bio-) geochemische als auch
Ziel ist es physikalische und che-
teiligte Pflanzen- und Tierwelt zu
Kenntnisse über Austauschprozes-
bessern. Das Naturschutzgebiet
Rostock sowie der angrenzende
nen hierbei als Untersuchungsgebiet,
steigenden Meeresspiegels zu ana-
men bieten jungen Wissenschaftlern
tragen dazu bei, die Entwicklung
nagementstrategien von Küsten-

www.baltic-transcoast.uni-rostock.de

DFG

Plastikmüll in Meeresfischen

Trotz intensiver wissenschaftlicher Beschäftigung mit dem Thema Plastikmüll im Meer gibt es offene Fragen. Vor allem die Auswirkungen auf marine Ökosysteme und deren Bewohner sind weitgehend ungeklärt. Im Projekt PlasM werden die Aufnahme von Plastikpartikeln durch Meeresfische und ihre Folgen erforscht. Dazu werden in erster Linie Verdauungstrakte von Fischarten der Nord- und Ostsee untersucht, um herauszufinden, ob und wie viele Plastikpartikel die Fische aufnehmen, welche Kunststoffe und Partikelgrößen dominieren und ob es besonders betroffene Meeresregionen und Fischarten gibt. Versuche zur Erfassung der gesundheitlichen Auswirkungen von Plastikpartikeln auf Fische ergänzen die Erhebungen. Die Projektergebnisse helfen, Methoden für ein Monitoring zu entwickeln sowie das Risiko durch Plastik in der Meeresumwelt insbesondere für Fische, aber auch für den Verbraucher, besser zu bewerten.

Ivo Int-Veen, Thünen-Institut für Fischereiökologie Bremerhaven, www.thuenen.de PlasM

PlasM

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ptble

Abfallreduzierung in Ostsee & Mittelmeer

Ziel des Forschungsprojektes CLAIM ist die Entwicklung und Anwendung innovativer Technologien zur Verschmutzungsvorbeugung und Reinigung der Meeresumwelt von sichtbaren und unsichtbaren Abfällen. So werden Maßnahmen entwickelt, die bereits in den Einzugsgebieten ansetzen und bspw. den Eintrag von Mikroplastik aus Haushalts- und Industrieabwässern oder die Menge des Makroplastiks reduzieren, das über Flüsse ins Meer gelangt. Ebenso soll die Nutzung von Meeresmüll als Energiequelle auf Schiffen und in Häfen untersucht werden. Dabei kommen neben einem automatisierten Reinigungsgerät und einem neuartigen Filtersystem auch Nano- und Plasmatechnologie zum Einsatz. Zudem sollen auf Basis des Ökosystemansatzes diejenigen Gebiete identifiziert werden, die für den Einsatz im Mittelmeer und in der Ostsee das größte Potential aufweisen. Unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Machbarkeit, der gesellschaftlichen Akzeptanz und der institutionellen Rahmenbedingungen sollen so die geeignetsten Maßnahmen identifiziert werden.

Katrin Rehdanz, Universität Kiel, www.CLAIM-H2020project.eu

CLAIM

Künstliche Ansiedlung von Seegras

wird ein Rückgang von Seegraswiesen be-
Eine Wiederansiedlung ist jedoch problema-
graswiesen schaffen durch Wellendämpfung und
lisierung ruhiges und klares Wasser, in dem Jung-
wachsen können. Fehlt der Seegrasbewuchs, stei-
sche Energie und Trübung, die das Seegraswachstum
Wiederansiedlung von Seegräsern fernab bestehen-
zu ermöglichen, entwickelt das Projekt SeaArt bio-
liches Seegras. Es schafft gute Anwuchsbedingungen
ermöglicht so eine Wiederansiedlung der Bestände.
de ist es, langfristig eine rein natürliche Seegraswiese
zwar ohne die eingebrachten Strukturen im Nachhin-
da sich diese sich mit der Zeit auflösen.

Maike Paul, Universität Braunschweig, www.sea-art.org

Sea Art

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

VolkswagenStiftung

Vom Wissen zum Handeln

Gemeinschaftlich Verantwortung übernehmen

Im Kampf gegen die Vermüllung der Meere rückt das Hinterland zunehmend ins Interesse von Wissenschaft und Bildung. EUCC-D arbeitet bundesweit mit Schulklassen zusammen und generiert Daten für die Entwicklung von Vermeidungsstrategien.

Im Durchschnitt produziert jeder Bundesbürger pro Jahr 559 kg haushaltstypische Abfälle (Stand 2015), Tendenz steigend. Hinzu kommen weitere Abfälle z. B. aus Produktion und Gewerbe. EU-weit produzieren lediglich drei Länder mehr Müll als Deutschland. Ein Blick in Cafés und Supermärkte, auf Bahngleise oder in Straßengräben zeigt, wie es um die Mentalität in Sachen Müllproduktion und -entsorgung bestellt ist: Im 21. Jahrhundert sind wir Teil einer Gesellschaft, die den Wert von Rohstoffen und Naturräumen aus den Augen verloren hat.

Im Überfluss

Müll, der einmal in der (Meeres-)Umwelt gelandet ist, kann nur unter erschwerten Bedingungen und hohen Kosten oder auch gar nicht mehr aus dem System entfernt werden. Da Bemühungen, Müll und Schadstoffe wieder aus dem Meer herauszuholen, bislang weitestgehend gescheitert sind, hat die Vermeidung von weiteren Einträgen oberste Priorität. Dabei rückt das Hinterland zunehmend ins Blickfeld, denn nur ein geringer Teil wird direkt von der Küste oder vom offenen Meer aus in die Umwelt eingetragen.

Fundierte Kenntnisse zu Quelle, Art, Menge und Verteilung von Müllteilen im und am Gewässer sind hilfreich, um auf politischer Ebene wirkungsvolle Vermeidungsstrategien zu entwickeln und z. B. neue gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Da eine systematische Erfassung sehr zeit- und arbeitsaufwändig ist, machen sich Forscher in sogenannten „Citizen Science"-Projekten die Kraft der Gemeinschaft zunutze und lassen Bürger unter wissenschaftlicher Anleitung Müll sammeln und Daten über Fundorte, Müllsorten und -mengen erheben. So führten bspw. Erkenntnisse zu den häufigsten Strandmüllfunden u. a. dazu, dass die EU 2018 neue Vorschriften insbesondere zu Einwegprodukten aus Kunststoff anstrebt.

Diesen Ansatz greift auch EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V. (EUCC-D) im Bildungsprojekt „Alles im Fluss?!" auf: Gemeinsam mit Kindern und Jugendlichen aus ganz Deutschland werden an Fließgewässern standardisierte Müllsammelaktionen durchgeführt. Dabei zielt das Projekt nicht allein auf das Entfernen von punktuellen Müllfunden an Flussufern und die Erhebung von Daten ab. Vielmehr können die Schüler ihre Ergebnisse mit anderen Standorten vergleichen und Gründe für deren Verschiedenheit erarbeiten. Die gewonnenen Daten werden an die verantwortlichen Behörden weitergeleitet und tragen dazu bei, dass diese Empfehlungen für effektive Maßnahmen aussprechen bzw. selbst umsetzen können.

Alles im Fluss?!

In begleiteten Projektwochen setzen sich Kinder und Jugendliche bundesweit aktiv handelnd mit der Problematik Müll in Gewässern auseinander und initiieren eigene Projekte für weniger Müll in Flüssen und Meeren.

www.kuestenschule.de

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

NKG Hanseatische Natur- und Umweltinitiative

Plastik-Diät

In dem Kooperationsprojekt entwickeln EUCC-D und der DJH-Landesverband Mecklenburg-Vorpommern e. V. gemeinsam Strategien zur Müllvermeidung in und vor der Herberge und schaffen mit der „OstseeKiste" ein Bildungsangebot für Schulklassen und Familien.

www.eucc-d.de/ostseekiste

Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Handlungsfähigkeiten erkennen

Die Verantwortung für eine müllfreie Umwelt liegt nicht allein bei Wissenschaft, Politik und Wirtschaft, sondern auch bei den Verbrauchern. EUCC-D leistet daher Aufklärungsarbeit und vermittelt vielfältige Informationen zum Thema Meeresmüll. Im Rahmen der Bildungsarbeit geht der Verein über die reine Bewusstseinsbildung hinaus und regt Kinder und Jugendliche zum eigenen Handeln an. In der Jugendherberge Warnemünde bspw. werden Schulklassen und Familien mit der „OstseeKiste – Weniger Müll ist Meer“ nicht nur spielerisch an die Problematik herangeführt, sondern vor Ort auch zur Einsparung und sachgerechten Entsorgung eigenen Mülls angeregt. Dabei schreitet die Herberge selbst mit gutem Beispiel voran: Im Rahmen des Projektes „Plastik-Diät“ wurde 2017 eine Bestandsanalyse des Müllaufkommens in der Jugendherberge vorgenommen, mit dem Ergebnis, dass zwei Drittel des Plastikaufkommens im Herbergsbetrieb anfallen und der Hauptteil der Küche entstammt. Darauf aufbauend wurden erste Schritte im Betriebsablauf unternommen, um den Plastikverbrauch zu senken. U. a. wurden Reinigungsmittel durch mikroplastikfreie Produkte ersetzt und die Verpackungseinheiten im Verpflegungsbereich (z. B. von Frischkäse und Brotaufstrichen) umgestellt sowie deutlich reduziert.

Aktiv werden

Im Sinne der Entwicklung und Stärkung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und Handeln im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gehen die Kinder und Jugendlichen mit „Alles im Fluss?!“ noch einen Schritt weiter und entwickeln eigenständig Ideen, wie sie ihr im Projekt erworbenes Wissen konkret anwenden können: Aus der Analyse zur gegenwärtigen Müllsituation an den Fließgewässern ziehen sie Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit. Darauf basierend entwickeln die Schüler Entscheidungsoptionen, auf die sie selbst Einfluss nehmen können (z. B. die Änderung ihres Kaufverhaltens). Die daraus resultierenden Ideen für Praxisaktionen, wie z. B. die Umstellung von Schulmensen auf plastikfreie Verpackungen, setzen die Kinder und Jugendlichen mit Unterstützung durch Erwachsene direkt vor Ort um. Ziel ist es, dass das Engagement der Kinder und Jugendlichen über den Klassenraum hinaus in den Stadtraum wirkt und langfristig zu einem sorgsameren Umgang mit Ressourcen und Müll anregt.

Anke Vorlauf
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Meer im Unterricht

In Ausgabe 20/2017 der Lehrerfachzeitschrift „Biologie 5-10“ wird aufgezeigt, welchen Einfluss unser tägliches Handeln auf die Meere hat. Gleichzeitig werden Anregungen gegeben, mit Schülern eigene Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln, die zum Schutz und zu einer nachhaltigen Entwicklung der Meere und Küste beitragen können.

Wir danken den Förderern dieses Magazins:

MORPHEUS – Model Areas for Removal of Pharmaceutical Substances in the South Baltic
LiveLagoons
BONUS OPTIMUS
EU Strategy for the Baltic Sea Region Flagship
Interreg South Baltic
European Regional Development Fund – European Union
Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung
Interreg Baltic Sea Region – Baltic Blue Growth
BONUS – Science for a better future of the Baltic Sea region

BERATUNG
BILDUNG
INFORMATION
MEER UND KÜSTE
EUCC-D
www.eucc-d.de

MEER BILDUNG MIT DER OSTSEEKISTE

BNE-Schulfahrten-Programm zum Thema Meeresschutz

Mit der OstseeKiste auf Klassenfahrt:

Jugendherberge Born-Ibenhorst
ZWISCHEN STRAND, WALD UND BODDEN
Preis/Person, 4 Ü/VP, zzgl. Kurtaxe
im Nationalpark Darß gelegen

Jugendherberge Prora a. Rügen
ZWISCHEN DÜNE UND KÜSTE
129 € auf Zeltplatz im eigenen Zelt
Preis/Person, 4 Ü/VP, direkte Strandlage

Jugendherberge Ueckermünde
ZWISCHEN HAFFSTRAND UND WALD
Preis/Person, 4 Ü/VP, zzgl. Kurtaxe
unmittelbar am Stettiner Haff gelegen

Jugendherberge Warnemünde
WENIGER MÜLL IST MEER
Preis/Person, 4 Ü/VP, zzgl. Kurtaxe
direkte Strandlage

Alle Preise für 2018.
Preise 2019 können abweichen.

Wir beraten Sie gern: 0381 776670

jugendherbergen-mv.de/ostseekiste

HOSTELLING INTERNATIONAL

Gemeinschaft erleben
jugendherberge.de
DJH

ISBN 978-3-939206-20-0 • ISSN 2190-5754