

Seegras und Treibsel - Altbekannte Strandressource neu entdeckt



Editors:
H. Sterr, J. Hofmann & V. Tschirpig

Coastline Reports

26 (2019)

**Seegras und Treibsel –
Altbekannte Strandressource neu entdeckt**

Editors:

Horst Sterr, Jane Hofmann & Valérie Tschirpig

Warnemünde, 2019

ISSN 0928-2734

ISBN 978-3-939206-21-7

Dieser Bericht wurde im Rahmen des Projekts POSIMA (Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein: Initiierung einer Wertschöpfungskette Treibsel als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel) erstellt.



Diese Publikation wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit finanziert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen zum Projekt POSIMA finden Sie unter www.posima.de

Impressum

Titelbilder: Treibsel in Warnemünde (Foto: Jane Hofmann)

Strandräumung in Eckernförde (Foto: Sandra Enderwitz)

Dachdämmung (Foto: Nico Stelljes)

Pflanzsubstrat (Foto: Horst Sterr)



Coastline Reports is published by:

EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.
Friedrich-Barnewitz-Str. 3
18119 Warnemünde
medien@eucc-d.de

Responsible editors of this volume:

EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Jane Hofmann & Valérie Tschirpig

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geographisches Institut

Prof. Dr. Horst Sterr

Coastline Reports are available online under www.eucc-d.de and www.eucc.net.

For hardcopies please contact the editors or the EUCC-D.

The responsibility for the content of this report lies solely with the authors.

Vorwort

Einige Menschen werden sich über ein Buch mit dem Titel „*Seegras und Treibsel - altbekannte Strandressource neu entdeckt*“ möglicherweise wundern. Was für ein exotisches Thema!? Unter Seegras können sich viele vielleicht noch etwas vorstellen, aber was ist denn Treibsel? Im vorliegenden Band wird Treibsel als Sammelbegriff für die Meerespflanzen benutzt, die an der Ostseeküste von Seegang und Wellen auf den Strand gespült werden. Den meisten Anwohnern ist der Anblick recht vertraut, auch wenn sie den Begriff Treibsel vielleicht gar nicht kennen: an vielen Stellen liegt auf dem Sand oft ein bräunliches Gemisch aus Algen und Seegras, je nach Wetterlage als schmale Anspülung oder manchmal auch als größere Haufen, die fast den ganzen Strand bedecken. Im Winter bleibt dieses Treibsel liegen und verleiht manchen Stränden einen „würzigen Meeresduft“. Für Strandspaziergänger ist dies der „Normalzustand“ des Ostseestrandes. Während der Badesaison erscheinen vielen Badegästen und Strandnutzern dagegen Strände, die mit Treibsel bedeckt sind, als „nicht sauber“ und unattraktiv. Diese Kurstrände werden in den Sommermonaten dann regelmäßig gereinigt, immerhin stehen die deutschen Ostseebäder stets in Konkurrenz mit Küstenorten im In- und Ausland, und die werben in allen Urlaubskatalogen mit sauberen, weißen Stränden.

Die Reinigung der Strände erscheint für die Touristiker somit „alternativlos“, ist aber für die Küstenkommunen jährlich ein nicht unerheblicher Kostenfaktor. Überdies wirft sie regelmäßig die Frage auf: was tun mit dem aufgesammelten Material? Ist es noch zu irgendwas zu gebrauchen oder sollte es nur möglichst rasch und unauffällig entsorgt werden? (Bis vor wenigen Jahren hatte die Treibselmasse abfallrechtlich noch den Status „Sondermüll“, inzwischen unterliegt das Material der Bioabfall-Verordnung). In unzähligen Kontakten mit Kommunalvertretern entlang der Ostseeküste während der vergangenen Jahre wurde immer wieder das „Treibselproblem“ als eine der größten Sorgen genannt. Häufig wurde die Befürchtung geäußert, dass der Klimawandel dieses Problem künftig weiter verschärfen könnte. Diese Fragen und der damit verbundene Diskurs waren der Ausgangspunkt für das kommunale Leuchtturmprojekt POSIMA: *Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein: Initiierung einer Wertschöpfungskette Treibsel als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel*, gefördert vom Bundesumweltministerium vom 01.12.2016 bis zum 30.11.2019. In diesem Zeitraum hat die Projektgruppe am Geographischen Institut der Universität Kiel zahlreiche Aktivitäten durchgeführt (z.B. Stakeholder Workshops, Informationsveranstaltungen, wissenschaftliche Studien, Pilotprojekte etc.), welche aufzeigen konnten, dass Seegras und Treibsel vom Strand in der Tat vielfältige Nutzungspotentiale bieten. Man sollte dieses Material also eher als Ressource denn als Müll betrachten und damit einen neuen Blick auf das sogenannte Treibselproblem einnehmen. Das Heft Nr. 26 ist also mit dem Ziel entstanden, die „etwas andere Seite von Treibsel“ in den Fokus zu rücken.

Der vorliegende Band der Coastline Reports Reihe ist als eine umfassende Informationsquelle zur Treibselthematik gedacht, wie sie bisher noch nicht vorhanden war. Alle Autoren des Bandes haben sich intensiv mit dem Strandanwurf und seinen Verwendungsmöglichkeiten befasst, entweder im Rahmen ihrer beruflichen Praxis oder im Kontext noch offener wissenschaftlicher Fragestellungen. Einige Antworten sind gefunden und einige Handlungsoptionen aufgezeigt worden. Dennoch bleibt für die Befassung mit dieser Thematik auch weiterhin viel zu tun. Dabei ist es erfreulich, dass nun über regionale Grenzen hinaus Treibsel und Treibselnutzung im gesamten Ostseeraum in den Blick genommen werden, etwa im Rahmen des EU INTERREG Projektes CONTRA (siehe Beitrag Wölfel et al. in diesem Heft). Vielleicht kann es sogar eine Renaissance einer Wertschätzung für Treibsel geben, wie sie historisch in der Zeit 1700 – 1930 bekannt war?

Die Kapitel 1 bis 13 des Heftes sind in der für die Coastline Reports Reihe üblichen Struktur abgefasst und dem vorgegebenen Format angepasst. Der Beitrag „Schlafen auf Seegras“ von Kristian Dittmann weicht von diesem Format ab. Er kann eher als persönlicher Erfahrungsbericht gelesen werden, der die Wertschätzung von Seegras als historisch wertvoller Rohstoff in den Blick nimmt und von der Chance erzählt, sich mit Seegras tatsächlich eine berufliche Existenz aufzubauen.

Das POSIMA Projektteam dankt dem Geldgeber (Bundesumweltministerium) und Prof. Dr. Wilfried Hoppe, ohne deren Unterstützung das Projekt nicht hätte realisiert werden können. Ein zweiter Dank geht an den Herausgeber der Coastline Reports Reihe (EUCC - Die Küsten Union Deutschland e.V.), der diese Publikation ermöglicht hat.

Horst Sterr, Sandra Enderwitz, Kai Ahrendt

Inhaltsverzeichnis

Horst Sterr, Sandra Enderwitz & Kai Ahrendt

Seegras und Treibsel – Strand-Ressourcen mit vielfältigem Potential.....1

Michael Packschies

Historische Seegraswälder in Dänemark und Schweden.....13

Kai Ahrendt

Treibsel und Seegras im Küstenschutz21

Michael Packschies

Die neuen Seegrasdünen in Eckernförde27

Sinja Dittmann

**Kunststoffmüll im Strandanwurf – Entwicklung eines Separationsverfahrens
zur Bestimmung des Mikroplastikanteils im Ostseetreibsel.....37**

Regina Rollhäuser

Stoffliche Zusammensetzung von Treibsel.45

Steffen Aldag & Martin Staemmler

**Vom Strand auf den Acker? Chancen und Hemmnisse des Einsatzes
von Treibsel in Landwirtschaft und Gartenbau.....53**

Claus Müller

Der Treibselkartoffel-Wettbewerb.....65

Jörn Hartje & Swantje Streich

Seegras – der Naturdämmstoff aus der Ostsee.....71

Kristian Dittmann

Schlafen auf Seegras: Traditionelle Stopfwole der Küste.....79

Sam Warmke

**Die Verwertung des Treibsel vom Ostseestrand –
Erforschung der Potentiale verschiedener Nutzungsformen.....85**

Jana Wölfel, Jane Hofmann & Hendrik Schubert

**Probleme und Perspektiven der Treibselnutzung in Mecklenburg-Vorpommern
und im ganzen Ostseeraum: das EU-Projekt CONTRA.....95**

Ulrich Zinser

Marktwirtschaftliche Potentiale von Treibsel in Theorie und Praxis.....103



Seegrass und Treibsel – Strand-Ressourcen mit vielfältigem Potential

Horst Sterr, Sandra Enderwitz & Kai Ahrendt

Geographisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany

Abstract

Regularly, parts of marine plants are washed ashore by waves onto the beaches of the Baltic Sea. This organic material is called beach wrack or beach cast (German: Treibsel). It mainly consists of remnants of seagrass (*Zostera marina*) and macro algae such as bladder wrack (*Fucus vesiculosus*). While beach wrack appears to be a nuisance to most beachgoers and tourists, it also may be considered as a bio-resource that offers a variety of options for use. The cleaning of the beaches is costly for the communities and leaves them with the question of how to dispose of the material. The project POSIMA, funded by the Federal Ministry of Environment, looks into the various options for making wise use of beach wrack. Moreover, beaches and the beach wrack on top are ecosystems which reveal a broad range of ecosystem services, as recent studies have shown.

1 Treibsel - was ist das und warum liegt es an unseren Ostseestränden?

Strandanwurf oder sogenanntes „Treibsel“ ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten weltweit und auch in vielen Ostseegemeinden zunehmend zu einem Problem geworden. Der Strandanwurf, der zumeist als **Treibsel** (engl. beach wrack) bezeichnet wird, setzt sich an der westlichen deutschen Ostseeküste hauptsächlich aus abgestorbenen Meerespflanzen wie Seegrass und verschiedenen Algen zusammen, die im Flachwasserbereich der Ostsee wachsen: Seegrass, eine Blattpflanze (siehe Textbox) wächst auf sandigem Untergrund, während Makroalgen wie Blasentang, Rot- oder Braunalgen Steine und harten Boden besiedeln. Zu den Meerespflanzen können tierische Bestandteile (Muscheln, Seesterne, Krabben, Vogeleier etc.), Reste von Landpflanzen (z.B. Salzgräser, Schilf) sowie anorganische Materialien (Sand, Plastikteile oder andere Strandabfälle) kommen (Orr et al. 2005; O'Brien et al. 2017; POSIMA 2019). Die von Ort zu Ort unterschiedlichen Anteile von *Zostera marina* bzw. Algen sind vor allem durch die räumliche Verteilung der Makrophyten im Flachwasserbereich bedingt, die wiederum von der örtlich wechselnden Beschaffenheit des Substrats abhängt.



Abb. 1: Treibsel setzt sich vorwiegend aus Resten von Seegrass (unten) und Makroalgen wie dem Blasentang (oben) zusammen (Foto: Horst Sterr)

Während die lebenden Makrophyten, also Seegras und Algen, fest an ihren jeweiligen Standorten verwurzelt bzw. angehaftet sind, unterliegen die abgestorbenen Pflanzenreste dem Spiel der Wellen und der vorherrschenden Strömungen. Der Anwurf des Pflanzenmaterials auf den Strand erfolgt also üblicherweise bei stärkeren auflandigen Winden mit entsprechendem Seegang und bei erhöhtem Wasserstand. Dies wiederum bedeutet, dass Treibselanlandungen an Küstenabschnitten mit unterschiedlicher Exposition (in Schleswig-Holstein entweder nach Ost, Nord oder West) auch zu unterschiedlichen Zeiten bzw. Wetterphasen erfolgen. Der Großteil der Küsten ist jedoch nach Osten und Norden exponiert, sodass Winde aus diesem Sektor für den Hauptteil der Treibselanspülungen in der Kieler wie der Lübecker Bucht verantwortlich sind. So wurde z.B. während einer Ostwindphase im März 2018 eine Treibselmenge von mehreren hundert Tonnen an den Stränden der Stadt Eckernförde angespült.

Das Gewöhnliche Seegras (*Zostera marina* L.)

Ein häufiger Bestandteil des Treibselns an der südlichen Ostseeküste und in der Kieler Bucht ist das Gewöhnliche Seegras (*Zostera marina* L.). Es gehört zur Familie der Zosteraceae und ist eine indigene Pflanzenart in der Ostsee (Klotz et al. 2002). *Zostera marina* L. besiedelt vor allem flaches Wasser bis zu einer Tiefe, in welcher noch 11% des Sonnenlichtes den Meeresboden erreichen kann (Duarte 1991, S. 363). Die Wassertiefe ist somit ein entscheidender, limitierender Faktor für das Verbreitungsgebiet von Seegrasbeständen. In einer Arbeit von Jonassen (2017) wurde *Zostera marina* L. in der Kieler Bucht vorrangig in Wassertiefen von 0,6 m bis 7,6 m beschrieben (Schubert et al. 2015). Die Salzkonzentration, bei welcher für *Zostera marina* L. die optimalen Lebensbedingungen herrschen, liegt zwischen 10% und 25%. Bei einer Salzkonzentration von bis zu 35 % findet *Zostera marina* L. immer noch adäquate Lebensbedingungen vor und ist folglich mit einem großen Salztoleranzbereich ausgestattet, welcher der Pflanze ermöglicht, fast alle Bereiche der Ostsee zu besiedeln (Nekrup und Pedersen 2008, S. 239). Neben der Flächendeckung der Seegrasbestände und der Dichte der Sprösslinge, ist vor allem die Seegras-Biomasse entscheidend für das Aufkommen von organischem Material von *Zostera marina* L. im Strandanwurf. Die Biomasseproduktion von *Zostera marina* L. ist in der Kieler Bucht im Vergleich zu anderen Standorten sehr hoch. Eine Studie von Sand-Jensen zeigt 1975, dass die Biomasseproduktion von *Zostera marina* L. in der nördlichen Ostsee von März bis Oktober stattfindet und die höchste Biomasseproduktion im August erreicht wird (Sand-Jensen 1975, S. 185).

Der optimale Temperaturbereich für *Zostera marina* L. liegt zwischen 10 °C und 20 °C (Bobsien 2014, S. 20). Aufgrund der starken Abhängigkeit der zeitlichen Entwicklung von *Zostera marina* L. von der Wassertemperatur und damit einer einhergehenden Abhängigkeit von der geographischen Breite, ist von einer leicht veränderten Vegetationsphase von *Zostera marina* L. in der südlichen Ostsee, im Vergleich zur nördlichen Ostsee, auszugehen (Clausen et al. 2014, S. 81). Der Einfluss der Wassertemperatur zeigt sich besonders bei extrem kalten oder extrem warmen Wassertemperaturen. Niedrige Wassertemperaturen um ca. 5 °C reduzieren sowohl die Photosyntheserate um 75% als auch die Wachstumsrate der Blätter um bis zu 80%, wobei die Mortalitätsrate dabei nicht beeinflusst wird (Nekrup und Pedersen 2008, S. 239). Abgesehen von der Lichtverfügbarkeit, sind die Nährstoffverfügbarkeit und der Salzgehalt limitierende Faktoren für die Produktivität und Struktur von Seegrasbeständen (Boström et al. 2014, S. 424).

Temperatur- wie Nährstoffparameter wirken bei der Entwicklung und Verbreitung von Seegraswiesen in der Ostsee in komplexer Weise zusammen. Inwieweit der Klimawandel positive oder negative Auswirkungen auf das Seegrasaufkommen an den Ostseestränden hat bzw. haben kann, wird derzeit noch erforscht.

Der Anwurf von mariner Biomasse hat naturgemäß in der supralitoral Zone (=Strand) an der südwestlichen Ostsee eine große ökologische Bedeutung. Das Material stellt zum einen eine der wenigen Nährstoffquellen in einem nährstoffarmen System dar und sorgt so für eine höhere Diversität der Pflanzen im Vordünenbereich. Zum anderen dient es auch als Habitat und Nahrungsquelle von Tieren, wie z.B. Vögel oder Invertebraten (O'Brien et al. 2017, S. 14ff; Del Vecchio et al. 2017, S. 30; Heerhartz et al. 2014, S. 1256; Dugan et al. 2003, S. 25).

Zudem haben angespülte Makroalgen und Seegras die positive Eigenschaft, den äolischen Sedimenttransport zu beeinflussen, indem Strandsand stabilisiert wird und so die Grundlage für neue Vordünen gebildet werden kann (Nordstrom et al. 2011). Außerdem kann Strandanwurf die auflaufende Wellenenergie abpuffern und somit eine seegangsbedingte Stranderosion vermindern (siehe Beiträge von K. Ahrendt sowie M. Packschies in diesem Heft).

Das Ökosystem Ostsee unterliegt als fragiles, teileingeschlossenes Brackwassersystem stark den anthropogen induzierten Veränderungen wie der Eutrophierung, dem Anstieg von Meerestemperaturen und des Meeresspiegels, welche ebenfalls große Auswirkungen auf Seegraswiesen haben. Durch solche Rückkopplungen könnten zukünftig größere Veränderungen in der Zusammensetzung und der Menge des Strandanwurfes im Jahresverlauf hervorgerufen werden (INNOVA 2019).

2 Treibsel als Thema und als Problem

2.1 Vom Klimabündnis Kieler Bucht (KBKB) bis POSIMA

Die Tatsache, dass sich der Klimawandel auch im Ostseeraum bemerkbar macht, hat für die Nutzung der Küstenzone in Schleswig-Holstein spürbare Konsequenzen, überwiegend negative. Als Beispiele hierfür gelten der Meeresspiegelanstieg sowie eine Zunahme extremer Sturmereignisse und deren schädliche Auswirkungen auf den Tourismus. Namentlich Küsten- und Stranderosion sowie Treibselanfall werden weiter fortschreiten, was verstärkte Investitionen in Küstenschutz und Strandmanagement bedeutet. Um rechtzeitig und angemessen zu reagieren und gemeinsam Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel entwickeln zu können, wurde 2010 das Klimabündnis Kieler Bucht ins Leben gerufen. Das Projekt wurde zunächst vom BMBF im Rahmen des Verbundprojekts KLIMZUG-RADOST finanziert und später (2013-2016) vom Bundesumweltministerium als Leuchtturmprojekt im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie gefördert (Sterr & Enderwitz 2016). Das Klimabündnis Kieler Bucht wurde zu einer Interessensgemeinschaft von ca. 25 Ostsee-Gemeinden (einschl. der Stadt Kiel) sowie wissenschaftlichen, touristischen und gesellschaftlichen Einrichtungen mit dem Ziel, gemeinsam Klimaanpassungsmaßnahmen zu planen und umzusetzen. Dabei standen einerseits die Minderung von Klimarisiken im Fokus, andererseits aber auch die Nutzung neu entstehender Chancen (Enderwitz et al. 2014). Die Schwerpunkte von KBKB lagen in den Fragen zu Anpassungsprozessen im Küstenschutz und im Strandmanagement. Aus diesen Fragen und dem damit verbundenen Diskurs hat sich unmittelbar das Projekt POSIMA entwickelt (Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein: Initiierung einer Wertschöpfungskette Treibsel als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel).

Ein wichtiger Weg für die Küstengemeinden, sich mit dem Klimawandel auseinanderzusetzen und ihre Anpassungskompetenzen zu steigern, führt daher über ein optimiertes Treibsel-Management (Verbleiben, Entsorgen und/oder Verwerten), das Aspekte des Küstenschutzes mit einschließt (Mossbauer et al., 2012). An touristisch intensiv genutzten Stränden ist das Material unerwünscht und wird regelmäßig mit erheblichem Kosteneinsatz entsorgt. Dabei haben die Aktivitäten des KBKB in den letzten Jahren aufgezeigt, dass Treibsel als wertvolle biologische Ressource (Seegras, Tang, Algen) vielfältige Verwertungsmöglichkeiten eröffnet. Das POSIMA Vorhaben verfolgte daher das Ziel, eine Wertschöpfungskette für Treibsel zu initiieren und so naturbasierte Klimaanpassung inkl. Küstenschutz entlang der Ostseeküste Schleswig-Holsteins zu fördern (Hoppe et al. 2016). Das Projekt fokussierte zum einen auf die unterschiedlichen Zielgruppen, die mit Treibsel auf der Entsorgungs- &

Verwertungsschiene befasst sind, zum anderen auf die diversen Nutzungsmöglichkeiten und Produkte, die auf der Basis von Treibsel denkbar sind (Burkhard et al. 2009; EEA 2015). POSIMA hatte sich zum Ziel gesetzt, dass Gemeinden, Tourismusmanager, Küstenschützer, Strandbesucher, lokale Unternehmen und die Region als Ganzes von einer intelligenten Wertschöpfungskette profitieren und zwischen Treibsel-Entsorgung und -Verwertung vielfältige Win-win-Effekte generiert werden (Enderwitz et al. 2014; Beiträge von S. Warmke und U. Zinser in diesem Heft). Aufgrund der zahlreichen Vorarbeiten von KBKB ist bereits ein Netzwerk von „Treibselakteuren“ in der Kieler Region entstanden. Im POSIMA-Projekt wurden für die gesamte Ostseeküste Schleswig-Holsteins die zielgruppenspezifischen Nutzerinteressen und –kompetenzen zusammengeführt. POSIMA hat aufgezeigt, dass küstenspezifische Klimaanpassung mittels Produkten wie Treibseldünen, neue Baustoffe, Düngemittel oder naturbasierter Rohstoffe für Blue Growth (nachhaltiges Wachstum in allen marinen und maritimen Wirtschaftszweigen) ökonomisch und ökologisch sinnvoll und machbar sind. Treibsel ist eine weltweit an Küsten verfügbare Ressource, so dass POSIMA auch überregional Beachtung findet (Liquette et al. 2015).

2.2 Treibsel als kommunale Herausforderung

Viele Küstengemeinden der Ostsee sind wirtschaftlich zu einem großen Teil auf den Tourismus angewiesen, weshalb sich hier schnell Reibungspunkte ergeben (Schumacher und Stybel 2009, S. 30). Durch die zunehmende Klimaerwärmung wird es zudem in naher Zukunft, in Abhängigkeit verschiedener Szenarien, zu einem Anstieg von 25-35% des innerdeutschen Tourismus kommen (Hamilton und Tol 2007, S. 164). Dementsprechend wird auch ein deutlicher Anstieg des Ostseetourismus und der Frequentierung der Strände erwartet.

Aufgrund des optischen Eindrucks halten viele Strandbesucher Treibsel für unangenehm oder unhygienischen Abfall. Dieser Eindruck kann verstärkt werden, wenn im Treibsel vorhandene Algen und tierische Reste wie Muscheln bei warmen Temperaturen länger am Strand verbleiben und unangenehm zu riechen beginnen. Im Rahmen eines Projekts im Exzellenzcluster Ozean der Zukunft untersuchte ein GEOMAR Forschungsteam die Wahrnehmung des Geruchs bzw. die Akzeptanz von Treibsel auf Seiten der Touristen. Das wichtigste Ergebnis daraus war, dass die Anteile von Algen, insbesondere der opportunistischen Algenarten (z.B. Grünalgen), maßgeblich für die Intensität des Treibselgeruchs verantwortlich sind (Weinberger 2014).

Kommunen mit intensiv genutzten Badestränden erleben die stetig zunehmende Menge von Strandanwurf als Herausforderung (Mossbauer 2012). Die im Kontext des Globaltourismus entwickelte Vorliebe für paradiesisch weiße Strände macht sich in einer gesteigerten Erwartungshaltung der Badegäste bemerkbar (Schmücker 2010). Für viele Ostseegemeinden ist Tourismus jedoch der elementare Wirtschaftsfaktor und „saubere“ Strände werden von den Touristikern als Grundlage für die lokale Attraktivität angesehen (FUR 2018). Aus diesem Grund werden (intensiv) genutzte Kurstrände regelmäßig vom Treibsel gereinigt und die Biomasse entsorgt. Die Strandreinigung ist allerdings für viele Küstengemeinden inzwischen zu einem erheblichen Kostenfaktor geworden und die Entsorgung des Treibsel zu einem Problem (Jensen 2017). Dieses manifestiert sich z.B. folgendermaßen:

- die zur Erholung verfügbare Strandfläche wird durch Treibselbedeckung verringert, zusätzlich zu verschärften Erosionsprozessen;
- das Badeerlebnis wird durch Geruchsbelästigung beeinträchtigt;
- Treibsel behindert den Weg zum Wasser;
- Treibsel ist im ausgetrockneten Zustand am Strand hart und unangenehm für die Füße;
- Treibsel ist mit Sandflöhen und anderen Kleinlebewesen besiedelt, die Strandgäste belästigen.

Aus diesen Gründen sehen sich die Gemeinden veranlasst, die Strände regelmäßig von Treibsel zu reinigen, was wiederum mit verschiedenen Nachteilen und Problemen verknüpft ist:

- die Räumung ist kostenintensiv;
- die Entsorgung des vom Strand entfernten Treibsel gestaltet sich schwierig auf Grund unklarer rechtlicher Rahmenbedingungen (Landesabfallwirtschaftsgesetz SH/ Kreislaufwirtschaftsgesetz);
- unzureichende bzw. unkoordinierte Verwertungsnachfrage;
- fehlende Zwischenlagerstätten;
- Erfüllung von Umweltauflagen;
- die Treibselaufnahme stellt eine massive mechanische Beanspruchung der Strandflächen dar, was zu weiteren Sandverlusten und Zerstörung von Habitaten führt (40%-70% der aufgenommenen Treibselmenge bestehen aus Sand);
- ohne Treibsel als natürlichen Erosionsschutz sind die Strände einem stärkeren Abtrag ausgesetzt.

Insbesondere Unsicherheiten bei der Interpretation der rechtlichen Rahmenbedingungen verkomplizieren nach der Strandreinigung die Treibselverarbeitung und treiben die Kosten der Gemeinden in die Höhe.

Während der Saison wird an Kurstränden in vielen Gemeinden Treibsel beinahe täglich abgefahren. Es entstehen Kosten zwischen 14 und 80 Euro pro Kubikmeter für Räumung und Entsorgung (Jensen 2017). Während die Räumung z.T. von gemeindeeigenen Bauhöfen ausgeführt wird, entsteht ein Großteil der Kosten bei der Entsorgung. Die von der Landesregierung bevorzugte Entsorgung ist die Kompostierung in entsprechenden Entsorgungsbetrieben (persönliche Mitteilung Regina Kleinhans, MELUND 2018). Hierzu ist die Nutzung eines Zwischenlagers hilfreich (Abb. 2), in dem die Biomasse vor der Kompostierung gesiebt werden kann, um den für viele Gemeinden wertvollen Sand zurück zum Strand zu bringen. Regenwasser kann hier überschüssiges Salz entfernen, die Feuchtigkeit trocknet ab und austretende Sickersäfte werden aufgefangen.



Abb. 2: Kommunales Treibsel-Zwischenlager der Gemeinde Scharbeutz auf einer Silageplatte (Foto: Kai Ahrendt)

Neben den damit verbundenen Kosten ist die Kompostierung auf Grund der Düngemittelnovelle vom 1. Juli 2017 jedoch mit Schwierigkeiten behaftet. Landwirte sind nach der Düngemittelreform zur Bilanzierung eingebrachter Stoffe auf dem Acker verpflichtet und meiden daher nicht exakt erfassbare

Stoffe im Biokompost zugunsten von industriell erzeugtem Dünger. Die gleiche Problematik greift bei der Einbringung von unbehandeltem Treibsel auf dem Acker durch nahegelegene landwirtschaftliche Betriebe. Ein Rückstau auf den gemeindeeigenen, speziell ausgerüsteten Zwischenlagern ist die Folge, soweit diese überhaupt vorhanden sind. Ökonomischer Handlungsdruck in Verbindung mit einer wachsenden Nachfrage nach ökologischen Rohstoffen machen nun die Suche nach sinnvollen Verwertungswegen notwendig (vgl. Beiträge von S. Warmke und U. Zinser in diesem Heft).

Im Rahmen des Projekts POSIMA galt es, die ökonomischen Potenziale von Treibsel zu fördern und, wo möglich, zur Risikoversorgung einzusetzen. Darüber hinaus hat POSIMA beispielgebende Impulse zur Nutzung alternativer Rohstoffe für unterschiedliche Produkte gegeben (WARMKE 2019). Das übergeordnete Ziel des kommunalen Leuchtturmvorhabens bestand jedoch darin, eine Allianz aus Kommunen, Verwaltung, Politik und Wirtschaft zur Förderung von Lösungen zu naturbasierter Klimaanpassung (EEA, 2015) zu bilden.

2.3 Studentische Arbeiten zum Thema Treibsel

Die Leitung und Durchführung der Projekte Klimabündnis Kieler Bucht und POSIMA war im Geographischen Institut der Universität Kiel, in der Arbeitsgruppe Küstengeographie, angesiedelt. Aufgrund dieser Konstellation konnten über einen mehrjährigen Zeitraum hinweg Studierende der Geographie in die Projektarbeiten eingebunden werden. Auf diesem Wege wurde auch eine Reihe von Abschlussarbeiten – sowohl Bachelor -als auch Masterarbeiten – vergeben, die sich mit Fragen zum Thema Treibsel- und Strandmanagement beschäftigten. Diese Abschlussarbeiten haben einzeln und in der Summe ganz wesentliche Erkenntnisse zum Wissen um Treibsel beigetragen und stellen so eine wichtige Ergänzung der eigentlichen Projektarbeiten dar. Insgesamt wurden folgende acht Abschlussarbeiten verfasst, hier chronologisch gelistet nach Abgabedatum:

1. Svenja Kühnle, Bachelorarbeit, Oktober 2011: „Die Treibselproblematik an der Ostküste Schleswig-Holstein“
2. Sinja Dittmann, Bachelorarbeit, März 2015. „Möglichkeiten zur Steigerung von Akzeptanz von Treibsel an Ostseegemeinden“.
3. Kai Jensen, Masterarbeit, Oktober 2017: Treibselanfall an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste: „Entstehung und Probleme im Zeichen des Klimawandels“.
4. Birger Machnicki, Masterarbeit, Mai 2018: „Analyse von Treibseldünen zu Küstenschutz Zwecken“.
5. Ole Jonassen, Bachelorarbeit, Juni 2018: „Standort-differenzierte Analyse des Strandanwurfs in der Kieler Bucht“
6. Regina Rollhäuser, Masterarbeit, März 2019: „Stoffliche Zusammensetzung von Treibsel“ (siehe Beitrag Rollhäuser in diesem Heft).
7. Sinja Dittmann, Masterarbeit, Mai 2019: „Kunststoffmüll im Strandanwurf - Entwicklung eines Separationsverfahrens zur Bestimmung des Mikroplastikanteils im Ostseetreibsel“ (siehe Beitrag S. Dittmann in diesem Heft).
8. Sam Warmke, Masterarbeit Juli 2019: „Die Verwertung des Treibsel vom Ostseestrand: Die Erforschung der Potentiale verschiedener Nutzungsformen“ (siehe Beitrag Warmke in diesem Heft)

Die Liste der Themen der o.g. Abschlussarbeiten lässt erkennen, welche vielfältigen Fragestellungen und Ansätze zur Problemlösung mit dem Komplex Treibsel und Strandanwurf verknüpft werden können bzw. müssen. Diese thematische Vielfalt führte letztlich auch zur Idee, den vorliegenden Band der Coastline Reports Reihe dem Themenkomplex Treibsel zu widmen.

3 Treibsel als Ressource: Nutzungspotentiale und –optionen

Im Lichte moderner Möglichkeiten von Energieeinsparung und Ressourcen-Recycling gewinnt in den letzten Jahren auch die Wiederentdeckung der Nutzungspotentiale der Bioressource Treibsel verstärkt an Bedeutung. Traditionell kamen Seegras und Algen vom Strand über Jahrhunderte in Europa als wertvolle Rohstoffe zum Einsatz, etwa als Dämmstoff beim Hausbau, als Füllung für Kissen und Matratzen oder als Dünger(ersatz) in der Landwirtschaft. Dazu hat Seegras als Baumaterial im Landschaftsbau und Küstenschutz in Skandinavien eine lange Tradition, besonders in Gegenden, in denen anderes Baumaterial wie Holz oder Steine besonders rar sind. Sogenannte „tangdige“ oder „tangwaller“, oft Hunderte von Jahren alt, finden sich in gut erhaltenem Zustand an vielen Orten in Dänemark und in der Region von Malmö (siehe Beitrag M. Packschies ab Seite 13).

Der Nutzen von Treibsel als Strandmaterial kann in zwei verschiedene Richtungen betrachtet werden: wenn das Pflanzenmaterial am Strand verbleibt, übt es mechanisch eine schützende und stabilisierende Wirkung auf die Strandsedimente aus; biologisch trägt es zur Verbesserung der Biodiversität und ökologischen Qualität der Strände bei. Dieser Nutzen kommt aber besonders an Naturstränden zum Tragen, wo eine intensive touristische Strandnutzung nicht vorgesehen ist (siehe Beitrag Ahrendt in diesem Heft). Nichtsdestotrotz ist mittel- bis langfristig eine Aufklärung der Strandbesucher zur ökologischen Bedeutung des Strandanwurfmaterials vonnöten (Abb. 3 oben).

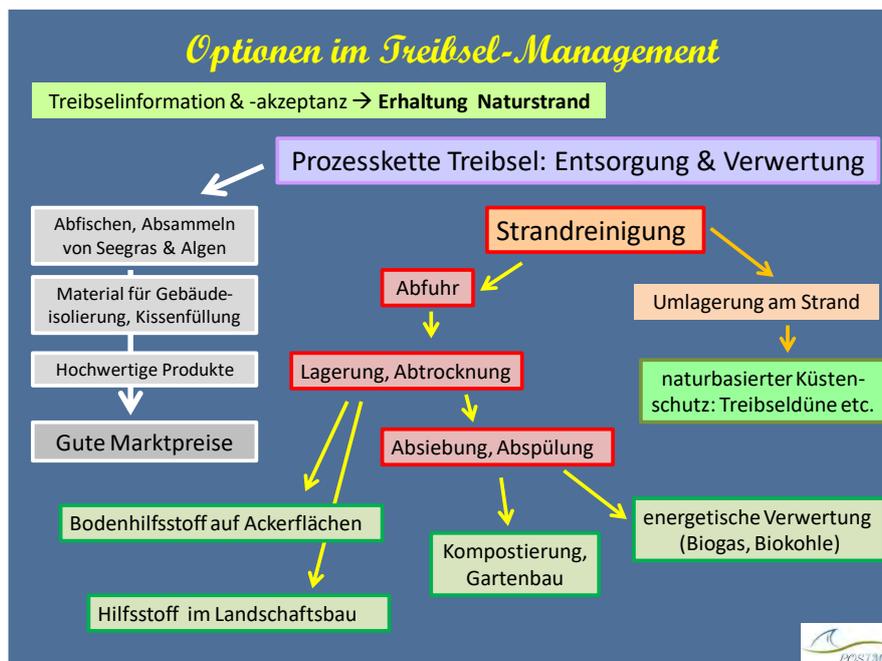


Abb. 3: Handlungsoptionen und Arbeitsschritte beim Treibsel-Management (Eigene Grafik)

Werden Strände dagegen von Treibsel gereinigt, ist dies meist der Beginn einer Prozesskette zur Verwertung bzw. Entsorgung des Pflanzenmaterials. Besonders zum Zweck einer höherwertigen Nutzung besteht außerdem die Möglichkeit, Seegras und/oder Algen direkt aus dem Flachwasserbereich abzufischen und so die Verunreinigung des Treibsel mit Strandsand zu vermeiden. Das Abfischen von Seegras wird bislang vor allem in Dänemark (Insel Moen und Umgebung) praktiziert, weil dort die litoralen Gegebenheiten günstiger sind als in Deutschland. Dort gibt es z.B. kleine Abbruchkanten ohne Sandstrand, wo das Seegras relativ einfach mit Greifern aus dem flachen Wasser geborgen werden kann. In Rundballen gepresst, gelangt dieses recht saubere Seegras von Dänemark nach Deutschland in den Handel und wird überwiegend als Dämmstoff für die Gebäudedämmung eingesetzt. (Hartje o.J.).

Verdeutlicht wird dies in Abbildung 3, dass je nach der Herkunft und damit auch nach der Qualität des Materials das Treibsel sinnvolle bis ökonomisch attraktive Verwertungsoptionen bieten kann. Der Verwertung bzw. dem ökonomischen Nutzen stehen allerdings Energie- und Arbeitsaufwand sowie Kosten für die Bearbeitung und Behandlung des Materials gegenüber. Bisher stehen die Akteursgruppen, die einen Großteil der Kosten, etwa bei der Strandreinigung, tragen (Kommunen, Tourismusorganisationen) noch separat neben den Akteuren, welche mit Treibselprodukten Gewinne erwirtschaften können. Ein Ziel der Treibselforschung ist es jedoch, Kosten wie Nutzen der Treibselverwertung und deren Akteure in einer Wertschöpfungskette zu vernetzen (siehe Beitrag Warmke in diesem Heft).

Die am wenigsten aufwändige Form der Treibselnutzung kommt beim Einsatz des Strandmaterials für Küstenschutz Zwecke zum Tragen. Wenn Treibsel weder vom Strand abtransportiert noch irgendwie behandelt werden muss, wie das zum Beispiel beim Bau von Treibseldünen, also eine künstliche Düne mit Treibselkern, möglich ist, dann ergeben sich besonders hohe Win-win-Effekte (Abb. 3). Der Beitrag von M. Packschies in diesem Heft beleuchtet das Konzept der Treibseldünen vor dem Hintergrund heutiger und historischer Rahmenbedingungen.

4 Treibsel im Licht der Umweltforschung: Ecosystem services

Ohne Ökosystemleistungen wäre menschliches Leben auf der Erde nicht möglich. Der Begriff *Ökosystemleistung* oder *ökosystemare Leistung* (engl. *ecosystem service*, abgekürzt *ESS* oder *ES*) bezeichnet die „Nutzenstiftungen“ bzw. „Vorteile“ (engl. *benefits*), die Menschen von Ökosystemen beziehen (Wikipedia 2019). Der Begriff ist seit Beginn dieses Jahrtausends zu einem Schlüsselkonzept an der Schnittstelle von natur- und sozialwissenschaftlicher Umweltforschung geworden. Nach dem Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005) lassen sich Ökosystemleistungen in vier Kategorien einteilen:

- **Unterstützende Leistungen** (ecosystem integrity)
 - ökosystemare Leistungen durch Prozesse wie Bodenbildung, Nährstoffkreislauf und Erhaltung der genetischen Vielfalt
- **Bereitstellende Leistungen** (provisioning services)
 - Bereitstellung von Nahrung, Wasser, Baumaterial (Holz), Fasern, Rohstoffen für Arzneimittel
- **Regulierende Leistungen** (regulating services)
 - Regulierung von Klimabedingungen, Abfluss von Oberflächenwasser, Populationsgrößen von Schadorganismen, Wasserqualität, Schadstoffkonzentrationen (Abfallbeseitigung), Bestäubung
- **Kulturelle Leistungen** (cultural services)
 - ökosystemare Leistungen, die Erholung, Naturtourismus, ästhetischen Genuss und spirituelle Erfüllung fördern

Die Forderung nach einer integrativen und interdisziplinären Umweltbewertung im Rahmen des nachhaltigen Landschaftsmanagements führte im vergangenen Jahrzehnt weltweit zur Entwicklung von Bewertungsansätzen für ecosystem services (Burkhard et al. 2009; Gissi et al. 2015). An der Universität Kiel hat sich in den letzten Jahren ein Schwerpunkt der ES-Forschung etabliert. In diesem Kontext wurden auch Küstenökosysteme hinsichtlich ihres ökologischen Nutzens betrachtet, auch das System Strand-Treibsel wurde in die Kieler Forschungen mit einbezogen (Bicking & Müller, 2019) (Abb. 4).

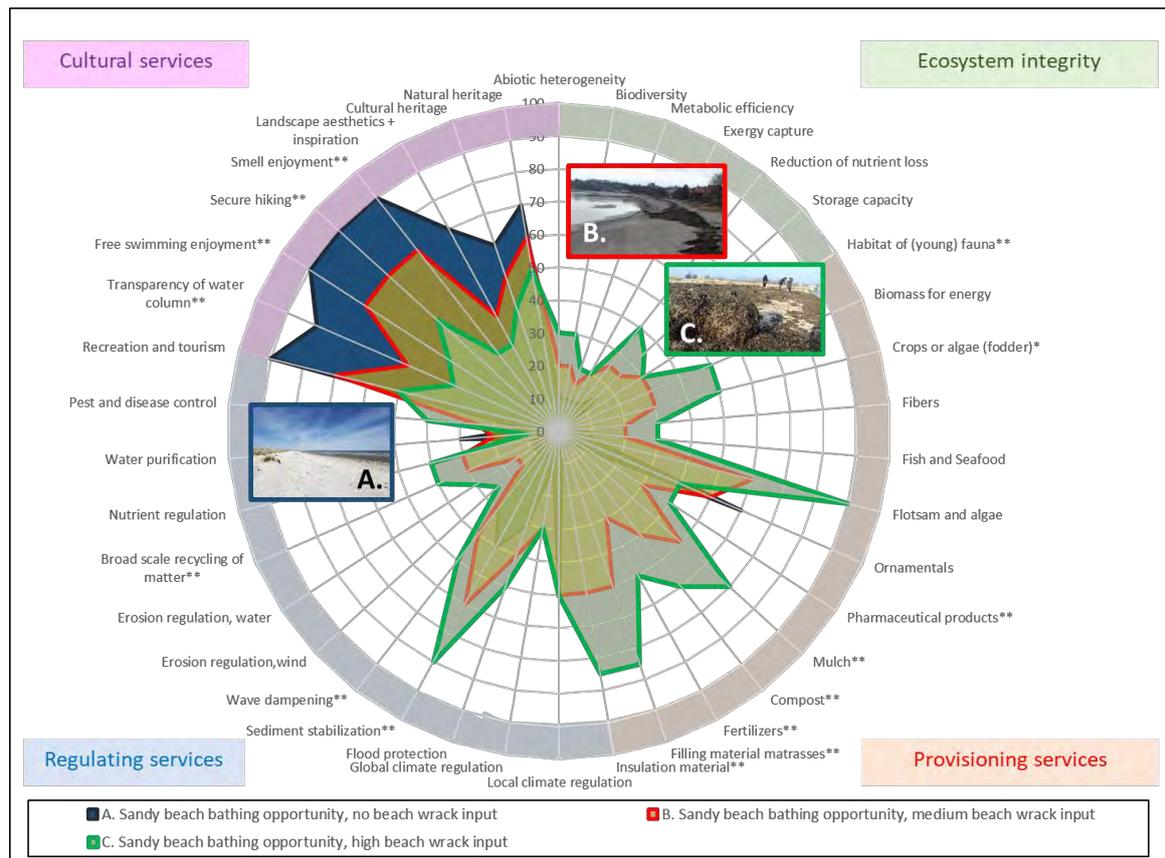


Abb. 4: Das „Spider Diagramm“ erlaubt die Zuordnung der Werte eines Ökosystems zu den vier ecosystem service Gruppen, nämlich (1) ecosystem integrity; (2) provisioning services; (3) regulating services und (4) cultural services. Dieser Experten-basierte Bewertungsansatz basiert auf einer zur Bewertung entwickelten Ökosystemleistungsmatrix und erlaubt Einordnung und Vergleich von Ökosystemtypen miteinander. Für die ES-Abschätzung von Treibsel werden in der Arbeit von Bicking & Müller (2019) drei Varianten von Treibselaufkommen miteinander verglichen. Die Varianten charakterisieren (A) einen Badestrand ohne Treibselanlandung, (B), Strand mit mittlerem und (C) Strand mit hohem Treibselaufkommen.

Wie zu erwarten, weist Strandtyp A (blau) seine ES-Schwerpunkte bei den **cultural services** auf: smell enjoyment – secure hiking – free swimming enjoyment – transparency of water column – recreation and tourism. Diese services sind auch beim Typ B (rot) noch ausgeprägt, jedoch können hier eine Reihe von **provisioning services** (z.B. filling material, insulation material) sowie **regulating services** (z.B. sediment stabilization) identifiziert werden. Typ C (grün) schließlich zeigt seine Leistungsschwerpunkte breit gestreut in fast allen Typen des ecosystem services Spider Diagramms. Die vergleichende Darstellung zeigt die ökosystemare Gesamtbedeutung von Treibsel und unterstreicht, dass Seegras und Algen am Strand über die in Abschnitt 3 erörterten Nutzungsoptionen hinaus umfassende Beachtung geschenkt werden sollte.

5 Fazit und Ausblick

Treibsel am Strand ist ein Naturphänomen, das Küstenbewohnern wie Badegästen schon immer bekannt war. Im Zeitalter der omnipräsenten Verbreitung von Informationen über vielfältige Medienkanäle verschärfen sich jedoch Tempo und Reaktion bei der Wahrnehmung des Strandanwurfs. Dies zeigen nicht nur die häufigen Berichte dazu in den lokalen Medien an den deutschen Küsten, sondern vermehrt auch Nachrichten über „durch Pflanzen verschmutzte Strände“ aus dem Mittelmeer, der Karibik und von anderen Küstengebieten. Berichte aus Mexiko über die Anspülungen großer Mengen von Sargasso-

Algen im Juni und Juli 2019 sind verknüpft mit den ernsthaften Sorgen der dortigen Tourismuswirtschaft, wegen der Algenanspülungen ernsthafte Einnahmeeinbußen erleiden zu müssen.

Auch hierzulande steht das Thema Strandqualität und Treibsel für die meisten Ostseegemeinden in Schleswig-Holstein seit Jahren ganz oben auf der Sorgenliste und im Nachbarland Mecklenburg-Vorpommern stellt sich die Situation nahezu identisch dar. Dabei spielt für das kommunale Strandmanagement zunehmend die Frage nach den längerfristigen Auswirkungen des Klimawandels eine wichtige Rolle. Werden die Anspülungsmengen von Seegrass bzw. Treibsel als Folge des Klimawandels zunehmen? Wie wirken sich wärmere Wassertemperaturen und ggfs. häufigere Sturmfluten auf das Treibselaufkommen und die Stabilität der Sandstrände aus? (INNOVA 2019). Zwei mittlere Sturmfluten (bis 1,75 m ü. NN), die im Januar 2019 binnen einer Woche auf die schleswig-holsteinische Ostseeküste trafen, führten an vielen Stellen zu Stranderosion und teilweise auch zu massiver Treibselanlandung. Für die Entscheidungsträger vor Ort gilt es daher, kostengünstige und nachhaltige Lösungen für die drängenden Probleme zu finden, denn attraktive Strände sind ein wesentlicher ökonomischer Faktor beim Werben um die Gunst von Badegästen. Das Projekt POSIMA (Laufzeit vom Dezember 2016 bis November 2019) hat sich intensiv den Problemen und Problemlösungen rund um Treibsel und Seegrass gewidmet und legt in dieser Publikation eine Zusammenschau der damit verknüpften Arbeiten und Erkenntnisse vor.

Die Herausgeber und Autoren dieses Heftes möchten damit Information, Bewusstsein und Verständnis rund um das Thema Treibsel erweitern. Unser Wunsch wäre, dass die Potentiale von Seegrass / Treibsel in der Öffentlichkeit wieder zunehmend erkannt und die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten dieser Ressource künftig verstärkt wahrgenommen werden.

Literatur

- Archabald, K. & L. Naughton-Treves (2001): Tourism revenue-sharing around national parks in Western Uganda: early efforts to identify and reward local communities. In: *Environmental Conservation* 28(2) (135–49).
- Blumensaat, F., J. Tränckner, G. Bönisch, T. Koegst & P. Krebs (2006): Assessment of integrated management options: Deficit analysis. Dissemination platform for the EU project CD4WC. (<http://isi.tu-dresden.de/twiki/bin/view/CD4WC/WebHome>, April 21st 2007). (on-line source)
- Bicking, S. & F. Müller. (2019): Die “Matrix” – ein Werkzeug zur Bewertung von Ökosystemleistungen. *Rostock. Meeresbiol. Beitr.* 29 (37-45)
- Bobsien, I. (2014): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und das Gewöhnliche Seegrass (*Zostera marina*) in der Ostsee. RADOST-Berichtsreihe 24.
- Boström, C., S. Baden, A. C. Bockelmann, K. Dromph, S. Frederiksen, C. Gustafsson, D. Krause-Jensen, T. Möller, S. L. Nielsen, B. Olsen, J. Olsen, L. Pihl & E. Rinde (2014): Distribution, structure and function of Nordic eelgrass (*Zostera marina*) ecosystems: implications for coastal management and conservation. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 24(3), (410-434).
- Burkhard, B., F. Kroll, F. Müller & W. Windhorst (2009): Landscapes’ Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. In: *Landscape Online* 15 (1-22).
- Clausen, K. K., D. Krause-Jensen, B. Olsen & N. Marba (2014): Seasonality of eelgrass biomass across gradients in temperature and latitude. *Marine Ecology Progress Series*, 506, (71-85).
- Del Vecchio, S., T. Jucker, M. Carboni, & A.T.R. Acosta (2017): Linking plant communities on land and at sea: The effects of *Posidonia oceanica* wrack on the structure of dune vegetation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 184 (30-36).
- Duarte, C. M. (1991): Seagrass depth limits. *Aquatic botany*, 40(4) (363-377).
- Dugan, J. E., D. M. H. M. McCrary & M. Pierson (2003): The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Est. Coastal Shelf Sci.* 58 (133-148).
- EEA (2015): Exploring nature-based solutions. Tec. Rep. 12.
- Enderwitz, S., Haller, I. & Sterr, H. (2014): Regional networking towards an unknown future - the example of Kiel Bay Alliance. Adaptation to climate change in coastal tourism. In: Martinez, G., P. Fröhle, & H.-J. Meier: *Social Dimensions of Climate Change Adaptation in Coastal Regions*.

- FUR e.V. (2018) Reiseanalyse 2018: Kurzfassung der Ergebnisse: Struktur und Entwicklung der Nachfrage des deutschen Urlaubsreisemarktes
- GISSI, E.; BURKHARD, B. & P. VERBURG (2015): Ecosystem Services: Building Informed Policies to orient Landscape Dynamics. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(3), p. 185-189
- Hamilton, J. M. & R. S. J. Tol (2007): The Impact of Climate Change on Tourism in Germany, the UK and Ireland: A Simulation Study, *Regional Environmental Change* 7(3) (161-172).
- Hartje, J. (o.J.): Ökologisch dämmen mit Seegras aus der Ostsee. Flyer der Firma Seegrashandel
- Heerhartz, S. M., M. N. Dethier, J. D. Toft, J. R. Cordell & A. S. Ogston (2014): Effects of Shoreline Armoring on Beach Wrack Subsidies to the Nearshore Ecotone in an Estuarine Fjord. *Estuaries and Coasts* 37 (1256–1268).
- Hoppe, W., Enderwitz, S., Sterr, H. & Ahrendt, K. (2016): Projektantrag Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein: Initiierung einer Wertschöpfungskette Treibsel als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel (POSIMA) im Rahmen der deutschen Anpassungsstrategie
- INNOVA (2019): Diskussionsergebnisse des Projektes INNOVA (Innovation in Climate Services Provision im Eckernförde Workshop, 12.-14.06.2019 (unveröf.).
- Jensen, K. (2017): Treibselanfall an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste: Entstehung und Probleme im Zeichen des Klimawandels. Masterarbeit (unveröf.).
- Jonasson, O. (2017): *Zostera marina* im Strandanwurf – Standortdifferenzierte Analyse in der Kieler Bucht, Bachelorarbeit, (unveröf.).
- Klotz, S., I. Kühn & W. Durka (Hrsg.) (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38, Bonn.
- Liquete, L., G. Zulian, I. Delgado, A. Stips & J. Maes (2015): Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. *Ecological Indicators* 30 (205–217).
- MA (2005): Ecosystems and human well-being. Millenium ecosystem assessment.
- Mossbauer, M., I. Haller, S. Dahlke & G. Schernewski (2012): Management of stranded eelgrass and macroalgae along the German Baltic coastline. *Ocean & Coastal Management* 57 (1-9).
- Nejrup, L. B. & M. F. Pedersen (2008): Effects of salinity and water temperature on the ecological performance of *Zostera marina*. *Aquatic Botany*, 88(3) (239-246).
- Nicholls, R. J. & R. J. T. Klein (2005): Climate change and coastal management on Europe's coast. In: Vermaat, J. E., L. Bouwer, K. Turner & W. Salomons (eds.): *Managing European Coasts: Past, Present, and Future*. Springer, Berlin and Heidelberg, pp. 199–225. (book chapter)
- Nordstrom, K.F., N. L. Jackson, & K. H. Korotky (2011): Aeolian Sediment Transport Across Beach Wrack. *Journal of Coastal Research*, SI 59 (211-217).
- O'Brien, A. L., L. Morris & M. J. Keough (2017): Rapid invertebrate responses to macroalgal wrack: two novel field experiments on intertidal mudflats in Southern Australia, *marine ecology* 38 (1-17).
- Orr, M., M. Zimmer, D. E. Jelsinski & M. Mews (2005): Wrack deposition on different beach types: spatial and temporal variation in the pattern of subsidy. *Ecology*, 86(6) (1496-1507).
- POSIMA 2019: Projektflyer des Projekts POSIMA zur Information über Treibsel und seine Nutzungspotentiale (siehe www.posima.de)
- Sand-Jensen, K. (1975): Biomass, net production and growth dynamics in an eelgrass (*Zostera marina* L.) population in Vellerup Vig, Denmark. *Ophelia*, 14(1-2) (185-201).
- Schubert, P. R., W. Hukriede, R. Karez & T. B. Reusch (2015): Mapping and modeling eelgrass *Zostera marina* distribution in the western Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 522 (79-95).
- Schumacher, S. & N. Stybel (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf den Ostseetourismus – Beispiele internationaler und nationaler Anpassungsstrategien. *Coastline Reports* 13 (23-46).
- Sterr, H. & Enderwitz S. (2016): Abschlussbericht des Projekts Klimabündnis Kieler Bucht (www.Klimabuendnis-kieler-bucht.de)
- Weinberger, F., M. Hammann, M. Griem & D. Siedentopp (2014): Ostsee-Makroalgenblüten unveröf.).

Adresse

Prof. Dr. Horst Sterr
Dr. Kai Ahrendt
Sandra Enderwitz
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Geographisches Institut
Ludewig-Meyn-Str. 14
24118 Kiel

sterr@geographie.uni-kiel.de
ahrendt@geographie.uni-kiel.de
ahrendt@iczm.de
enderwitz@geographie.uni-kiel.de



Historische Seegraswälle in Dänemark und Schweden

Michael Packschies

Umweltamt Eckernförde

Abstract

Beach wrack, a mixture of eelgrass and macroalgae, is found along all coastlines in the western Baltic region. In former times - unlike today - this organic matter was often seen and treated as a welcome material for a variety of uses. In Denmark and southern Sweden, especially in regions where rocks and wood materials are scarce, eelgrass from the beaches was used to build dikes, dams and walls close to the Baltic Sea. Beginning in the early 18th century, these dams served mainly as protective structures against storm floods in low-lying coastal areas. Some of these old walls also served the purpose of gating and fencing grazing animals. Some of the structures, which are called “Tangdige” in Danish and “tangvalls” in Swedish, are still well preserved in their (nearly) original condition whereas others have been modified by landowners in more recent times in an effort to maintain some functional use, e.g. flood protection. Up until now, no systematic documentation of the old beach wrack structures exists and no scientific analyses and descriptions of these features are available. Thus, the author and the POSIMA project team undertook two excursions to Denmark and Sweden in order to find ancient Tangdige and Tangvalls and to provide descriptions and further knowledge about these features, as shown in this chapter.

1 Einleitung

An der Küste angespültes Seegras ist in früheren Jahrhunderten offenbar weniger als Problem denn als willkommener Rohstoff angesehen worden, insbesondere, wenn alternative Materialien nicht oder nur mit größerem Transportaufwand zur Verfügung standen. Viele Schutz- und Grenzwälle auf den dänischen Inseln, an der Küste Jyllands und im äußersten Süden der schwedischen Provinz Skåne, die meist rudimentär, teilweise aber auch recht gut erhalten sind, zeugen davon. In Dänemark lautet die Bezeichnung für einen Seegraswall „Tangdige“, in Schweden „Tangvall“. Bedauerlicherweise scheint es bislang keine systematische Dokumentation der noch vorhandenen Reste von Seegraswällen und auch keine wirklich zitierfähige Literatur dazu zu geben, weshalb sich dieser Beitrag im Wesentlichen auf durch eigene Vor-Ort-Untersuchungen abgesicherte und vertiefte Einzelhinweise aus Broschüren, Internetposts, Schriftstücken verschiedener Art und mündlichen Mitteilungen stützt. Topographische Karten und Luftbilder wurden systematisch auf mögliche Vorkommen von Seegraswällen hin ausgewertet und Verdachtsorte in situ überprüft.

Da Seegras in ungetrocknetem Zustand nicht über weite Strecken landeinwärts transportiert, sondern vorzugsweise im Nahbereich des Spülsaumes verwendet wurde, beschränken sich die Suchräume für Relikte von Seegraswällen auf Streifen von etwa einem Kilometer Breite entlang den heutigen und früheren Küstenlinien und in diesen wiederum auf die überflutungsgefährdeten Niederungsbereiche und die flacheren und exponierten Küstenabschnitte.

2 Exkursionen im Sommer 2018 und 2019 in Dänemark und Schweden

Im Zuge der in den Sommern 2018 und 2019 in Dänemark und Südschweden durchgeführten Feldforschungen ließen sich unterschiedliche Bauformen und Funktionen historischer Seegraswälle nachweisen. Im Folgenden sollen zwei generalisierte Grundtypen beschrieben werden, die tatsächlich

in zahlreichen verschiedenen Varianten und Mischformen heute noch aufzufinden sind. Handgefertigte Feldskizzen von Geländeschnitten sowie eigene Fotos veranschaulichen die Ausführungen.

Feldskizze A (Abb. 1) zeigt den Grundtyp des freistehenden Seegraswalles außerhalb des unmittelbaren Brandungsbereiches. Die Hochwasserschutzfunktion war hier nicht in jedem Fall vorrangig, denn zum Teil finden sich Wälle dieses Typs auch in etwas höher gelegenen Bereichen, die dieses Schutzes nicht unbedingt bedurften. Tatsächlich wurden hiermit auch Weideland-, Eigentums- und Gemeindegrenzen befestigt, möglicherweise aus Mangel an anderen Materialien wie Steinen oder Holz. Der Aufbau erfolgte in den meisten Fällen nicht aus reinem Seegras, sondern in Wechselschichtung mit Strandkies, Torf- oder Grassoden, je nachdem, was im Nahbereich zur Verfügung stand. Hierdurch sollte zum einen das abgelegte Seegras nach Austrocknung gegen das Verdriften durch Stürme gesichert werden, zum anderen wurde es dadurch komprimiert und setzte sich schneller. Manche Wälle dieses Typs wurden abschließend vollständig mit Grassoden abgedeckt. Der Aufbau von Seegraswällen zog sich wegen des Setzungseffektes in der Regel über mehrere Jahre hin, und auch später mussten immer wieder Ausbesserungen vorgenommen werden.

Dem Grundtyp aus Feldskizze 1 zuzuordnende Seegraswälle konnten im Zuge der Untersuchungen von 2018 und 2019 beispielsweise noch bei Falsterbo, Skanör und Ljunghusen in Skåne, in Ebeltoft/Jylland sowie auf den dänischen Inseln Møn, Nyord und Skarø nachgewiesen werden.



Abb. 1: Feldskizze A: freistehender Seegraswall, z. T mit Zwischenlagen aus Strandkies; Funktionen: Hochwasserschutz, Feldgrenze, Gemeindegrenze; Beispielorte Falsterbo, Skanör, Møn, Nyord, Skarø, Ebeltoft (Eigene Grafik)

Nach nicht belegten Angaben von Falsterbonäsets Naturvårdsförening (fnf) in einem Schreiben vom Oktober 2017 an die Kommune Vellinge sollen die Ursprünge der Seegraswälle von Falsterbo und Skanör bis zu 1000 Jahre zurückreichen und in den 1930er Jahren letztmalig in größerem Umfang restauriert worden sein. In einem Aufsatz im Mitteilungsblatt „på Ljungen“ vom Dezember 2015 des Kulturföreningen Calluna aus Höllviken/Schweden wird ohne Angabe der Quelle beschrieben, dass die Aufschichtung eines Seegraswalles in Skanör und Falsterbo sich in der Regel „über sieben, acht oder mehr Jahre hinzog, bis ein erwachsener Mann mit Mühe darüber hinweg schauen konnte“ (Melin, L. 2015, Übersetzung M. Packschies).

Die zum Teil noch gut erhaltenen Wälle von Skanör und Falsterbo sind als „Fornminne“ gesetzlich geschützt. Sie können gut auf dem parallel zum Strandbadsvägen verlaufenden Abschnitt und in der Wohnsiedlung südlich des Malmövägen betrachtet werden, wobei im letzteren Bereich der wechselnde Verlauf das Auffinden erschwert. Im Gegensatz dazu ist ein auf einer alten, undatierten Postkarte erkennbarer „Tangvall“ an der historischen Bockwindmühle von Skanör leider nicht mehr vorhanden. Auch die im Jahre 2019 vorgenommenen Sondierungen in den heute dort befindlichen Wällen ergaben keine Hinweise auf Seegraslagen mehr.

Ebenfalls gut erhaltene und seit 1957 unter Schutz stehende Seegraswallreste gibt es im östlich von Århus gelegenen Ort Ebeltoft auf dem Parkplatz vor der Fregatte „Jylland“ und entlang der Ostseite des Strandvejen. Zweck dieser im 18. Jahrhundert angelegten Wälle war offenbar der Schutz von Privatgrundstücken gegen Hochwasser in der Bucht von Ebeltoft.

Die Seegraswälle von Skanör, Falsterbo und Ebeltoft wurden und werden, ebenso wie der bei Ulvshale/Møn, in Teilbereichen restauriert, so dass an einigen Stellen durch den noch nicht so weit fortgeschrittenen Bewuchs der Aufbau gut erkennbar ist.

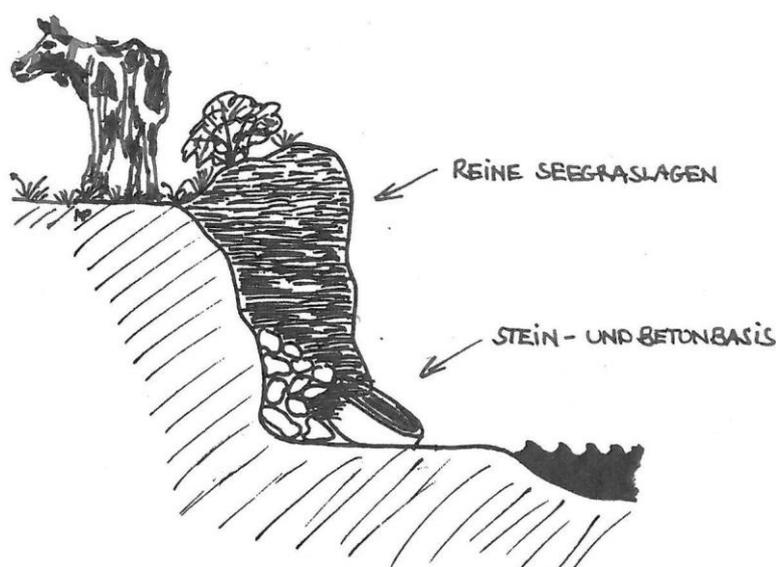


Abb. 2: Angelehnter Seegraswall an Abbruchküste, z.T. mit Feldsteinen, Beton, Bauschutt; Funktion: Hochwasserschutz im Brandungsbereich; Beispiellorte: Skarøe, Drejøe, Fyn (Eigene Grafik)

Feldskizze B (Abb. 2) zeigt den Grundtyp des zumeist angelehnten oder unterstützten Seegraswalles im unmittelbaren Brandungsbereich, der Schutz vor direkter, mechanischer Einwirkung des Wellenschlages schon bei mittlerem Wasserstand bieten soll. Da diese Wälle im Gegensatz zu denen des erstgenannten Typs zur Sicherung der dahinterliegenden Werte auch aktuell noch eine Bedeutung haben, sind einige von Ihnen bis in die jüngere Vergangenheit durch die Landeigentümer immer wieder ausgebessert und verstärkt worden, unterliegen aber in der Regel nicht dem Kulturdenkmalschutz. Dies führte dazu, dass das Seegras streckenweise außer mit Feldsteinen auch mit neuzeitlicheren Materialien wie Beton und Bauschutt, in Einzelfällen mit Treckerreifen, Fischernetzen oder Grabsteinen durchsetzt ist. In dieser Form verwendetes Seegras konnte durch die Felduntersuchungen 2018 und 2019 auf den dänischen Inseln Skarø, Drejø und Fyn nachgewiesen werden. Die jüngsten Ausbesserungen liegen hier offensichtlich erst wenige Jahre zurück. Auf Drejø fand sich darüber hinaus eine Variante des sogenannten Friesenwalls, bei dem Feldsteine mit Wechsellagen aus Grassoden aufgeschichtet werden. Hier wurden die Grassoden durch Seegrasslagen ersetzt.

Ein bemerkenswerter Sonderfall eines „Tangdige“ ist an der Südküste der Insel Fyn in Rantzausminde zu sehen. Am Küstenfischerplatz „Fiskop“ befindet sich ein kurzer, restaurierter Seegraswall, der landseitig in ein Reetdach übergeht und so einen nicht nur gegen Brandung, sondern auch gegen Regen geschützten Arbeitsplatz und Unterstand für Fischereigerät bildet.

Im Zuge der umfangreichen Recherche fanden sich Hinweise auf weitere Reste von Seegrassdeichen/-wällen in Dänemark. Diese könnten sich bei Dragør, zwischen Kopenhagen und Helsingør, auf Falster, sowie auf den kleineren Inseln Avernakø, Fejø, Femø, Askø, Hjortø und Birkholm befinden.

Der in Schriften als „Vierdige“ bezeichnete Seegraswall bei Dragør konnte im Rahmen der Bereisung 2019 wegen zu knapper Zeit nicht entdeckt werden, in den übrigen Fällen steht eine Überprüfung noch aus.

Nach den Erfahrungen aus den Felduntersuchungen von 2018 und 2019 ist es dabei lohnenswert, im Küstenbereich nach Linearstrukturen mit Bewuchs von Bocksdorn (*Lycium barbarum*), dessen Früchte auch als Goji-Beeren bekannt sind, Ausschau zu halten, da sich dieser Strauch offenbar gerne auf kompaktem Seegras ansiedelt und einige Wälle vollständig überdeckt, die sonst im Kontakt mit Wind und Wetter an der Oberfläche eine silbergraue „Patina“ bilden.

Nachdem das extreme Ostseehochwasser von 1872 alle zuvor durch Seegraswälle gut geschützten Gebiete überflutet und die Wälle selbst weitgehend zerstört hatte, ging man in Dänemark zu massiveren Deichbauwerken über, so dass heute die letzten Relikte von Seegraswällen nicht leicht zu finden sind. Einige von diesen haben aber außer dem kulturhistorischen Wert auch jetzt noch eine nicht zu unterschätzende Schutzwirkung, die zwar nicht für Höchstwasserstände, wohl aber für in kürzeren Intervallen wiederkehrende, mittlere Sturmflutereignisse ausreicht.

3 Fazit

Während an vielen Stränden der westlichen Ostsee heutzutage Seegras und Treibselanspülungen als störend für den Tourismus wahrgenommen werden und das Material meist entsorgt wird, wussten die Küstenanwohner in der Vergangenheit den Wert des Treibselmaterials zu schätzen. Seit dem frühen 18. Jahrhundert baute man vielerorts – in Ermangelung anderer Materialien – mit Seegras Dämme und Wälle, die vor allem dem Schutz von Niederungen vor Überflutungen dienten. Einige dieser Strukturen sind auch nach 200 bis 300 Jahren noch in gutem Zustand erhalten, vor allem auf den Inseln der dänischen Südsee und in Süd-Schweden. Die Besichtigung und Erforschung der Relikte der alten Seegrasdämme vermitteln die Erkenntnis, dass Schutzmaßnahmen mit Hilfe von Treibsel auch in Zeiten von Klimawandel und steigendem Meeresspiegel an flachen Küsten als Option bzw. Ergänzung zum modernen Küstenschutz sinnvoll sein können (siehe Beitrag von Packschies in Kap. 4).



Abb. 3: Tordurchbruch im Tangvall von Falsterbo, Strandbadsvägen (Foto: Michael Packschies)



Abb. 4: Stark verbreiteter Abschnitt des Tangvalls am Ostrand des Geländes der „Falsterbo Horse Show“, Strandbadsvägen (Foto: Michael Packschies)



Abb. 5: Fachgerecht restaurierter Abschnitt des Tangvalls von Falsterbo, Strandbadsvägen/Vallbovagen (Foto: Michael Packschies)



Abb. 6: Tangdige, restauriert, auf dem Parkplatz vor der Fregatte „Jylland“ in Ebeltoft (Foto: Michael Packschies)



Abb. 7: Tangdige, restauriert, am Strandvejen in Ebeltoft (Foto: Michael Packschies)



Abb. 8: Mit Steinmauer kombinierter Tangdige an der Südwestküste von Skaro. Im Hintergrund sind mit Bocksdorn überwachsene Abschnitte zu erkennen (Foto: Michael Packschies)



Abb. 9: Tangdige auf Steinunterbau am Kustenfischerplatz Fiskop/Fyn. Der rechts integrierte Unterstand mit Reetdach ist gegen von Westen (links) kommende Brandung gut geschützt. (Foto: Michael Packschies)



Abb. 10: Blick in den reetgedeckten Unterstand, der Bestandteil des Tangdige Fiskop/Fyn ist. Links sind die geschichteten Seegraslagen zu erkennen, die vor der Brandung schützen (Foto: Michael Packschies)

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung der Exkursion sei besonderer Dank dem Projekt POSIMA und der Stiftung Deutscher Küstenschutz ausgesprochen.

Adresse

Michael Packschies
Umweltamt Eckernförde
Kieler Straße 53
24768 Rendsburg

michael.Packschies@stadt-eckernfoerde.de



Treibsel und Seegras im Küstenschutz

Kai Ahrendt

Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Abstract

Seagrass meadows and algae plants on the foreshore lead to wave energy and flow reduction. Seagrass meadows catch sediment and stabilize the seafloor. With beach wrack on the beach, the wind blow of sediment is prevented, the run-up height of waves is reduced and sediment is prevented from flowing back to the sea by beach wrack walls. With beach wrack deposition on the higher beach area, the material can be regarded as an initial spark for the formation of dunes. This process can also be done artificially by creating so-called beach wrack dunes.

1 Seegraswiesen und Algen im Lichte des Küstenschutzes

Bevor abgestorbenes Seegras und Algen als Treibsel auf dem Strand landen, haben diese im Küstenvorfeld nicht nur ökologische, sondern auch küstenschutztechnische Funktionen. Hierzu gehören die wellendämpfende Wirkung durch den Bewuchs, der Sedimentfang und die Sedimentfixierung in Seegraswiesen sowie die Strömungsreduzierung. Nach Hansen & Reidenbach (2013) werden die Strömungsgeschwindigkeiten in einer Seegraswiese der Gattung *Zostera Marina* im Sommer um 60% und im Winter um 40% reduziert. Ähnliches gilt auch für Algen. Sie erhöhen die Sedimentationsrate, verringern die Strömungsgeschwindigkeiten und dämpfen Wellen (Paul & Henry, 2014).

Seegras besteht aus einem oberirdischen und einem unterirdischen Teil. Der oberirdische Teil besteht im Wesentlichen aus einem Spross mit mehreren Blättern (Abb. 1). Dieser oberirdische Teil kann bis zu 1,2m lang werden. Durch den oberirdischen Teil werden die Strömungsgeschwindigkeiten und die Wellenenergie reduziert, was zu Sedimentablagerungen führt. Die Rhizome, also der unterirdische Teil, stabilisieren den Meeresboden. Bei der Gattung *Zostera Marina* bilden sich Wurzelgruppen aus 2 bis 12 unverzweigten schmalen Wurzeln mit feinen und langen Haarwurzeln aus.

Unterschiedliche hydrodynamische Belastungen führen zur Ansiedlung unterschiedlicher Seegrasgattungen. Beispielsweise sind in Bereichen mit hohen Energieeinträgen durch Strömung und Welle Seegräser mit einer hohen Wurzeldichte zu finden, z.B. die Gattung *Phyllospadix*. Die Gattung *Zostera* kommt hingegen in weniger energiebelasteten Gebieten vor (Kirkmann, 2014). *Zostera Marina* hält Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 1,8m und Wellenhöhen von bis zu 2m stand (Koch, 2001). Erst ab einer Strömungsgeschwindigkeit von 4m/s kann es zu Verlusten von Pflanzen der Gattung *Zostera Marina* kommen (Koch et al., 2006).

Algen (Blasentang) können aber auch negativ wirken. Algen, die auf Hartsubstrat siedeln, werden während eines Sturmes auf den Strand gespült und nehmen dabei die Steine, auf den sie siedeln, mit (Abb. 2).



Abb. 1: Seegraswiese (Foto: Wolf Wichmann)



Abb. 2: Blasentang auf Stein am Strand (Foto: Kai Ahrendt)

2 Treibsel im Lichte des Küstenschutzes

Seegras und Algen haben eine natürliche erosionshemmende Wirkung auf die Küste, da die angespülte Treibselmasse am Strand die Wellenenergie reduziert. Gleichzeitig wird der Strandsand von dem aufliegenden Pflanzenmaterial praktisch festgehalten, so dass Sandabtrag durch Wellen oder Sandauswehung durch Wind stark gehemmt werden. Durch die Treibselentfernung wird dieser natürliche Schutz vermindert und der Strandsand kann leichter abgetragen werden. Hinzu kommt, dass bei der maschinellen Strandreinigung und beim Treibselabtransport größere Mengen von Sand aufgenommen werden, der in der Gesamtbilanz fehlt. Siebanlagen können eine gewisse Sandmenge aus dem Treibsel zurückgewinnen. Der gesiebte Sand ist dann jedoch meist mit feinen organischen Rückständen durchmischt, sodass er nicht an jeder Strandstelle wieder aufgetragen werden kann. An der Wasserlinie wird durch das Treibsel die auflaufende Welle gebremst (Abb. 3) und das ablaufende Wasser lässt auf dem Strand Sediment zurück, welches sonst im Meer verschwindet, da der Treibselwall nur das Wasser Richtung See fließen lässt. Auf dem Strand wird das Sediment teilweise abgedeckt und die Angriffsfläche für Wind und Welle wird reduziert. Es begünstigt die Dünenbildung. Auch der Klifffuß wird durch Treibselwälle geschützt (Abb. 4).

Dies geschieht alles auf natürliche Weise. Der Mensch kann jedoch unterstützend eingreifen, indem das Treibsel, wo immer möglich, nicht abtransportiert wird, sondern man es für „natur-basierten“ Küstenschutz verwendet. So kann z.B. durch Zusammenschieben von Treibsel an zu schützende Bereiche mit anschließender Überdeckung durch Sand und anschließender Bepflanzung mit Dünenvegetation dieses Material im Küstenschutz eingesetzt werden. Dies ist eine relativ einfache Vorgehensweise. Es wird vor dem Kliff oder einem Deckwerk ein Graben ausgehoben, das Treibsel eingefüllt und mit dem Aushub bedeckt (Abb. 5). Anschließend wird der Bereich mit Strandroggen bepflanzt. Zu Anfang sollte der Bereich gegen Betreten abgesperrt werden, um Trittschäden zu vermeiden. Weitere Strandvegetation stellt sich von alleine ein (Abb. 6). *Näheres siehe Seite 27..*



Abb. 3: Treibsel mit wellendämpfender Wirkung (Foto: Kai Ahrendt)



Abb. 4 Treibsel als Schutz für Abbruchkanten, der Treibselanwurf ist höher als die Abbruchkante (Foto: Kai Ahrendt)

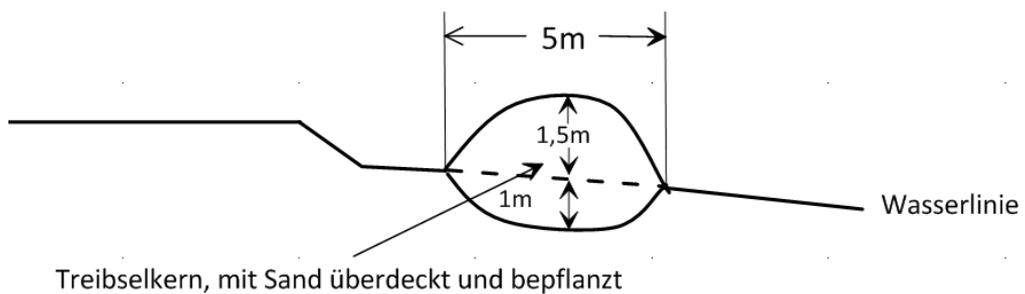


Abb. 5: Schema einer Treibseldüne (Eigene Grafik)



Abb. 6: Treibseldüne in Eckernförde (Foto: Michael Packschies)

3 Fazit

Seegrasbestände und Algen haben im Strandvorfeld folgende Wirkung:

- Wellenenergie wird gemindert
- Sediment wird gefangen
- Strömung wird verringert
- Bodenstabilisierung

Das Ansiedeln von Seegras im Küstenvorfeld ist eine Option, die es zu testen gilt. Bisherige Versuche sind leider fehlgeschlagen. Denkbar wären z.B. Treibselmatten, die mit Seegrassamen oder vorgekeimten Pflanzen bestückt sind. Diese können auf dem Meeresgrund mit sich selbst auflösenden Nägeln befestigt werden und so eine Keimzelle für Seegraswiesen darstellen.

Auf dem Strand können folgende Wirkungen festgestellt werden:

- teilweise Abdeckung des Sedimentes, damit weniger Abtrag durch Wind
- weniger Abtrag durch auflaufende Wellen
- Schutz des Klifffußes vor direktem Wellenangriff
- Begünstigung von Dünenbildung
- Zurückhalten von Sediment bei ablaufender Welle

Treibsel lässt sich auch aktiv als Treibseldüne im Küstenschutz erfolgreich einsetzen.

Seegraswiesen, Algenbewuchs im Vorstrand und Treibsel auf dem Strand stellen somit eine Ökosystemleistung als regulierender Beitrag zum Küstenschutz dar.

Abbildung 7 zeigt beispielhaft die Wirkungsweise von Seegras und Algen im Vorstrandbereich und von Treibsel auf dem Strand.

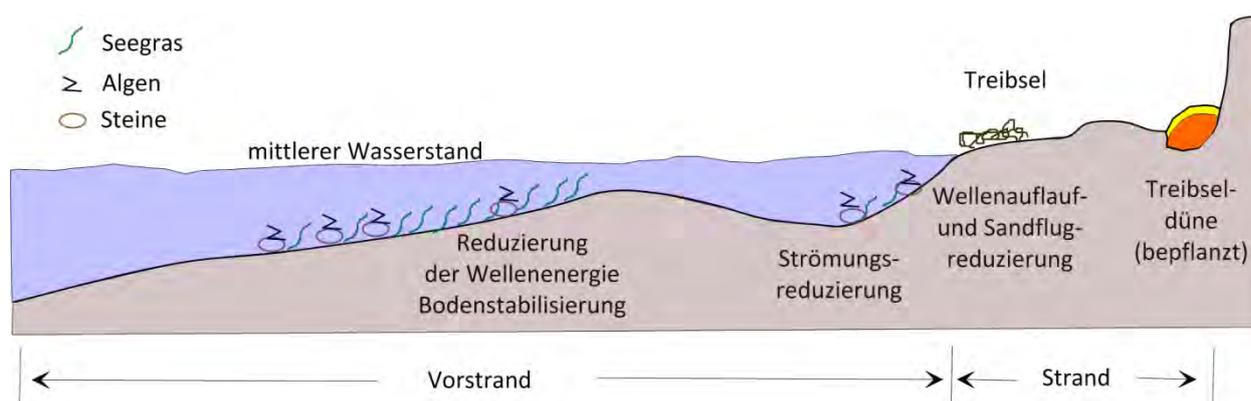


Abb. 7: Schematische Darstellung der Wirkungsweise von Seegras, Algen und Treibsel (Eigene Grafik)

4 Perspektiven für naturbasierten Küstenschutz mit Treibsel

Im Licht des Klimawandels werden Küsten- und Strandschutz immer wichtiger für die Anrainergemeinden an der Ostsee. Sturmfluten haben in den letzten Jahren an vielen Stellen in Schleswig-Holstein zu Stranderosionen geführt, die für die touristische Attraktivität kritisch sind. Eine erwartete Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs wird diese Problematik weiter verschärfen. Ebenso wird in den kommenden Jahrzehnten aufgrund der Änderungen der Wasser- und Windparameter eine Zunahme beim Treibselanfall erwartet (BACC Report II 2015; Bobsien 2019). Es erscheint daher sinnvoll, eine Win-win-Situation zwischen Strandstabilisierung und Treibselmanagement herbeizuführen. Wie die Beispiele aus Dänemark zeigen, gibt es schon seit langem praktikable Konzepte, Seegras und Treibsel kostengünstig für die Uferstabilisierung einzusetzen. Die Seegrasdüne in Eckernförde greift diesen traditionellen Ansatz auf und überträgt ihn auf einen intensiv genutzten Kurstrand – bislang mit sehr gutem Erfolg. Im Rahmen des Projekts POSIMA wird diese Form des nachhaltigen und naturbasierten Küstenschutzes nun auch anderen interessierten Tourismusgemeinden an der Ostsee nahegebracht. Sie bietet attraktive Perspektiven überall dort, wo Treibselentsorgung und Strandverluste gleichzeitig als aktuelles wie langfristiges Problem wahrgenommen werden. Dies ist z.B. in Fischleger (Damp), Eckernförde, Noer, Kiel (Hasselfelde), Laboe, Hohwacht etc. der Fall.

Literatur

- Baltic Earth - Earth System Science for the Baltic Sea Region (2015): BACC II. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. <https://www.springer.com/gp/book/9783319160054>
- Bobsien, I. (2019): Künftige Entwicklung der Seegrasbestände an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste (mündliche Mitteilung vom 31.01.2019)
- Hansen, J.C.R. & M.A. Reidenbach (2013): Seasonal Growth and Senescence of a *Zostera marina* Seagrass Meadow Alters Wave-Dominated Flow and Sediment Suspension within a Coastal Bay. *Estuaries and Coasts* (36), 1099-1114
- Kirkmann, H. (2014): Near-Coastal Seagrass Ecosystems. In R. Monson (Hrsg.) *Ecology and the Environment, The plant sciences* (8), 457-482
- Koch, E.W. (2001): Beyond Light: Physical, Geological, and Geochemical Parameters as Possible Submersed Aquatic Vegetation Habitat Requirements. *Estuaries* (24) 1, 1-17
- Koch, E.W.; Ackermann, J.; Verduin, J. & M. van Keulen (2006): Fluid Dynamics in Seagrass Ecology - from Molecules to Ecosystems. In Larkum, A.; Oorth, R. & C. Duarte (Hrsg.): *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*
- Paul, M. & P.-Y. Henry (2014): Evaluation of the use of surrogate *Laminariadigitata* in eco-hydraulic laboratory experiments. *Journal of Hydrodynamics* (26) 3, 374-383

Adresse

Kai Ahrendt
Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Ludewig-Meyn-Straße 14
24118 Kiel

ahrendt@geographie.uni-kiel.de
ahrendt@iczm.de



Die neuen Seegrasdünen in Eckernförde

Michael Packschies

Stadt Eckernförde, Abt. Naturschutz und Landschaftspflege

Abstract

Eckernförde, a scenic town of 25.000 inhabitants, lies at the end of a long bay called Eckernförde Fjord. A beach of about 3.5 km in length lines the end of the bay within the city limits and is a great touristic attraction of this coastal community. Due to its easterly exposure, the beach is often affected by flooding; in addition some artificial structures are responsible for a repeated shortage of beach sand. Onshore wind and wave conditions often cause large accumulations of beach wrack on the beach face, annoying the beach users. Thus, during the tourist season between early May and end of September, the tourist office cleans the beach daily and the beach wrack is removed at a high cost for the community. Based on these preconditions a new idea was born in Eckernförde about how to deal with the unwelcome beach wrack material:

In 2014 a test was made, for the first time, to see whether a dune constructed of beach wrack could serve a two-fold purpose: 1) to get rid of a large amount of beach wrack at low cost and 2) to provide additional beach stabilization and protection of the embankment of the beach promenade. The pilot project produced a sizeable dune, about 40 m long and 2 m high, on the upper beach face with a core of beach wrack inside. Typical beach plants such as *Cakile maritime* and dune grass appeared or were planted on top of the dunes yielding a natural appearance of the protective structure. Four years later this beach wrack dune was extended in length by 50 m when again large amounts of beach wrack had been deposited by onshore waves. The artificial dune proved its protective capacity during a major storm surge in January 2019. Therefore, the concept of nature-based beach protection with beach wrack seems suitable to be applied in other Baltic coastal communities. The protective capacity of the artificial dunes with a core of seagrass is still unproved for the last storm floods that occurred without additional surge.

1 Einleitung

Am in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Kurstrand der Stadt Eckernförde werden bei Ostwindlagen mit der Brandung große Mengen von Seegras angeworfen (Foto 1), die, um Ansprüchen von Strandbesuchern gerecht zu werden, maschinell abgeräumt, abgefahren und in 3 km Entfernung kompostiert werden. Anhaftender Sand wird in der Kompostierungsanlage (Foto 2) so weit wie möglich ausgesiebt und anschließend an den Strand zurückgebracht, ist dann aber mit vielen kleinen Seegrasbruchstücken verunreinigt, die sich schlammartig am Grunde ablagern, zersetzen und dabei Sauerstoff zehren. Auch führt dieses Verfahren auf Dauer zu einer negativen Sandbilanz am Strand, da ein Teil im Kompost verbleibt. Der Sand wird am Strand aber dringend benötigt, da durch anthropogene Veränderungen der Küstenmorphologie, wie Verbau der ehemals als Materialquelle fungierenden Steilküste und ein die Küstenlängsströmung unterbrechendes Bauwerk, hier keine natürliche Sandzufuhr mehr erfolgt (Abb. 1).



Abb. 1: Tourismusgemeinde Eckernförde mit Strand in Buchtlage (Data SIO NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBECO ©2018 Google, Image © 2019 TerraMetrics)

Die Promenade verläuft unmittelbar am Rande des Strandes auf einem Deckwerk, das für Wasserstände bis 2,5 m ü. NN ausgelegt ist. Durch Wellenschlag wird dieses aber schon bei deutlich niedrigeren Pegeln beansprucht. Strand und Deckwerk haben eine wichtige Schutzfunktion für die westlich gelegene Altstadt, die fast vollständig niedriger als 3 m ü. NN liegt. Unter natürlichen Bedingungen würde das Seegrass am Strand verbleiben, sich schichtweise mit Sand vermischen und so im Zuge der Strandwall- und Dünenbildung zur Küstensicherung beitragen. Insbesondere, weil in Eckernförde fast reines Seegrass mit nur sehr geringem Algenanteil angeworfen wird, liegt es nahe, diesen wertvollen Rohstoff an Ort und Stelle sinnvoll zu verwenden, statt ihn einschließlich des anhaftenden Sandes abzufahren.

2 Die Seegrasdüne

Im März 2014 wurde deshalb in Absprache mit den Naturschutz-, Bodenschutz- und Küstenschutzbehörden auf einer Versuchsstrecke von rund 40 Metern der Prototyp einer Seegrasdüne durch die Eckernförde Touristik und Marketing Gesellschaft (ETMG) unter Einsatz eines Baggers angelegt. Der Versuch sollte zeigen, inwieweit diese Nachahmung und Verstärkung natürlicher Vorgänge zu positiven Auswirkungen auf den Küstenschutz und den küstentypischen Pflanzenbestand führt.

Zu diesem Zweck wurde seeseitig vor dem Deckwerk an der Strandpromenade ein bis ca. 1,5 Meter tiefer und sich nach oben auf ca. 3 Meter Schulterbreite öffnender Graben küstenparallel im Strandsand ausgehoben (Foto 3) und der Aushub daneben zwischengelagert. Der Graben wurde mit in der Nähe angeschwemmtem Seegras nach manueller Aussortierung geringfügiger Müllbestandteile verfüllt und mit dem ausgehobenen Sand überdeckt (Foto 4). Anschließend erfolgte eine punktuelle Bepflanzung mit Strandroggen (*Leymus arenarius*). Drei Monate später war die Seegrasdüne fast vollständig mit Meersenf (*Cakile maritima*) überwachsen (Foto 5), der sich aus im Treibsel akkumulierten Samen entwickelt hat.

In den Folgejahren breitete sich der Strandroggen aus, während der Meersenfbestand abnahm. Der Seegraskern, der in der Feldskizze (Abb. 2) im Querschnitt dargestellt ist, hat sich in den bisherigen fünf Jahren des Bestehens der Seegrasdüne gesetzt, so dass die Oberfläche nicht mehr eben ist, sondern nunmehr von der Oberkante des Deckwerkes in Richtung Wasser leicht abfällt. Es wird zu überlegen sein, ob in Zukunft die Düne noch einmal geöffnet und mit weiterem Seegras unterfüttert werden sollte. Im März 2018 wurden weitere 40 Meter Seegrasdüne in unmittelbarer Nähe der ersten in gleicher Weise angelegt. Die Vegetationsentwicklung verlief im ersten und zweiten Jahr ähnlich und wird weiterhin beobachtet.

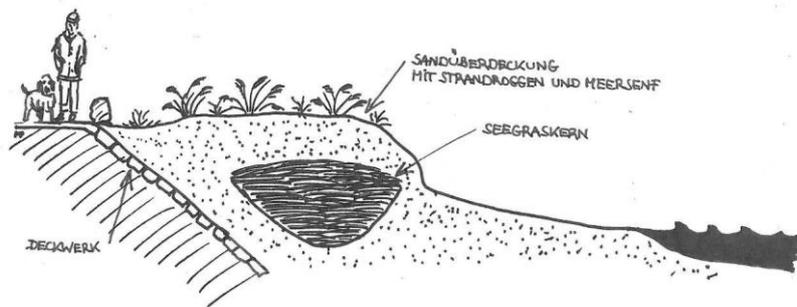


Abb. 2: Sanddüne mit Seegraskern, bewachsen/bepflanzt; Funktion: Schutz von Deckwerk und Promenade vor Brandung bei erhöhtem Wasserstand; Ort: Eckernförde (Eigene Grafik)

Am 2. Januar 2019 erreichte die Ostsee bei einem Wasserstand von 1,64 m ü. NN erstmals den Fuß der Düne. Aufgrund der Windrichtung entwickelte sich jedoch keine Brandung, so dass eine wirkliche Belastungsprobe ausblieb (Foto 6). Ein Nordoststurm bei gleichem Wasserstand hätte gezeigt, wie lange die Seegrasdüne standhält und das Deckwerk vor dem Wellenschlag schützen kann. Im schlimmsten Fall muss sie als Opferbauwerk betrachtet werden, das nach Abtrag mit einfachen Mitteln und vorhandenem Material leicht wiederherzustellen ist.

Im April 2019 entstand wenige hundert Meter weiter südlich eine kleinere Variante der Seegrasdünen. Hierbei ging es nicht um Küstenschutz, sondern um die Anlage einer „Strandburg 2.0“, in der sich Menschen niederlassen und Kinder spielen können. Manuell wurde ein Graben in Form eines unten offenen Herzens ausgehoben (Foto 7), mit Seegras verfüllt, mit dem Aushubsand überdeckt und mit Strandroggen bepflanzt (Foto 8). So entstand eine bewachsene Strandburg, die etwas größer dimensioniert ist, als man es von normalen Strandburgen kennt. Wie langfristig der Bestand bei intensiver Nutzung und starkem Wind ist, wird sich zeigen.

Angeregt durch historische See grasverwendungen in Dänemark und Schweden wurde darüber hinaus an der Strecke von den Seegrasdünen zur bewachsenen Strandburg Ende 2018 auf einer Länge von ca. 20 m ein faschinenähnlicher See graszaun zwischen Promenade und Strand errichtet (Foto 9). Dieser See graszaun dient als Sandfang und verhindert das Verwehen des Strandsandes auf die Promenade und in die Gartenanlagen, eine Funktion, die in Eckernförde sonst traditionell durch Faschinen aus ausgedienten Weihnachtsbäumen erfüllt wird. Bereits im ersten Sommer war hier eine Besiedelung durch den im angrenzenden Bereich vorkommenden Bocks dorn festzustellen.

3 Fazit

Die bisherigen Erfahrungen mit der Verwendung von Seegras im Küstenschutz und zur Strandgestaltung sind durchweg positiv. So erscheint es naheliegend, auch anderenorts Seegras direkt dort zu verwenden, wo es anfällt, sofern es aufgrund der Erfordernisse des Strandbetriebes aus dem Spülsaum abgesammelt werden muss. Günstigerweise ist für diese Anwendungen die Qualität des Materials von nachrangiger Bedeutung, also kann auch das verwendet werden, was für Matratzen, Hausdämmungen und andere Nutzungen nicht geeignet ist (siehe Beiträge von Dittmann, Hartje, Aldag & Staemmler u.a. in diesem Heft).



Abb. 3: Berge zusammengesobenen Seegrases am Eckernförder Strand (Foto: Michael Packschies)



Abb. 4: Aus dem Seegras ausgesiebter Sand lagert auf der Kompostierungsanlage, bis er an den Strand zurücktransportiert wird. Die Verunreinigung durch nicht ausgesiebte, feine Seegrasstückchen ist erkennbar (Foto: Michael Packschies)

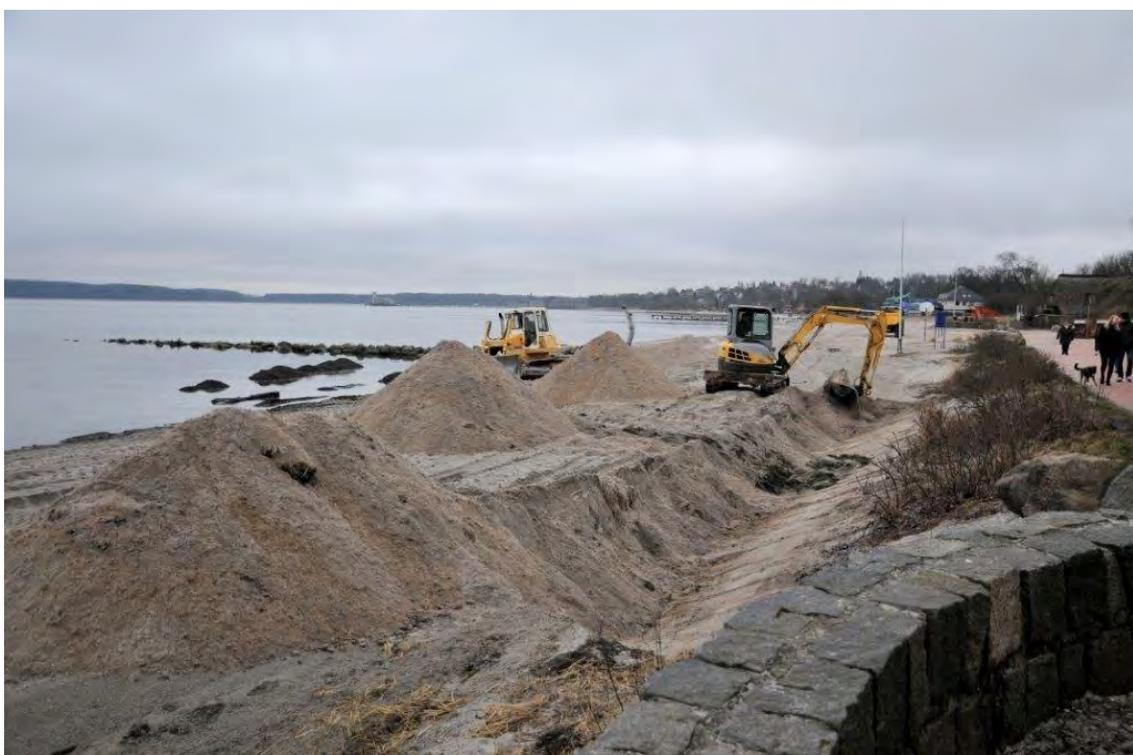


Abb. 5: Bau der Seegrasdüne am Eckernförder Kurstrand im März 2014. Für die Anlage der Düne wird seeseitig vor dem Deckwerk im Strandsand ein Graben ausgehoben. (Foto: Michael Packschies)



Abb. 6: Der Graben wird mit Seegras verfüllt und anschließend mit dem ausgehobenen Sand überdeckt. (Foto: Michael Packschies)



Abb. 7: Seegrasdüne nach Anlage und Bepflanzung im Frühsommer 2014 (Foto: Michael Packschies)



Abb. 8: Die Eckernförder Seegrasdüne (1. Abschnitt) bei Hochwasser am 2. Januar 2019
(Foto: Michael Packschies)



Abb. 9: Die Eckernförder Seegrasdüne (2. Abschnitt) bei Hochwasser am 2. Januar 2019
(Foto: Michael Packschies)



Abb. 10: Die „Strandburg 2.0“ mit Bewuchs von Strandroggen im August 2019. (Foto: Michael Packschies)



Abb. 11: Faschinenähnlicher Seegrassaun als Sandfang zwischen Strand und Promenade im April 2019 (Foto: Michael Packschies)

Adresse

Michael Packschies
Umweltamt Eckernförde
Kieler Straße 53
24768 Rendsburg

michael.Packschies@stadt-eckernfoerde.de



Kunststoffmüll im Strandanwurf – Entwicklung eines Separationsverfahrens zur Bestimmung des Mikroplastikanteils im Ostseetreibsel

Sinja Dittmann

Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Abstract

Microplastic pollution has increased dramatically since the 1950s and contamination has already been detected in marine, limnic and terrestrial ecosystems. Beach wrack accumulates at the interface of the marine and terrestrial environment, which is why it is hypothesized that microplastic contamination is possible. To verify this hypothesis, the separation of potential microplastics from beach wrack is necessary. Problematically, no procedures exist for the separation of microplastics from environmental samples of beach wrack.

This study aims to fill this knowledge gap by providing a fluid - based method for the separation of microplastics from beach wrack. For this purpose, a prototype separator was developed. The results of the developed prototype show a mean separation efficiency of $76.1 \% \pm 29.0\%$ for *Fucus spp.* and $62.9 \% \pm 29.0 \%$ for *Zostera marina L.* The application of this method to beach wrack samples along the Schleswig - Holstein Baltic coastline showed a low average load of 2.38 microplastic objects per 500 g beach wrack. However, these results could not be verified by spectroscopic analysis. For further quantitative analysis of the microplastic content in beach wrack, an optimization of the method is recommended in order to increase the recovery rate.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren ist Treibsel vermehrt in den Fokus der Wissenschaft geraten. Aufgrund des hohen Zeit- und Kostenaufwandes, der während der Reinigung und Entsorgung des Treibels entsteht, wurde anhand von wissenschaftlichen Studien und verschiedenen Pilotprojekten untersucht, inwiefern Treibsel als Wertstoff nutzbar ist. Die Nutzungsmöglichkeit von Treibsel, die am zukunftsweisendsten erscheint, besteht aktuell in der landwirtschaftlichen Verwertung. Besonders in Zeiten, in denen chemische und industriell hergestellte Düngemittel zunehmend teurer werden, geraten traditionelle, natürliche Düngemittel verstärkt in den Fokus (Villares et al. 2016). Aktuell besteht jedoch eine Vielzahl an Limitierungen und gesetzlichen Auflagen, welche die Verwertung von Treibsel insbesondere in der Landwirtschaft erschweren. Hierzu zählt beispielsweise die 2017 neu verfasste Düngemittelverordnung, welche die Ausbringung von stickstoff- und phosphathaltigen Düngemitteln für Landwirte stark begrenzt. Hinzu kommt die bestehende Wissenslücke hinsichtlich der exakten Inhaltsstoffe sowie der möglichen Anteile an Mikroplastik im Treibsel. Aufgrund dessen wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit stichprobenartig untersucht, inwiefern Mikroplastikanteile im Treibsel nachgewiesen werden können. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

2 Forschungsziele

Für die Analyse von Mikroplastik im Treibsel lassen sich die aktuell bestehenden Verfahren zur Auftrennung von Mikroplastik aus Umweltproben nicht verlässlich anwenden. Deshalb wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Mikroplastik vom Treibsel mechanisch separieren lässt. Der „Treibsel - Plastik Separator“ wurde auf das Ziel hin entwickelt, Treibsel zeit- und ressourcensparend von Mikroplastikanteilen zu reinigen, sodass eine Nutzung dieses Verfahrens in der biologischen Landwirtschaft möglich wäre. Die Funktionsweise und Qualität des Treibsel - Plastik Separators wurde

mithilfe von Wiederfindungsexperimenten überprüft. Hierfür wurde der Wiederfindungserfolg hinsichtlich der genutzten Partikelgrößenklasse, des Polymertyps, der Verfahrensweise, der Waschflüssigkeit, des Probenumfangs und der Treibselzusammensetzung analysiert (Abb. 1). Anhand dieser Ergebnisse wurden im nächsten Schritt Treibselproben an vier Standorten entlang der Schleswig - Holsteinischen Ostseeküste hinsichtlich ihres Mikroplastikanteils analysiert.

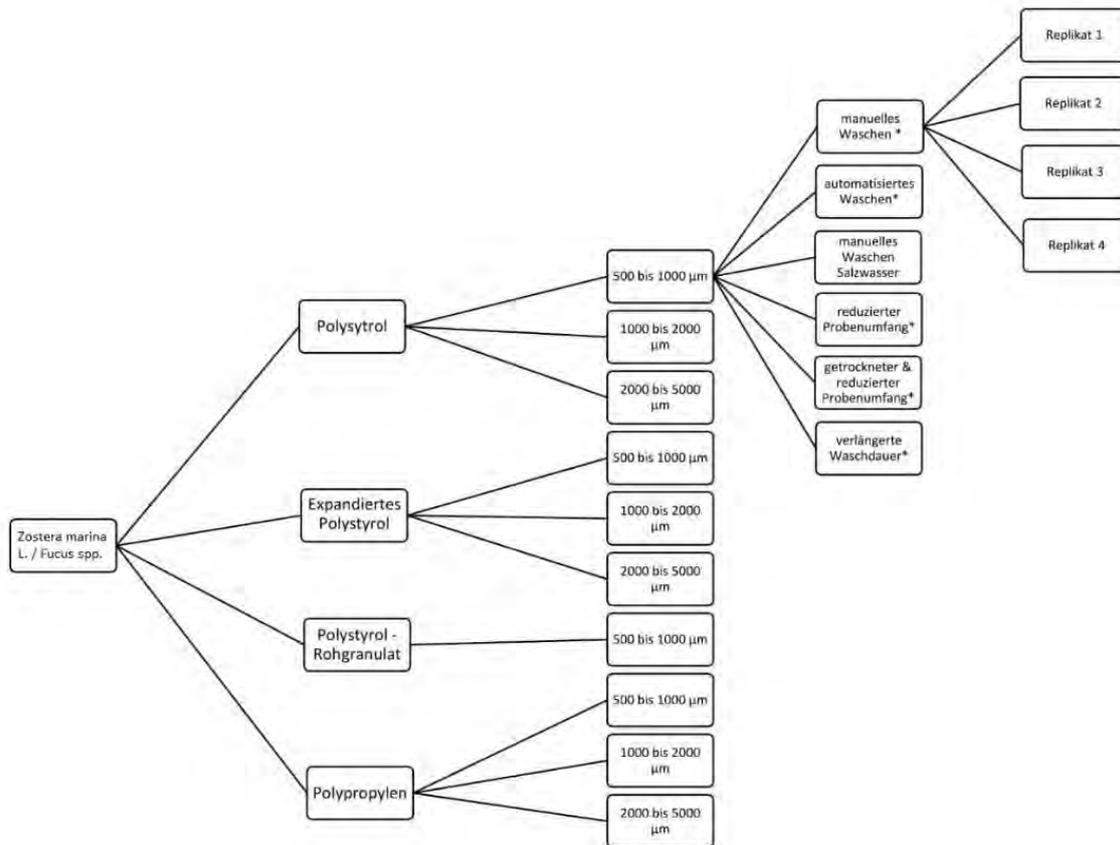


Abb. 1: Übersicht über die Wiederfindungsexperimente. Es wurden die Faktoren Treibseltyp, Polymertyp, Partikelgröße und Waschverfahren variiert. Die 6 Waschverfahren wurden auf alle Partikelgrößen angewandt und zum Teil mit Frischwasser (*) durchgeführt. (Eigene Grafik)

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiete

Im Anschluss an die Validierung wurde der Treibsel - Plastik Separator zum Waschen von potenziellem Mikroplastik aus Treibselproben angewendet. Hierfür wurden am 26./27. November 2018 an vier Standorten entlang der Schleswig - Holsteinischen Ostseeküste Treibselproben aus dem Spülsaum entnommen. Der nördlichste Standort ist Booknis, ein nach Osten ausgerichteter Küstenstandort mit angrenzender Dünenlandschaft und Steilküste, der während der Sommermonate aufgrund der vorhandenen touristischen Infrastruktur vom Küstentourismus geprägt ist. Der zweite Standort ist Dänisch - Nienhof, ein am südlichen Rand der Eckernförder Bucht liegender Strandabschnitt mit nördlicher Exposition, der ein beliebtes Ausflugsziel für Tagestouristen darstellt. Der dritte Probenstandort ist Schönberg, ein touristisch genutzter Badeort mit nordöstlicher Ausrichtung. Der vierte Standort ist Hohwacht, ein nordöstlich ausgerichteter Küstenstandort, der ebenfalls vom Küstentourismus geprägt ist. Je Standort wurden vier Proben im Abstand von 20 m zueinander aus dem

Spülsaum entnommen. Der Probenumfang betrug für alle vier Proben jeweils 500 g und wurde vor Ort mit einer Waage abgemessen. Die Probenbehälter, welche aus Polypropylen bestanden, wurden vorweg mit Leitungswasser gespült und luftdicht gelagert.



Abb. 2: Lage der Probenstandorte der Mikroplastikanalyse (Eigene Darstellung mit QGIS 2019)

4 Durchführung

Der entwickelte Treibsel - Plastik Separator dient zur flüssigkeitsbasierten Waschung von Mikroplastik aus Strandanwurf. Der hier gezeigte Versuchsaufbau ist ein Prototyp, der die Möglichkeiten der Reinigung des Treibselns von Mikroplastik testet (Abb. 3). Wichtigster Bestandteil des Treibsel - Plastik Separators ist ein Probenbehälter mit den Maßen 40x30x20cm, der ein Probenvolumen von bis zu 24 Litern fasst. Desweiteren werden zwei Gitter genutzt, die sich passgenau in den Probenbehälter einsetzen lassen. Die Gitter, mit einer Maschenweite von 1 x 1 cm, bestehen aus Aluminium und sind somit rostfrei. An einem der Gitter sind zwei Griffe befestigt, mit denen sich das Gitter im Behälter auf- und abbewegen lässt. Zwischen die Gitter wird die zu reinigende Treibselprobe gelegt, wodurch ein Aufschwimmen des Treibselns an der Wasseroberfläche sowie ein Absinken auf den Boden des Behälters verhindert wird.

Insgesamt bietet der Prototyp des Treibsel - Plastik Separators Platz für die Reinigung von 500 g Treibsel. Zur Anwendung des Treibsel - Plastik Separators wurde, in Kooperation mit Malte Blockhaus, eine Videoanleitung angefertigt. Diese ist unter folgendem Link abrufbar: <https://www.youtube.com/watch?v=pLm77TxbtPA&feature=youtu.be>

Für die anschließende Analyse der Umweltproben wurde das Probenmaterial im Labor zwischen die Gitter I und II des Treibsel - Plastik Separators gelegt und in den Behälter eingelassen. Dieser wurde im weiteren Schritt mit zehn Litern Leitungswasser gefüllt. Das Leitungswasser wurde mit einem Messbecher abgemessen und im nächsten Schritt in den Behälter eingelassen. Dann wurde das Material manuell mit drei Auf- und Abbewegungen der Gitter durchgewaschen. Die Methodik orientierte sich an den Ergebnissen der Validierung des Treibsel-Plastik Separators. Bevor die Gitter mit dem

Probenmaterial aus dem Behältnis entfernt wurden, wurde mittels eines Becherglases das Oberflächenwasser abgeschöpft, um Mikroplastikpartikel, die an der Oberfläche aufschwimmen, zu separieren. Das abgeschöpfte Wasser wurde im Folgenden über einen Büchnertrichter mit eingelassenem Filter gegeben. Der Filter besteht aus Polyester mit einer relativ weiten Maschenweite von 400 μm , weshalb auf eine Vakuumfiltrierung verzichtet werden konnte.

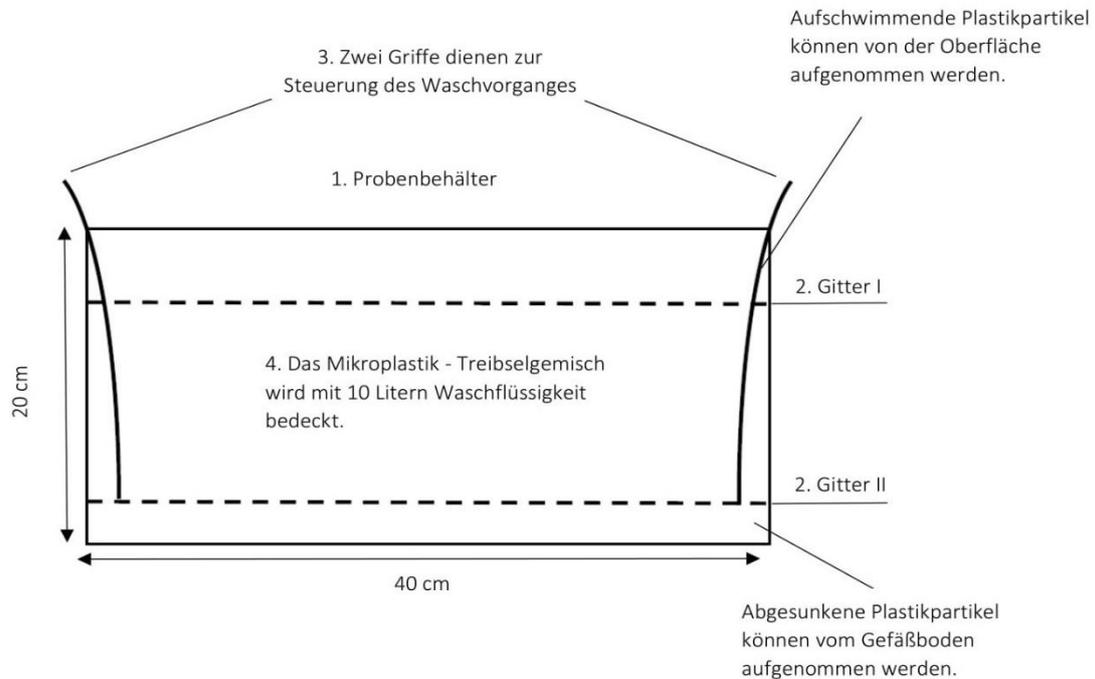


Abb. 3: Aufbau des Treibsel-Plastik Separators (Eigene Grafik)



Abb. 4: Das Oberflächenwasser wurde mit einem Becherglas abgeschöpft und über einen Büchnertrichter gegeben. (Foto: Sinja Dittmann)

Danach wurden die Gitter samt dem Probenmaterial aus dem Behälter entfernt und die zurückbleibende Flüssigkeit ebenfalls über dem Büchnertrichter mit Filterpapier filtriert. Abschließend wurde der Behälter des Treibsel - Plastik Separators mit Leitungswasser gespült und das Spülwasser ebenfalls über den Büchnertrichter gegeben, um eventuell im Behälter zurückgebliebene Plastikpartikel zu erfassen. Die in den Büchnertrichter eingelassenen Filter wurden unmittelbar nach dem Filtrationsvorgang in einer gläsernen Petrischale gelagert. Diese wurden luftdicht mit Alufolie verschlossen, um eine mögliche nachträgliche Kontamination mit Mikroplastik zu verhindern. Die anschließende Analyse der Filter basiert auf einer optischen Untersuchung mittels eines Stereomikroskops des Unternehmens Zeiss. Für eine einfache Handhabung unter dem Stereomikroskop und zur Vermeidung von Doppelzählungen, wurde eine Unterlage aus rotem Papier in vier Kompartimente unterteilt, die wiederum jeweils in vier Spalten aufgeteilt wurden. Die Unterlage wurde unter die Petrischale mit dem zu analysierenden Filter gelegt. Das Zählen der Partikel erfolgt im Uhrzeigersinn von 1 bis 4 in den jeweiligen Unterkompartimenten a bis d.

5 Ergebnisse

Der Treibsel - Plastik Separator zeigte beim Waschen von *Fucus spp.* deutlich höhere Wiederfindungserfolge als für *Zostera marina L.* (Abb. 5). Das manuelle Waschen von getrocknetem sowie reduziertem Treibsel war dabei am effizientesten. Eine Verlängerung des automatisierten Waschens mit Frischwasser auf vier Stunden erbrachte für *Fucus spp.* und *Zostera marina L.* eine Erhöhung der Wiederfindungsrate im Vergleich zum automatisierten Waschen mit Süßwasser mit einer Dauer von 15 Minuten. Eine Erhöhung der Anzahl der manuellen Waschwiederholungen mit Frischwasser führte zu keiner Steigerung des Wiederfindungserfolges. Insgesamt ließen sich die Partikel mittlerer Größenklasse am besten aus dem Treibsel separieren. Bei der kleinsten Größenklasse von 500 bis 1000 μm zeigten sich hingegen die geringsten Wiederfindungsraten. Hinsichtlich des Polymertyps fanden sich für Polypropylen und für expandiertes Polystyrol die höchsten Wiederfindungserfolge- das gilt für beide Treibseltypen. Für Polystyrol und Polystyrol - Rohgranulat fanden sich die geringsten Wiederfindungsraten. Eine Belastung durch Mikroplastik im Treibsel konnte an allen Probenstandorten festgestellt werden (Abb.6).

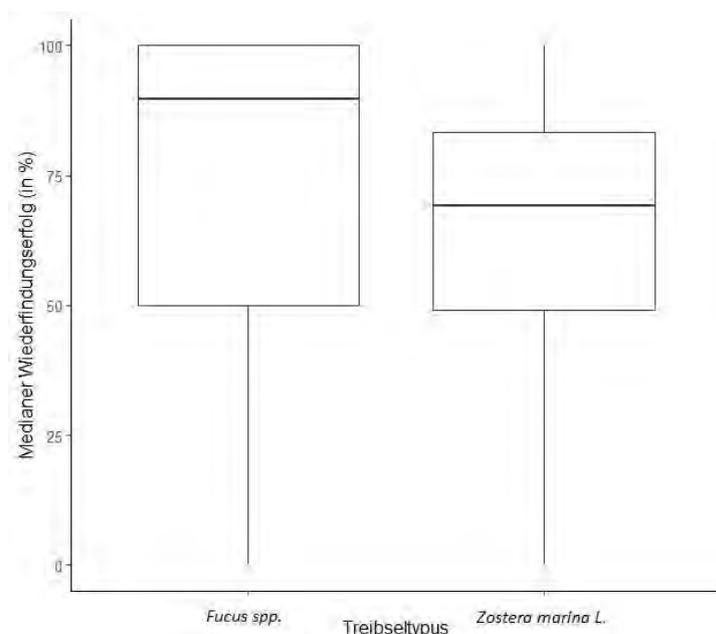


Abb. 5: Einfluss des Treibseltyps auf den Wiederfindungserfolg. Die schwarze Linie zeigt den Median, die obere und untere Grenze der Box das obere und untere Quartil. Die senkrechten Linien zeigen den Nicht – Ausreißerbereich (Eigene Grafik)

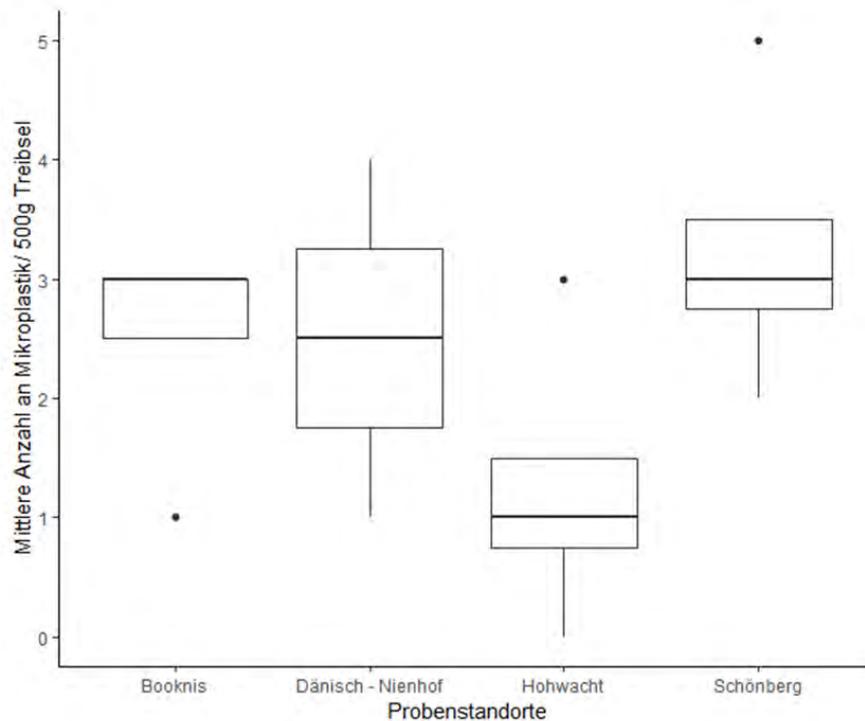


Abb. 6: Häufigkeiten der Mikroplastikpartikel (400 µm bis 5000 µm) an den vier Probenstandorten. Die verstärkte schwarze Linie zeigt den Median, die Box das 1. und 3. Quartil. Die senkrechten Linien zeigen den Minimal- und Maximalwert und die Punkte die Ausreißer an. (Eigene Grafik)

In Schönberg konnte mit im Mittel 3.3 ± 1.3 Mikroplastikobjekten je 500 g Treibsel der höchste Anteil identifiziert werden, in Booknis Eck waren es 2.5 ± 1 und in Dänisch - Nienhof waren es 2.5 ± 1.3 Partikel, während in Hohwacht mit insgesamt 1.3 ± 1.3 der geringste Anteil an Mikroplastik gefunden wurde. An allen Standorten konnten Fasern im Treibsel nachgewiesen werden. Mit Ausnahme des Standorts Hohwacht wurden ebenfalls an allen Probenstandorten ein geringer Anteil an Plastikpartikeln nachgewiesen. Einen Zusammenhang zwischen der spezifischen Treibselzusammensetzung und dem anhaftenden Mikroplastikanteil lässt sich bei dem geringen Probenumfang nicht erkennen.

6 Diskussion

Bei der Validierung des Treibsel - Plastik Separators zeigte sich, dass der Wiederfindungserfolg bei *Fucus spp.* signifikant höher war als bei *Zostera marina L.* Grund hierfür könnte das geringere Volumen der verwendeten *Fucus* - Thalli sein. Für beide Treibseltypen wurde ein identisches Probengewicht von 500 g verwendet. Da die Thalli der *Fucus spp.* eine deutlich höhere Dichte besitzen als die Blätter von *Zostera marina L.*, war das Probenvolumen für *Fucus spp.* bei gleichem Gewicht geringer. Das könnte die Wascheffizienz für diesen Treibseltyp erhöht haben. Neben *Fucus spp.* und *Zostera marina L.* kann Treibsel im Ostseeraum auch aus Grün- und Rotalgen bestehen, die bei der Validierung des Treibsel - Plastik Separators nicht berücksichtigt wurden. Bei diesen Bestandteilen könnte die Separation mittels des Treibsel – Plastik-Separators zu anderen Ergebnissen führen. Rot- und Grünalgen unterscheiden sich im Vergleich zu den hier genutzten Treibselbestandteilen in ihrer Blattform und -struktur. Mikroplastikpartikel könnten deshalb stärker vom Blattgeflecht umschlossen sein oder stärker an der Blattoberfläche anhaften. Die verwendeten Polymertypen zeigten untereinander und für beide Treibseltypen ähnliche Ergebnisse. Polypropylen ließ sich am erfolgreichsten separieren (im Mittel zu 82 %). Mit einer Dichte von 0.9 bis 1.0 g/cm³ stieg dieser Polymertyp während des Separationsvorganges in Leitungswasser an die Oberfläche auf und konnte dort manuell aufgenommen und identifiziert werden. Insgesamt ließ sich die mittlere Partikelgrößenklasse von 1000 bis 2000 µm

am erfolgreichsten aus *Fucus spp.* und *Zostera marina L.* auswaschen. Die Partikel dieser Größe ließen sich gut erkennen und konnten ungehindert von der Oberfläche sowie vom Gefäßboden aufgenommen werden. Die kleinste Größenklasse von 500 bis 1000 µm wies für beide verwendeten Treibseltypen die geringsten Wiederfindungserfolge auf. Partikel dieser Größe waren deutlich schwerer mit dem bloßen Auge zu identifizieren. Dies gilt insbesondere für Polymere mit einer höheren Dichte als die der Waschflüssigkeit. Diese sanken auf den Boden des Behälters ab und ließen sich dort schwerer identifizieren. Das manuelle Waschen von Treibselmaterial, welches vorweg im Trockenschrank getrocknet wurde, zeigte den höchsten Wiederfindungserfolg. Für *Fucus spp.* lag dieser im Mittel bei 94 % und für *Zostera marina L.* bei 63 %. Nach der Trocknung hatte sich das Volumen der Fucus – Thalli deutlich reduziert, was mit einer Verkleinerung der Blattoberfläche einherging. Ähnliches gilt für *Zostera marina L.*, dessen Blätter durch den Trocknungsprozess ebenfalls an Volumen verloren hatten. Die Mikroplastikpartikel lagen nach der Trocknung lediglich lose auf dem Treibsel auf und separierten sich augenblicklich, nachdem das Treibsel mit dem Auswaschungswasser in Kontakt gekommen war. Daraus lässt sich schließen, dass der Mikroplastikanteil in Treibsel, welches durch Wind und Sonnenlicht getrocknet wurde, geringer sein könnte als in frischem Treibsel, da während des Trocknungsprozesses Plastikanteile in das unterliegende Substrat des Spülsaums abrieseln könnten.

Die erfassten Mikroplastikkonzentrationen sind an allen Probenstandorten sehr gering. Am Tag der Probennahme lag an allen vier Standorten das Treibsel in großen Mengen mit intakter Blattstruktur im Spülsaum vor. Es sollte jedoch bedacht werden, dass die erhobenen Ergebnisse lediglich auf einer visuellen Identifizierung mittels eines Stereomikroskops beruhen und Fehlzuordnungen nicht ausgeschlossen werden können. Laut einer Studie von Lusher et al. 2017 sind bei einer optischen Identifizierung ohne spektroskopische Verifizierung falsch positive oder falsch negative Fehlzuordnungen von bis zu 70 % möglich. Insgesamt waren 92 % der identifizierten Mikroplastikpartikel Fasern, der restliche Anteil bestand aus Fragmenten.

Die vorweg durchgeführten Blindproben ließen ebenfalls eine Faserbelastung erkennen. Da für die Analyse kein Reinraumlabor zur Verfügung stand, könnten die im Filter gefundenen Fasern nachträglich eingetragen worden sein. Dies könnte über die während der Probennahme getragene Kleidung, durch eine unzureichende Reinigung der Probengefäße sowie über die Umgebungsluft passiert sein (Lusher et al. 2017).

7 Fazit und Ausblick

Insgesamt erwies es sich als schwierig, ein Verfahren zu entwickeln, das möglichst umfassend die diversen Charakteristika von Mikroplastik und Treibsel berücksichtigt und diese beiden Komponenten zuverlässig voneinander separieren kann. Beide Materialien haben ähnliche Dichteigenschaften, unterscheiden sich jedoch in ihren spezifischen Zusammensetzungen. Mittels des Treibsel – Plastik-Separators konnte insgesamt ein Wiederfindungserfolg von 74 % für *Fucus spp.* und von 63 % für *Zostera marina L.* erreicht werden (gemittelt über alle Waschgänge gleicher Dauer). Demnach kann keine vollständige Auswaschung der Mikroplastikobjekte aus dem Treibsel gewährleistet werden. Dennoch könnte aufgrund bestehender technischer Probleme bei der Wiederfindung der Plastikpartikel die Wascheffizienz des Treibsel - Plastik Separators unterschätzt worden sein. Aufgrund dessen wäre eine weitere Optimierung des Treibsel - Plastik-Separators sinnvoll, um zukünftig eine möglichst hohe Separationseffizienz erreichen zu können. Die anschließende Anwendung des entwickelten Verfahrens auf Treibselproben der Schleswig – Holsteinischen Ostseeküste zeigte eine lediglich geringe Belastung des Treibsel mit Mikroplastik der Größe 400 bis 5000 µm auf. Diese Angaben müssen zudem, wie oben diskutiert, aus technischen Gründen vorsichtig interpretiert werden. Eventuell kam es zu einer Unter- oder Überschätzung der tatsächlichen Belastung. Diese würden sich bei zukünftigen Anwendungen beheben lassen. Weiterhin sollte beachtet werden, dass sich die Ergebnisse ausschließlich auf vier Probenstandorte beziehen und somit lediglich eine kleine Stichprobe darstellen. Je nach

Akkumulationsraum und Jahreszeit kann Treibsel in seiner Zusammensetzung und Beschaffenheit variieren und somit Fluktuationen in den Konzentrationen von potenziellem Mikroplastik aufweisen.

Fokussiert sich der Einsatz des Treibsel - Plastik Separators lediglich auf die Aufbereitung von Treibsel für eine weitere Nutzung in der ökologischen Landwirtschaft, könnte dieser für die Entfernung von Sandanteilen und weiteren Störstoffen eingesetzt werden.

Literatur

Lusher, A. L.; Welden, N. A.; Sobral, P.; Cole, M. (2017): Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. In: *Anal. Methods* 9 (9), S. 1346–1360. DOI: 10.1039/C6AY02415G.

Villares, Rubén; Fernández-Lema, Emilio; López-Mosquera, María Elvira (2016): Evaluation of Beach Wrack for Use as an Organic Fertilizer: Temporal Survey in Different Areas. In: *Thalassas* 32 (1), S. 19–36. DOI: 10.1007/s41208-015-0003-5.

Adresse

Sinja Dittmann
Geographisches Institut der CAU Kiel
Hermann - Rodewald - Straße 9
24118 Kiel

dittmann@geographie.uni-kiel.de



Stoffliche Zusammensetzung von Treibsel

Regina Rollhäuser

Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Abstract

The aim of this study is to provide a database of the chemical composition of the organic elements of beach wrack. The effectiveness of agricultural usage of seagrass and algae will be derived from the resulting data. In order to achieve this, 14 beach wrack samples were collected along the coast of the Kiel Bay and subsequently examined. In addition, expert interviews were conducted with agronomists and responsible authorities.

The study concluded that beach wrack has fertilising and soil-improving qualities. Besides the primary nutrients for plant production, these being nitrogen, phosphorus and potassium, significant amounts of the macronutrients magnesium and calcium were ascertained as well. The heavy metal concentration and the salinity of the beach wrack material were also examined. Even though the heavy metal concentrations in most of the samples remained below the threshold limit values of the German fertiliser and bio-waste regulations, two samples showed cadmium concentrations above threshold limit values. Also the arsenic contents were close to the upper limit value. The information provided by expert interviews states that since the salinity of beach wrack is not expected to be disadvantageous for soil and plants, that beach wrack may be used in agriculture and may also be beneficial. Further analysis is still needed to be able to assess the material and its impacts on the agricultural plants and soil.

1 Einleitung

Der landwirtschaftliche Einsatz von Treibsel wäre eine effiziente Alternative, die organischen Anschwemmungen zu verwerten, da 68 % der Fläche Schleswig-Holsteins landwirtschaftlich genutzt werden (MELUND 2018). Es können jedoch nicht willkürlich Düngemittel oder Bodenhilfsstoffe eingebracht werden, denn zunächst müssen die Anforderungen des Düngemittelrechts erfüllt werden (Möller und Schultheiß 2014, S. 9 ff.). Dafür braucht es eine fundierte chemische Beschreibung des Treibselmaterials. Dementsprechend ist die Sinnhaftigkeit der Anwendung von Treibsel in der Landwirtschaft ein Aspekt, der sich aus der stofflichen Zusammensetzung ableiten lassen würde. Das grundlegende Ziel dieser Untersuchung ist es, Daten zur chemischen Beschreibung der organischen Hauptbestandteile des Treibsel zu generieren sowie auf dieser Grundlage zu erörtern, ob ein landwirtschaftlicher Einsatz von Treibsel landbaulich sinnvoll ist und inwieweit Treibsel die düngemittelrechtlichen Anforderungen erfüllt. Dabei handelt es sich um die Gehaltmengen an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kohlenstoff (C), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca), welche für die Anwendung in der Landwirtschaft grundlegend sind. In den chemischen Analysen dieser Arbeit werden auch die Schwermetallkonzentrationen des Treibsel ermittelt. Damit soll überprüft werden, ob mit den marinen Anschwemmungen Schadstoffe auf landwirtschaftliche Flächen gelangen könnten. Die Rohdaten dieser Analysen werden anschließend mit ausgewählten Experten und anhand von Literaturrecherchen erörtert, um den Nutzen von Treibsel für die Landwirtschaft zu diskutieren und um zu erfassen, inwiefern Treibsel die Anforderungen des Düngemittelrechts erfüllt.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Die Untersuchungsregionen sind die Kieler und Lübecker Bucht. In der Abbildung 1 sind die beprobten Standorte durch Stecknadeln gekennzeichnet. Die Probenahme des Treibseils erfolgte manuell im Februar und März 2018.

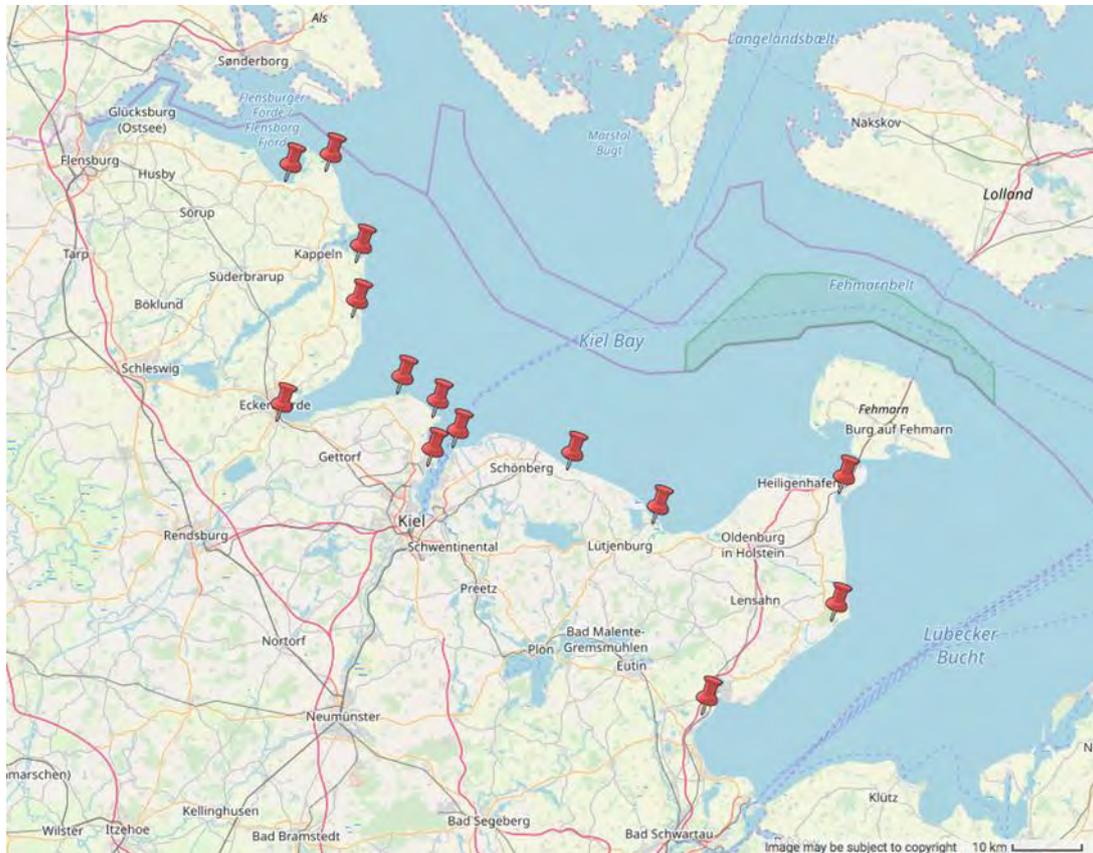


Abb. 1: Lage der Probestandorte (Eigene Darstellung mit OpenStreetMap 2018)

Jede Standortprobe wurde einzeln im Labor mit destilliertem Wasser gespült. Anthropogene Bestandteile und tierische Bestandteile wurden manuell aussortiert. Die gespülten und gereinigten Proben wurden anschließend nach Seegras (*Zostera marina*) und Algen aufgeteilt. Der Algenanteil der Proben setzt sich zum größten Teil aus *Fucus vesiculosus* zusammen, aber auch *Fucus serratus* und *Delesseria sanguinea* waren vertreten. Das Ziel der Aufteilung der Standortproben in eine Seegras- und Algenprobe bestand darin, möglichst genau zuordnen zu können, zu welchen Kernbestandteilen des Treibseils die jeweiligen Nährstoffe und Schwermetalle zu attribuieren sind. Zudem wurde von jeder Probe ein geringer Anteil Seegras und der entsprechenden Alge entnommen, um daraus verschiedene Mischproben zu kreieren: eine Mischprobe mit dem Seegras (*Zostera marina*) aller beprobten Standorte, eine Mischprobe mit Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und eine Mischprobe mit Rotalgen (*Delesseria sanguinea*). Zusammenfassend ergaben sich nach dieser Schrittfolge 29 Proben. Die sortierten Proben wurden vor und nach der Trocknung gewogen, um folglich den Wassergehalt ermitteln zu können. Der Wassergehalt wurde als Differenz der Subtraktion der Trockensubstanz (Probe nach der Trocknung, TS) von der Originalsubstanz (Probe vor der Trocknung, OS) berechnet. Die Proben wurden bei 50 Grad Celsius im Trockenschrank getrocknet und danach zerkleinert. Nach einem Säureaufschluss wurde die finale Analyse der Nährstoffe N, C, P, Ca, Mg, und K nach VDLUFA Band II, Dumas, VO (EG) 2003/2003, IV, 2.3.2 und EN ISO 11885 im Labor des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in der Abteilung Pflanzenernährung durchgeführt. Die Schwermetallgehalte (As, Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn) und der Salzgehalt der aufbereiteten Proben wurden

nach DIN EN ISO 17294-2:2017-01 und DIN EN ISO 12846 (Hg) von AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH untersucht. Anhand der vorliegenden Analyseergebnisse lässt sich das C/N-Verhältnis berechnen. Dabei sind sowohl der N- als auch C-Wert der jeweiligen Probe Dividenden. Derselbe N-Wert agiert auch als Divisor. Als Quotient ergibt sich das C/N-Verhältnis der entsprechenden Probe. Zusätzlich wurden auf der Grundlage der stofflichen Analyseergebnisse des Treibsel leitfadengestützte qualitative Experteninterviews durchgeführt. Experten sind in diesem Fall weniger als Person denn als Vertreter ihrer Handlungsfelder verstanden (Mayer 2013, S. 38). Daher wurden nur Experten einbezogen, die selbst Teil des Handlungsfeldes sind (Meuser und Nagel 1991, S. 443).

Infolgedessen wurden folgende Gesprächspartner als Experten befragt: der Referent für die Bereiche Boden, Düngung und Pflanzenbau der Abteilung Landwirtschaft des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND) (E4), die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) (E5 und E6), zwei voneinander unabhängige Agrarwissenschaftler (E2 und E3) und ein Agraringenieur und ehemaliger Projektmitarbeiter beim Netzwerk Ökolandbau SH. Anschließend wurden die Experteninterviews anhand der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet und dazu unterstützend die Codierungssoftware MAXQDA 2018 verwendet (Mayring 2010, S. 67 ff.).

3 Ergebnisse

In der Trockensubstanz des Seegrases konnten N-Anteile von 1,62 - 2,84 % nachgewiesen werden (Abb. 2). Die Algen-Proben enthalten 1,81 - 3,69 % N. Ein C-Gehalt von 34,21 - 39,7 % wurde in Seegras festgestellt und 29,75 - 37,2 % in den Algen-Proben (Abb. 3).

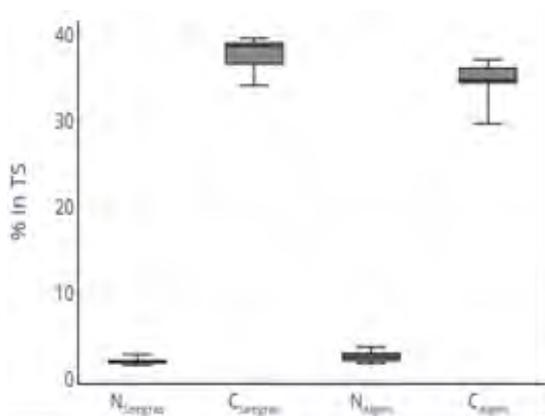


Abb. 2: N- und C-Gehalte in Seegras und Algen. (Eigene Grafik)

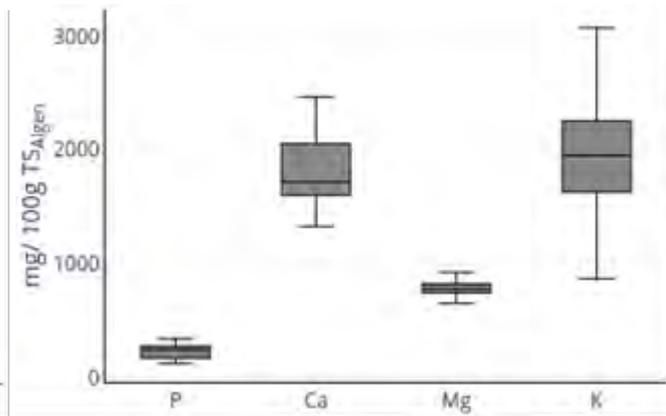


Abb. 3: Nährstoffgehalte Algen. (Eigene Grafik)

Die Abb. 4 zeigt, dass in der Trockensubstanz von *Zostera marina* L. im Durchschnitt 144,61 mg P/ 100g, 1872,97 mg Ca/ 100g, 831,23 mg Mg/ 100g und 484,99 mg K/ 100g zu finden sind. In der Trockensubstanz der Algen wurden durchschnittliche Gehalte von 241,91 mg P/ 100g, 1838,16 mg Ca/ 100g, 791,52 mg Mg/ 100g und 1984,17 mg K/ 100g ermittelt (Abb. 3). In der Abbildung 5 sind die Höchstwerte der Schwermetalle, die bei der Analyse der Treibsel-Proben gemessen wurden, in mg pro kg Trockensubstanz dargestellt. Die Werte der Schwermetalle zeigen im Vergleich zu den Nährstoffen eine erheblich geringere Streuung. In der Abbildung 5 lässt sich ablesen, dass eine Algenprobe mit 32 mg/ kg TS den höchsten As-Wert aufzeigt. Die Pb-Gehalte überstiegen bei den meisten Proben kaum den Wert von 3 mg/ kg TS. Der höchste Cd-Gehalt liegt bei 1,66 mg/ kg TS. Die weiteren Maximalwerte betragen 12,5 mg Cr/ kg TS, 24 mg Ni/ kg TS, 14,2 mg Cu/ kg TS und 152 mg Zn/ kg TS. Die Analyseergebnisse für Hg zeigen alle einen Gehalt von > 0,08 mg/ kg TS.

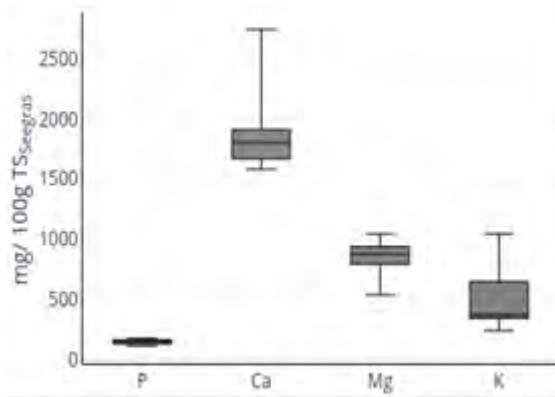


Abb. 4: Nährstoffgehalte in Seegras. (Eigene Grafik)

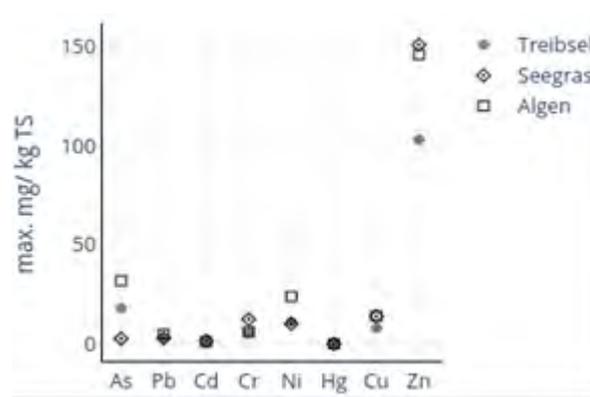


Abb. 5: Höchstgehalte an Schwermetallen in Treibselproben. (Eigene Grafik)

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Bestimmung des C/N-Verhältnisses, des Wassergehaltes der Originalsubstanz und des Salzgehaltes der TS abzulesen. Diese Werte (außer Treibsel) beziehen sich auf den Durchschnitt aller Seegras- und Algen-Proben.

Tabelle 1: C/N-Verhältnis und weitere Inhaltsstoffe des Treibsel.

Probe	C/N-Verhältnis	% Wassergehalt in Originalsubstanz	Salzgehalt mg/100g in Trockensubstanz (TS)
Mischprobe/ Treibsel	13:1	81,26	-
Ø Seegras	19:1	82,65	1970,00
Ø Algen	13:1	79,86	3230,00

4 Diskussion

Im Sinne des Düngegesetzes (DüngG) ist Treibsel ein Düngemittel, da wesentliche Nährstoffgehalte ($> 1,5$ vom 100 Gesamt-N oder $> 0,5$ vom 100 P in der TS) vorliegen (§ 2 Satz 1 Nummer 1 DüngG, § 2 Satz 1 Nummer 11 DüV). Diese Messwerte werden jedoch im natürlichen Treibselgemisch durch den Sandanteil verdünnt. Die befragten Experten äußerten jedoch auch, dass „[Treibsel] in die Richtung einer Gabe [geht], die beides kann. Der Kohlenstoff und Stickstoff [enthält], was zu einer nachhaltigen Bodenverbesserung mit Düngungswirkung führt“ (E 3). Eine Bodenverbesserung wird bspw. durch die Unterstützung der Humusbildung bewirkt, was auch von den Experten oftmals genannt wurde. Der Bodenhumus beeinflusst nahezu alle Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen.

So dient die humose Schicht des Bodens bspw. als langfristige Nährstoffquelle, Wasserspeicher, Medium für Adsorptionsmechanismen, Stabilisator des pH-Wertes usw. (Lfl o.J.). Das in der vorliegenden Arbeit errechnete C/N-Verhältnis bietet an dieser Stelle ein Indiz für die potentielle Humusbildung auf landwirtschaftlichem Boden durch Treibsel. Es dient als Kenngröße für die Mineralisierung. „Liegt das C/N-Verhältnis unter 20:1, ist dies ein Hinweis dafür, dass die Mikroorganismen die organische Substanz leichter zersetzen können [...]“ (LKSH 2018, S. 17). Für das Treibsel wurden durchschnittliche C/N-Verhältnisse von 13:1 für das Treibselgemisch sowie für den Algenanteil und 19:1 für die Seegrasproben ermittelt; daraus lässt sich ableiten, dass das Treibsel für den Mineralisationsprozess zur Verfügung steht und somit als Lieferant für Nährhumus dient. Beim Algenanteil des Treibsel stimmt diese Aussage mit den alltäglichen Erfahrungen, die bspw. am Strand mit Treibselanfall gemacht

werden, überein: das Material setzt Geruchsstoffe frei, was auf Umsetzungsprozesse hindeutet und die Algenbestandteile sind nach einer vergleichsweise kurzen Zeit zersetzt, jedoch trifft dies nicht auf das Seegras zu. Die C/N-Verhältnisse des *Zostera* deuten in diesem Fall eine schnelle Umsetzung des Materials an, das entspricht jedoch nicht den Beobachtungen, die im Bereich der Hochschorre der Ostseeküste gemacht wurden. Erfahrungsgemäß verbleibt das Seegras entlang der Hochschorre und vertrocknet, wenn es nicht während einer Strandsäuberung geräumt wird. Zusätzlich wird Seegras bspw. auch zum Bau naturbelassener Dünen verwendet.

Zusammenfassend widersprechen diese Sachverhalte der Annahme einer raschen Umsetzung. Im Expertengespräch mit dem Kieler Agrarwissenschaftler konnte festgestellt werden, dass es „[entscheidend] ist, ob der Kohlenstoff oder der Stickstoff [in Form von] leicht oder schwer umsetzbaren Molekülen [vorliegen]. Schwer umsetzbar wäre z.B. Lignin [...]“ (E 3). Durch die Einlagerung von Lignin in pflanzliche Zellwände wird eine Verholzung oder auch Lignifizierung verursacht. Die Verholzung dient der Erhöhung der mechanischen Festigkeit. *Zostera marina* enthält ca. 5 % Lignin. Diese lignocellulosehaltigen Stoffe werden vergleichsweise langsam über einen längeren Zeitraum abgebaut, während die leichtlöslichen Substanzen mineralisiert werden. Zudem weist Seegras einen Gehalt an Kieselsäure und Borverbindungen auf, die konservierend wirken. Dies wirkt sich ebenfalls vorteilhaft auf den Humusaufbau aus, denn zur Bildung von Dauerhumus dienen schwer abbaubare organische Bestandteile, die außerdem die Durchlüftung und die Wasserhaltefähigkeit des Substrats fördern (Kull 2005, S. 78; Gerath und Müller 2012, S. 700 f.; Möller und Schultheiß 2014, S. 46; Davies et al 2007, S. 4850 ff.; Klap et al 2000, S. 1 ff.).

Nach der Definition des § 2 der Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüV) enthalten die Treibselproben wesentliche N-Gehalte. Bei den P-Werten wiederum ist dieser Sachverhalt nicht ganz eindeutig. Die Einrechnung in die Bilanzierung könnte durch die Streuung der ermittelten N- und P-Werte erschwert werden.

Nach Aussage des MELUND kann dieser Bereich der Nährstoffschwankungen wie beim Wirtschaftsdünger mit der Dauer der Anwendung besser definiert und somit die Einrechnung in die Bilanzen erleichtert werden (E 4). Derweilen ist Treibsel nach Expertenmeinungen nicht anders einzuordnen als andere organische Dünger bzw. Bodenhilfsstoffe.

Die Tabelle 2, deren Inhalte sich an den Expertenaussagen orientieren, zeigt die chemischen Zusammensetzungen gängiger organischer Dünger im Vergleich mit den Treibselwerten.

Tabelle 2: Nährstoffvergleich organischer Dünger.

	N	C	P	Ca	Mg	K	C/N	Salz
	% TS			mg/ 100g TS				
Treibsel	2,68	33,85	200	1740	784	1567	13:1	-
Seegras	2,05	37,83	145	1873	831	485	19:1	1970
Algen	2,63	35,14	242	1838	792	1984	13:1	3230
Rindermist¹⁾	2,27	39,5 ²⁾	520	1980	390	3210	24:1	-
Grüngut- kompost¹⁾	1,15	22,5	220	3104)	440	850	20:1	700
Bioabfall- kompost¹⁾	1,45	22,5	310	274	450	980	16:1	1400

Quelle: 1) Möller und Schultheiß 2014; 2) Meyer et al. 2011; alle Daten entsprechend umgerechnet.

Diese Tabelle macht ersichtlich, dass sich Treibsel grundsätzlich nicht von anderen organischen Materialien, welche in der Landwirtschaft eingesetzt werden, unterscheidet und somit eine Anwendung in der Landwirtschaft als organischer Dünger bzw. Bodenhilfsstoff möglich wäre.

Die Angaben für Seegras und Algen errechnen sich als Durchschnitt aller genommenen Proben. Die Tabellenwerte des Treibselns ergeben sich aus der Mischprobe. Die Tabelle 2 zeigt auf, dass die N-Gehalte von Treibsel und seinen Bestandteilen grundsätzlich mit Rindermist vergleichbar sind. Zusätzlich ist zu erkennen, dass Treibsel einen höheren N-Gesamtanteil aufweist als die aufgeführten Komposte. Im Kontrast dazu stehen die P-Gehalte. Treibsel als Mischmaterial und das Seegras enthalten die geringsten Konzentrationen an P. Die Algen weisen im Vergleich dazu zwar mit 242 mg P/ 100 g TS höhere P-Gehalte auf, jedoch sind die P-Konzentrationen von Bioabfallkompost und Rindermist signifikant höher.

Neben N und P gehören K, Mg und Ca zu den essenziellen Makronährstoffen der Pflanzen. Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass Treibsel im Vergleich zu Rindermist weniger Kalium enthält. Viele organische Düngemittel sowie Bioabfall- und Grüngutkompost enthalten für die Düngung geringe K-Gehalte. Die Algenanteile des Treibselns bieten dementsprechend eine bessere K-Düngung als Bioabfälle und Grüngutkomposte.

Mit den in Tabelle 2 gegengestellten Ca-Gehalten verhält es sich ähnlich. Das Treibsel weist eine mit Rindermist vergleichbare Ca-Konzentration auf und enthält damit mehr Ca als die aufgeführten Komposte. Auch die Mg-Werte des Treibselns und aller seiner Komponenten sind höher als die der ausgewählten organischen Dünger. Zusammenfassend unterstützt die Tabelle 2 die o.g. Expertenmeinungen, dass Treibsel grundsätzlich nicht anders zu bewerten ist als andere organische Dünger.

Neben den Nährstoffgehalten zeigt die Tabelle 2 auch die Salzgehalte ausgewählter organischer Dünger. Es ist zu erkennen, dass der Salzgehalt der Algen hierbei hervorsteicht. Eine Gefährdung von Boden und Pflanze sehen die Experten jedoch nicht.

Nach der Düngemittelverordnung (DüMV) Anlage 2 Tabelle 1 gelten Kennzeichnungsschwellen für Salzgehalte ab 0,5 Gramm pro Liter für Kultursubstrate. Grenzwerte für Salzgehalte in Düngemitteln wurden nicht definiert. Aus dem Meer oder Ozean stammendes Pflanzen- und Algenmaterial wurde und wird weltweit in küstennahen Regionen zur landwirtschaftlichen Nutzung verwendet. Besonders in vergangenen Zeiten, als keine wissenschaftlichen Daten als Grundlage zur Düngemittelnutzung verwendet wurden, waren Beobachtungen und Erfahrungen der Anwender Schlüsselemente für die weitere Nutzung oder das Aufgeben von landwirtschaftlichen Techniken. Da Treibsel vor dem Zweiten Weltkrieg ein gängiges Düngemittel war und heute noch, bspw. in Frankreich und Irland, zur Düngung verwendet wird, lässt sich vermuten, dass keine negativen Auswirkungen durch den Salzgehalt des Treibselns zu erwarten sind. Dabei ist jedoch davon auszugehen, dass die Salzgehalte des in Irland oder Frankreich angespülten Treibselns aufgrund der höheren Salinität des Nordostatlantiks im Vergleich zum Brackwasser der Ostsee höher sind als die des Ostsee-Treibselns (Gerath und Müller 2012, S. 451 ff.; Mesnildrey et al 2012, S. 3 ff.; Netalgae 2012, S. 3 ff.; Brijesh und Declan 2015, S. 1 f.).

Neben den Nährstoffen wurden auch die Schwermetallgehalte des Treibselns untersucht. Um eine Belastung durch Schwermetalle von landwirtschaftlichen Böden zu vermeiden, wurden verschiedene Grenzwerte für Schwermetallkonzentrationen in Düngemitteln in der Bioabfallverordnung (BioAbfV) und der DüMV formuliert. Bezüglich der Blei (Pb) -, Chrom (Cr) -, Nickel (Ni) - und Quecksilber (Hg) -Konzentrationen des untersuchten Treibselns lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die Höchstwerte weit unter den Kennzeichnungsschwellen und Grenzwerten der DüMV sowie der BioAbfV liegen. Dies gilt jedoch nicht für die Arsen (As) - und Cadmium-Gehalte (Cd) des Treibselmaterials (Anlage 2 Tabelle 1 DüMV, § 4 Absatz 3 Satz 1 BioAbfV). Im Hinblick auf die As-Gehalte wurde die Kennzeichnungsschwelle der DüMV überschritten. Es handelt sich zwar nicht um ein Anwendungsverbot, jedoch deutet es darauf hin, dass die As-Konzentrationen von Treibsel in der landwirtschaftlichen Anwendung beobachtet werden sollten. Ähnliches lässt sich auch für die Cd-Werte

feststellen. Hierbei wurden die Grenzwerte der BioAbfV und der DüMV von jeweils einer Seegrass- und Algenprobe überschritten. Partien, welche die Grenzwerte übersteigen, dürften nach § 6 Absatz 1 BioAbfV und § 3 Absatz 1 Satz 3 nicht landwirtschaftlich verwertet werden.

Zudem überschreiten zwei weitere Proben mit 1,09 mg Cd/ kg TS und 1,17 mg Cd/ kg TS die Kennzeichnungsschwellen der DüMV. Dabei ist zu beachten, dass die Schwermetallkonzentrationen des Mischmaterials Treibsel aller Voraussicht nach niedriger ausfallen würden.

Dennoch ist dies ein Hinweis darauf, dass das Treibsel auf Schwermetallbelastungen hin überprüft werden muss, wenn es in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Die Experten sagten diesbezüglich, dass solche Überprüfungen ebenfalls für andere organische Düngemittel wie Klärschlämme oder Bioabfälle durchgeführt werden müssten; demzufolge könnte das Treibsel wie bspw. die eben genannten Dünger eingesetzt werden, wenn eine Kontrolle der Schwermetalle erfolgt.

Zudem ist die Anwendung in küstennahen Regionen zu empfehlen, um die Nutzung möglichst effizient zu gestalten, denn der hohe Wassergehalt des Treibselmaterials führt zu einer Steigerung der Transportkosten. Abschließend kann festgehalten werden, dass die Verwertung von Treibsel in der Landwirtschaft eine Alternative zur Entsorgung bietet. Die Verwertung ist nicht nur im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel und das steigende Müllaufkommen sinnvoll, sondern auch landbaulich vorteilhaft und düngemittelrechtlich möglich.

5 Fazit

Die erhobenen Primärdaten können zukünftig als Grundlage für die Argumentation bei Fragen zur landbaulichen Nutzung von Treibsel dienen. Hierbei ergab sich, dass Treibsel nach düngemittelrechtlicher Definition als Dünger einzustufen ist, da wesentliche N- und P-Gehalte ($> 1,5$ vom 100 Gesamt-N oder $> 0,5$ vom 100 P in der TS) im Material festgestellt worden sind. Die Diskussion zeigte, dass Treibsel durch die Mischung von schnell und langsam abbaubarer Materie die Bildung von Nähr- sowie Dauerhumus in landwirtschaftlichen Böden fördern könnte. Weiter wurde erörtert, dass der Salzgehalt als unproblematisch zu bewerten ist, wenn das Treibsel nicht auf salzempfindlichen Kultursubstraten ausgebracht wird. Zusammenfassend standen alle Experten und somit auch die zuständigen Behörden dem Einsatz von Treibsel in der Landwirtschaft positiv gegenüber, da dadurch die Kreislaufwirtschaft gestärkt wird und keine Beeinträchtigungen durch die Anwendung auf Boden, Pflanzen und Umwelt zu erwarten sind. Zudem wurden die Analyseergebnisse hinsichtlich der Anforderungen des Düngemittelrechts überprüft. Zum größten Teil entspricht Treibsel den genannten Anforderungen.

Andererseits wurde festgestellt, dass zwei der beprobten Standorte Cd-Konzentrationen zeigten, welche die Grenzwerte der DüMV und BioAbfV überschreiten. Das bedeutet, dass schadstoffbezogene Untersuchungen weiterhin erfolgen müssten. Zusätzlich ist zu beachten, dass die DüMV auch Grenzwertunterschreitungen von organischen Schadstoffen und Fremdbestandteilen fordert. Folglich werden noch weitere schadstoffbezogene Analysen von Treibsel benötigt. Außerdem sind weitere Referenzanalysen des Ostseetreibsels bzw. des Treibsels der Kieler und Lübecker Bucht sinnvoll, um ein Spektrum für die Nährstoffschwankungen zu entwickeln und um das Material für die Verwendung in der Landwirtschaft besser einschätzen zu können.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Verwertung von Treibsel in der Landwirtschaft eine Alternative zur Entsorgung bietet. Die Verwertung ist nicht nur im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel und das steigende Müllaufkommen sinnvoll, sondern auch hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit landbaulich vorteilhaft und düngemittelrechtlich möglich.

Literatur

- Bioabfallverordnung (BioAbfV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. April 2013 (BGBl. I S. 658), die durch Artikel 3 Absatz 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
- Davies, P., Morvan, C., Sire, O. und Baley, C. (2007): Structure and properties of fibres from sea-grass (*Zostera marina*). In: *Journal of Materials Science* 42, S. 4850 – 4857.
- Brijesh, K. T. und Declan, J. T. (Hrsg.) (2015): *Seaweed Sustainability. Food and Non-Food Applications*. London.
- Düngegesetz (DüngG) vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1068) geändert worden ist.
- Düngemittelverordnung (DüMV) vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305) geändert worden ist.
- Düngeverordnung (DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305).
- Gerath, H. und Müller, H. (2012): *Seegrass. Biologie und ökologische Bedeutung der Seegräser in Nord- und Ostsee aus globaler Sicht. Entsorgung und Verwertung des Treibgutes an der Küste Nordwest-Mecklenburgs*. Malchow, Insel Poel.
- Klap, V., Hemminga, M. A. und Boon, J. J. (2000): Retention of lignin in seagrasses: angiosperms that returned to the sea. In: *Marine Ecology Progress Series* 194, S. 1 – 11.
- Kull, U. (2005): *Grundriss der Allgemeinen Botanik*. 2. Auflage. Stuttgart.
- LfL = Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (o.J.): *Bedeutung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit*. URL: <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031125/index.php> (Stand: 28.12.2018).
- LKSH = Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2018): *Richtwerte für die Düngung 2018*. 24. Auflage. Rendsburg.
- Mayer, H. O. (2013): *Interview und schriftliche Befragung. Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung*. 6. Auflage. München.
- Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 11. Auflage. Weinheim und Basel.
- MELUND = Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (2018): *Landwirtschaft in Schleswig-Holstein – ein Porträt in Zahlen*. URL: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/Service/Broschueren/Broschueren_V/Landwirtschaft/pdf/broschuereLandwirtschaftSH2018.pdf?__blob=publicationFile&v=9 (Stand: 05.01.2019).
- Mesnildrey, L., Jacob, C., Frangouides, K., Reunavot, M. und Lesueur, M. (2012): *Seaweed industry in France*. Rennes Cedex.
- Meuser, M. und Nagel, U. (1991): ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Garz, D. und Kraimer, K. (Hrsg.): *Qualitativ-empirische Sozialforschung. Konzepte, Methoden, Analysen*. Opladen, S. 441 - 471.
- Meyer, D., Dittrich, B., Köhler, B. und Kolbe, H. (2011): Nähr- und Schadstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern des ökologischen Landbaus in Sachsen. In: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): *Berichte aus dem Ökolandbau* (6). (o.O.), S. 16-32.
- Möller, K. und Schultheiß, U. (2014): *Organische Handelsdüngemittel im ökologischen Landbau. Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis*. Darmstadt.
- Netalgae (Hrsg.) (2012): *Seaweed industry in Europe*. URL: http://www.seaweed.ie/irish_seaweed_contacts/doc/Filieres_12p_UK.pdf (Stand: 31.12.2018).

Adresse

Regina Rollhäuser
 Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Ludewig-Meyn-Straße 14
 24118 Kiel

regina_rollhaeuser@web.de



Vom Strand auf den Acker? Chancen und Hemmnisse des Einsatzes von Treibsel in Landwirtschaft und Gartenbau

Steffen Aldag & Martin Staemmler

Hanseatische Umwelt CAM GmbH, Deutschland

Abstract

According to literature and the results of investigations of agricultural soils near the coast, marine biomass has been used for several thousand years both in fresh and in composted form as a fertilizer and a soil improver. In the light of today's focus on beach wrack as waste material from beach cleaning, direct utilisation in agriculture and composting can be regarded as the quantitatively most important utilisation routes. It has been shown that composting can be classified as a very safe recycling process regarding the monitoring of impurities (plastics), heavy metals and organic pollutants. A look at the climate relevance of beach wrack recycling shows that through proper recycling and storage, large amounts of the carbon stored in the beach wrack can be bound in the soil in the long term. Improper storage and dumping, on the other hand, leads to the emission of the gases methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) which have a high climate impact. The practical example given in this paper of how beach wrack based composts are used for the production of active lawn soils shows only one of the many recycling solutions for beach wrack from beach cleaning. Further promising reports on the use of marine biomass in agriculture and horticulture from France, Sweden and Poland document the active search by researchers and practitioners for a sustainable recycling solution for algae and sea grass that works in a closed-loop economy. Here the utilization of marine biomass from beach cleaning offers a promising solution to make coastal agriculture more sustainable and to reduce the recycling costs of beach wrack in the long term.

1 Hintergrund

Wie aus der Literatur und den Untersuchungsergebnissen küstennaher landwirtschaftlich genutzter Böden hervorgeht, wurde marine Biomasse schon seit mehreren tausend Jahren sowohl frisch als auch in kompostierter Form als Dünger und Bodenverbesserer eingesetzt. Mit Blick auf die heutige Fokussierung des Treibsel als Reststoff der Strandreinigung, können die direkte Verwertung in der Landwirtschaft und die Kompostierung als die quantitativ wichtigsten Verwertungswege angesehen werden. Dabei zeigt sich, dass insbesondere die Kompostierung hinsichtlich der Überwachung von Störstoffen (Kunststoffe), Schwermetallen und organischen Schadstoffen als ein sehr sicheres Verwertungsverfahren eingestuft werden muss. Ein Blick auf die Klimarelevanz der Treibselverwertung zeigt, dass durch eine sachgerechte Verwertung und Lagerung große Teile des im Treibsel gespeicherten Kohlenstoffs langfristig im Boden gebunden werden können. Unsachgemäße Lagerung und Verklappung hingegen führen zur Emission der hochklimawirksamen Gase Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O). Das in diesem Beitrag erläuterte praktische Beispiel, wie treibselbasierte Komposte für die Herstellung aktiver Rasenerden verwendet werden, zeigt nur eine der vielfältigen Verwertungslösungen für Treibsel aus der Strandreinigung. Weitere vielversprechende Berichte zum Einsatz mariner Biomasse in Landwirtschaft und Gartenbau aus Frankreich, Schweden und Polen dokumentieren die aktive Suche von Forschern und Praktikern nach einer nachhaltigen Verwertungslösung von Algen und Seegras, die in einer Kreislaufwirtschaft funktioniert. Hierbei bietet die Verwertung von mariner Biomasse aus der Strandreinigung eine aussichtsreiche Lösung, die küstennahe Landwirtschaft nachhaltiger auszurichten und die Verwertungskosten von Strandräumgut langfristig zu senken.

2 Einleitung

Strandanwurf und seine Bestandteile, auch Treibsel genannt, wird seit Jahrhunderten sowohl in kompostierter als auch in frischer Form zur Bodenverbesserung in der küstennahen Landwirtschaft eingesetzt (McHugh, 2003; Metting et al., 1990; Michalak and Chojnacka, 2013). So wurde z.B. auf der schwedischen Ostseeinsel Gotland Treibsel zum Aufbau der trockenen und nährstoffarmen Böden über viele hundert Jahre eingesetzt. Das Ausbringen mariner Biomasse über einen langen Zeitraum versorgte die küstennahen Böden Gotlands mit Nährstoffen, erhöhte ihre Struktur und verbesserte die Wasserspeicherkapazität (Franzén et al. 2019). Die auf der Ostseeinsel Poel verbreiteten und als Chernozeme klassifizierten mächtigen, dunklen und fruchtbaren Böden sind bereits 3100 bis 2000 v. Chr. entstanden. Die hohe Fruchtbarkeit der Böden ist dabei vor allem auf die Nutzung von Seegras und Algen zur Bodenverbesserung zurückzuführen (Acksel et al., 2017).

Die zielgerichtete Entnahme bzw. Ernte des gesamten Treibselgemisches zur Verwertung in der Landwirtschaft geriet mit der Einführung von synthetisch-mineralischen Düngern ab den 1950er Jahren in Vergessenheit (Franzén et al., 2019). Heute fällt Treibsel i.d.R. nur noch bei der Strandreinigung an, mit dem primären Ziel, die Badestrände schnell und kostengünstig zu reinigen (Mossbauer et al., 2012). Das am Strand zusammengefahrenere Treibsel ist somit von einem für Landwirte geschätztem Bodenverbesserer in der vorindustriellen Zeit zu einem ungenutzten Wertstoff geworden, der mit hohem Kostenaufwand entsorgt werden muss. Die Frage, wie die Ressource Treibsel sinnvoll und nachhaltig genutzt werden kann, wurde daher in den letzten 15-20 Jahren in vielen Forschungs- und Anwendungsprojekten europaweit untersucht (Liste bei Mossbauer et al., 2012). Neben anderen stofflichen Verwertungswegen, wie z.B. der Nutzung einzelner pflanzlicher Bestandteile, wie reinem Seegras oder Algen, steht bei der stofflichen Verwertung von Ostsee-Treibsel in Landwirtschaft und Gartenbau die Verarbeitung großer Mengen der gesamten Treibselmischung inkl. Sand, Organik, Muscheln etc. im Vordergrund.

3 Marine Biomasse als Dünger und Bodenverbesserer

Der Einsatz von Algen oder Algenextrakten in Landwirtschaft und Gartenbau kann auf der einen Seite die Durchlüftung und Aggregatstabilität des Bodens verbessern, und auf der anderen Seite durch die langsame Abgabe der enthaltenen Nährstoffe die Pflanze ernähren. Die bodenverbessernde Wirkung wird dabei auf die in Algen enthaltene Alginsäure (Alginate) zurückgeführt (Metting et al., 1990). Durch eine Kompostierung der Algen /des Treibsel werden Alginate und andere wertgebende Inhaltstoffe in besonderem Maße pflanzenverfügbar gemacht und fördern die Pflanzengesundheit, das Pflanzenwachstum, die Wurzelmassebildung (LVG, 1989) sowie die Stabilisierung der Krümelstruktur des Bodens. Die in der Literatur beschriebenen positiven Auswirkungen des Einsatzes mariner Biomasse in der Landwirtschaft im vorindustriellen Zeitalter deuten dabei auf die Verwendung des gesamten angespülten Materials hin (Franzén et al., 2019).

Bei der heutigen Verwertung mariner Biomasse steht hingegen vermehrt die positive Wirkung bestimmter isolierter Stoffe der Pflanzenbestandteile, wie die Alginsäuren, im Fokus der Forschung und Anwendung algenbasierter Düngerprodukte (Metting et al., 1990). Diese Verwertungsform bedingt allerdings eine aufwändige Aufbereitung und Separierung der einzelnen Treibselbestandteile, eine zielgerichtete Ernte aus dem Wasser oder ein rohstofforientiertes Sammeln vom Strand. Viele positive Wirkungen von Algen auf Pflanzen- und Wurzelwachstum sowie Bodenstruktur und Fruchtbildung werden in der Literatur beschrieben.

Die folgende Aufzählung gibt einen Überblick (nach Metting et al., 1990):

- höhere Erträge
- erhöhte Nährstoffaufnahme
- Veränderung des pflanzlichen Zellgewebes
- erhöhte Resistenz gegen Frost
- erhöhte Resistenz gegen Pilzkrankheiten und Insektenbefall
- längere Haltbarkeit der Früchte
- stärkeres Wurzel - und Massenwachstum der Pflanzen
- Verbesserung der Bodendurchlüftung und der Bodenstruktur

Studien, die sich mit der Wirkung von Algenwirkstoffen auf Pflanzenwachstum und Bodenverbesserung beschäftigen, haben ihren Fokus i.d.R. auf Braunalgen wie Knotentang (*Ascophyllum nodosum*), Seebambus bzw. Kelp (*Ecklonia maxima*) oder Blasentang (*Fucus vesiculosus*) gesetzt. Seegras, wie das in der Ostsee weit verbreitete gewöhnliche Seegras *Zostera marina*, wird hingegen nicht explizit beschrieben. Bei der Verwertung von Ostseetreibsel spielen die Verwertungseigenschaften von Seegras allerdings eine wichtige Rolle, da je nach Region bis zu 70% Seegras im organischen Teil des Treibsel enthalten sein können. Die hohe biologische Beständigkeit von *Zostera Marina* ist dabei auch auf Inhaltsstoffe wie Rosmarin-, Zosterin-, oder Azelainsäure sowie den natürlichen Borsalzgehalt zurückzuführen (Papazian et al., 2019; Scheiding and Plaschkies, 2007). Beobachtungen von Seegrasakkumulationen am Strand und von mit Seegras gedüngten landwirtschaftlichen Flächen bestätigen eine sehr langsame biologische Zersetzung des Materials (Rollhäuser, 2019). Bei einer 2-jährigen quantitativen und qualitativen Erfassung der Treibselmengen an der Küste Nordwestmecklenburgs in den Jahren 1998-2000 lag der Anteil an Algen bei 34% und der von Seegras bei 66%. Auf der Insel Poel lag der Anteil an Seegras sogar bei 72% (Gerath and Müller, 2012). Mit Blick auf die weit verbreiteten fruchtbaren Böden der Insel Poel ist somit anzunehmen, dass auch die langsame Zersetzungsrate des Seegrases dazu beigetragen hat, dass die Böden auf der Ostseeinsel bis heute so fruchtbar sind und einen hohen Kohlenstoffgehalt aufweisen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen regen Acksel et al. (2017) an, auch heute wieder Algen, Seegras und andere marine Biomasse, am besten kompostiert, zur Bodenverbesserung in der küstennahen Landwirtschaft einzusetzen (Acksel et al., 2017).

Marine Biomasse als Reststoff aus der Strandreinigung stellt immer ein Gemisch aus verschiedenen Makro- und Mikroalgen dar. Dazu kommt Organik von Kleintieren (Meso- und Makrofauna) sowie Sand und Muschelschalen. Daher sollten bei der Verwertung in Landwirtschaft und Gartenbau die positiven Wirkungen des gesamten Treibselgemischs berücksichtigt werden. Eine Aufbereitung und Separierung der einzelnen Bestandteile ist sehr kosten- und energieintensiv und kann sich negativ auf die Rohstoffqualität (z.B. reines Seegras) auswirken (Mossbauer et al. 2012). Praktische Erfahrungen in der Kompostierung haben gezeigt, dass auch große Mengen des schwerer zersetzbaren Seegrases *Zostera marina* im Zuge der Misch-Kompostierung von terrestrischen Pflanzenmaterialien mit Treibsel innerhalb von 3-4 Monaten weitgehend mineralisiert waren. Die langsamer zersetzbaren (Lignocellulose) Anteile erhalten in dem Fertigkompost bzw. den Erden das Porenvolumen (Strukturbildner) und ersetzen somit anteilig auch bisher verwendete strukturstabile Weißtorfzumischungen.

4 Treibselverwertungswege in Landwirtschaft und Gartenbau

Sowohl mit der direkten Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen als auch mit der Kompostierung von Treibsel können große Mengen stark verunreinigten Materials mit hohen Sandanteilen stofflich verwertet werden. Abbildung 1 zeigt den schematischen Ablauf der beiden Verwertungswege.

Beim Zusammenschieben und Verladen des Treibselns können Sandgewichtsanteile von bis zu 90% erreicht werden (Mossbauer et al., 2012). Bei diesen Treibselchargen ist es sinnvoll, in strandnahe einen Großteil des Sandes abzusieben und für Küstenschutzmaßnahmen zum Strand zurückzuführen (hierfür ist eine Genehmigung der zuständigen Umweltbehörde einzuholen).

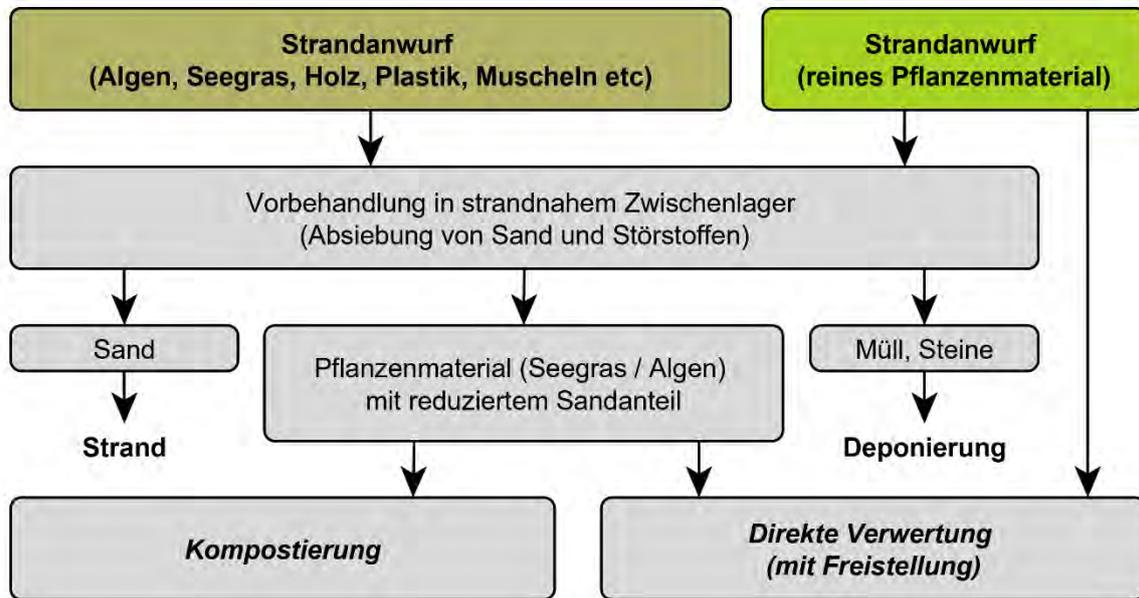


Abb. 1 Treibselverwertungswege in der Landwirtschaft. (Vereinfachte Darstellung nach MWAG-MV, 2018)



Abb. 2a: Absieben von Treibsel an der Wohlenberger Wiek (Foto: Sebastian Krauleidis)



Abb. 2b: Anlieferung Treibselgemisch (hoher Sandanteil) im Kompostwerk Sandhagen (Foto: Martin Staemmler)

Durch das strandnahe Absieben in einer Trommelsiebanlage mit 20 mm Siebmasche kann der Sandgewichtsanteil auf 30-50% reduziert werden (Abbildung 2a und 2b). Erst die Reduzierung des Sandanteils in dieser Größenordnung ermöglicht es überhaupt, Treibsel auf dem Acker oder in der Kompostierung sinnvoll einzusetzen. Mit der ersten Absiebung werden auch Störstoffe, wie z.B. Kunststoffe oder große Steine, vom Treibsel getrennt. Nichtsdestotrotz ist vor allem bei der direkten Verwertung von Treibsel auf landwirtschaftlichen Flächen die Gefahr größer, dass Kunststoffe oder auch Schadstoffe in die Ackerböden eingebracht werden. Die fertigen Komposte werden i.d.R. vor der

Inverkehrbringung mit einer Maschenweite von 12-20 mm fein abgesiebt. Dies ermöglicht eine bessere Störstoffkontrolle im Vergleich zur direkten Verwertung von Treibsel. Dazu kommen die hohen Anforderungen für das Inverkehrbringen von Komposten hinsichtlich Meldepflichten und Schadstoffüberwachung und der Abbau vieler organischer Schadstoffe im Zuge der Kompostierung.

3.1 Direkte Verwertung von Treibsel auf landwirtschaftlichen Flächen

Nach Erteilung der behördlichen Freistellung der Behandlungspflicht nach §10 der Bioabfallverordnung (BioAbfV), kann Treibsel aus der Strandbewirtschaftung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden. Dabei muss sowohl die Herkunft als auch der Verbleib des Materials vorab nachgewiesen werden (Nachweisverfahren nach BioAbfV). Es dürfen grundsätzlich nur Pflanzenbestandteile des Treibels ausgebracht werden (MWAGMV, 2018). Je nach Strandabschnitt und der Ernte- und Verladetechnik bedeutet dies, dass der anhaftende Sand von der Organik getrennt werden muss. Die Vor- und Nachteile der direkten Verwertung mariner Biomasse sind nachfolgend aufgelistet:

- ⊕ einfach in der praktischen Umsetzung
- ⊕ große Mengen verwertbar
- ⊕ Sand i.d.R. kein Problem
- ⊕ kurze Wege
- ⊕ geringer maschineller Aufwand
- ⊕ schwer abbaubare Bestandteile vom Seegras erhöhen Struktur und Durchlüftung des Bodens

- ⊖ Behördliche Freistellung erforderlich
- ⊖ nur Pflanzenmaterial / geringe Sandanteile verarbeitbar
- ⊖ Vorverarbeitung (Siebung) notwendig
- ⊖ Kunststoffe/Störstoffe und Schadstoffe auf dem Acker- Grundsätzliche Gefahr höher als in der Kompostierung
- ⊖ Kohlenstoffverlust -> Klimarelevanz
- ⊖ Homogenität (Zusammensetzung und Inhaltsstoffe) und Anforderungen des Düngemittelrechts
- ⊖ Anrechnung der schwankenden N-gehalte organischer Dünger

3.2 Kompostierung von Treibsel

Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Kompostierung von reinem Treibsel (Algen, Seegras, Sand) nicht funktioniert, da sich die für die thermophile Kompostierung notwendige Temperatur von mindestens 55°C nicht einstellt. Dies liegt zum einen an dem hohen Sandanteil, zum anderen ist bei hohen Anteilen an Seegras das Problem, dass der im Seegras gebundene Kohlenstoff nicht für die Mikroorganismen verfügbar ist. Daher wird das frische oder abgelagerte Treibsel zur Kompostierung z.B. mit Grünschnitt, Laub oder Grasschnitt vermischt. In Studien, die sich mit der Kompostierung mariner Biomasse beschäftigen, variieren die Mischungsverhältnisse von mariner Biomasse zu terrestrischer Biomasse (Grünschnitt, Laub, Grasschnitt, Holz) zwischen 80/20 bis 20/80 (Michalak and Chojnacka, 2013). Eigene Erfahrungen mit dem Zumischen von Ostseetreibsel in der Kompostierung haben gezeigt, dass das optimale Mischungsverhältnis bei 30/70 liegt (langjährige Erfahrung der Hanseatischen Umwelt

CAM GmbH, siehe auch www.hanseatischeumwelt.de). Die Vor- und Nachteile der Kompostierung mariner Biomasse sind nachfolgend aufgelistet: Hygienisierung

- ⊕ Abbau evtl. vorhandener organischer Schadstoffe
- ⊕ langfristige Kohlenstoffbindung
- ⊕ langfristige Bodenverbesserung (Humusaufbau) durch Kompostgabe
- ⊕ große Mengen verwertbar
- ⊕ Sand nützlich ($\leq 30\%$) Durchlüftung des Bodengefüges wird verbessert und als mineralischer Anteil in der Kompostierung eingesetzt
- ⊕ Verfahrenssicherheit der langfristigen Verwertung

- ⊖ zeit- und arbeitsintensiv
- ⊖ zugelassener Verwertungsbetrieb notwendig
- ⊖ maschineller Aufwand (umsetzen, absieben, transportieren)
- ⊖ Überwachungs- und Dokumentationspflichten

4 Klimarelevanz der Treibselverwertung in Landwirtschaft und Gartenbau

Die jährlich abgefahrenen Mengen an Treibsel aus der Strandreinigung enthalten entsprechend ihres Anteils mariner Biomasse naturgemäß pflanzengebundenen Kohlenstoff. Im Zuge des biologischen Abbauprozesses wird ein Großteil des Kohlenstoffes in Form von CO_2 an die Atmosphäre abgegeben. Allerdings können durch z.B. unsachgemäße Lagerung oder Weiterverarbeitung des Treibselns auch klimarelevante Emissionen durch die Freisetzung von Methan oder Lachgas entstehen. Die Klimawirksamkeit von Methan (CH_4) ist rund 23mal und die von Distickstoffmonoxid (N_2O) sogar 310 mal so hoch wie Kohlendioxidemissionen für einen Zeithorizont von 100 Jahren (GWP 100 = kg CO_2 -Äquivalent pro kg Treibhausgas bezogen auf 100 Jahre Wirksamkeit in der Atmosphäre, Klöpffer & Grahl 2009). Mit Blick auf die Freisetzung von treibhausgasrelevanten Emissionen in der Treibselverwertung stellt sich also die Frage, welcher Verwertungsweg die geringsten Treibhausgasemissionen erwarten lässt. Eine ordnungsgemäße Verwertung von Treibsel beginnt daher auch schon bei der Aufnahme und Zwischenlagerung. Nach dem Zusammenschieben bzw. Zusammenfahren in strandnahen Zwischenlagern sollte das Material nicht zu lange in großen, aufgeschichteten Mieten lagern, da sich bei geringeren Sandanteilen im Inneren der Miete sehr schnell ein anaerobes Milieu einstellen kann, so dass es zu Gärprozessen kommt, bei denen Methan freigesetzt wird.

Enge Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisse (C/N) bei Treibselchargen mit hohen Algenanteilen können durch einen Stickstoffüberschuss zu einer unkontrollierten Freisetzung des sehr klimawirksamen Lachgases (N_2O) führen (Han et al., 2014). Da sowohl die Freisetzung von Methan als auch von Lachgas sehr stark von der stofflichen Zusammensetzung (Algen-, Seegrasanteil), dem C/N-Verhältnis sowie dem Sandgehalt abhängt, sollte die Art der sachgerechten Lagerung und Weiterverarbeitung für jede Treibselcharge einzeln zwischen dem Besitzer der Gewässerabfälle und dem Entsorger abgestimmt werden. Bei der Verwertung von Treibsel muss also die Frage im Vordergrund stehen: Mit welchem Verwertungsweg kann der größte Teil des im Treibsel gebundenen Kohlenstoffes langfristig gebunden werden? Ein gutes Beispiel ist die direkte Verwertung von reinem Seegras als Dämmmaterial im Hausbau oder als Stopfmateriel in Matratzen und Kissen. Hier wird der im Seegras gespeicherte Kohlenstoff über viele Jahrzehnte in Häusern und Betten gespeichert.

Mit Blick auf die notwendige Reduzierung des Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre spielen Wald und Landwirtschaftsflächen sowie trockengelegte Moore eine zentrale Rolle (Lal, 2009). Dabei ist die langfristige Kohlenstoffbindung in intakten Waldsystem unstrittig (FAO, 2012). Welchen Beitrag allerdings landwirtschaftliche Flächen als langfristige Kohlenstoffsенke leisten können, hängt ganz wesentlich von der Art der Bewirtschaftung ab. Der wichtigste Indikator für einen fruchtbaren Boden ist der Gehalt an langfristig gespeichertem Kohlenstoff in Form von Dauerhumus. Aktiver Aufbau von Dauerhumus in Kulturböden ist somit ein zentraler Bestandteil nachhaltiger Landbewirtschaftung (Dunst 2015). Für den Humusaufbau ist dabei vor allem ein intaktes Bodenleben notwendig. Durch die Gabe von Kohlenstoff in Form von z.B. Ernteresten, Treibsel oder Stallmist werden die Bodenlebewesen mit Energie versorgt. Unter Sauerstoffzufuhr (oberflächige Einarbeitung) erfolgt eine Mineralisierung der Organik durch Mikroorganismen, die dabei CO₂ emittieren und Nährstoffe zur Verfügung stellen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Anwendung von frischem organischem Material auf landwirtschaftlichen Flächen i.d.R. zu einer höheren Mineralisierungsrate führt, als bei der Anwendung von reifem Kompost (Raviv, 2015). Ein Großteil der frisch zugeführten organischen Masse geht dabei als CO₂ verloren und wird nicht in Form von Dauerhumus langfristig im Boden gespeichert (Dunst et al., 2011). Bei einer sachgerechten Kompostierung hingegen werden je nach Verfahren und Rohmaterial bis zu 50% des im Ausgangsmaterial enthaltenen Kohlenstoffs langfristig in das Kompostsubstrat eingelagert (Dunst, 2015; Tiquia et al., 2002). Durch die Anwendung von reifem Kompost auf dem Acker kann der Kohlenstoffgehalt des Bodens erhöht und langfristig stabilisiert werden. Neben der Auswahl des zugeführten organischen Materials haben auch die Art der Landbewirtschaftung sowie die klimatischen Verhältnisse einen großen Einfluss auf den Kohlenstoffhaushalt landwirtschaftlicher Böden (Adugna, 2016).

5 Rechtlicher Rahmen der Treibselverwertung in Deutschland

Neben der Frage, welchen Nutzen der Landwirt oder Gärtner von einer direkten Verwertung oder einer Kompostierung des Treibsel hat, gibt es für beide Verwertungswege klare regulatorische Vorgaben. Diese bauen auf dem übergeordneten Kreislaufwirtschaftsgesetz mit der Bioabfallverordnung und der landesbehördlich erteilten Freistellung auf und stellen den entsorgungsrechtlichen Rahmen von Gewässerabfällen aus der Strandreinigung dar. So sieht eine nach der Bioabfallverordnung korrekt durchgeführte Verwertung von Treibsel eine Hygienisierung und biologische Stabilisierung des Materials vor. Diese verfahrenstechnischen Anforderungen erfüllt neben der Karbonisierung nur die aerobe thermophile Kompostierung. Fertig kompostiertes Treibselmaterial muss darüber hinaus gemäß den Untersuchungsvorschriften für das Inverkehrbringen von Kompost auf mögliche organische Schadstoffe und Schwermetalle untersucht und der zuständigen Behörde der Verbleib des Materials nachgewiesen werden. Des Weiteren darf der Anteil der Störstoffe (z.B. Kunststoff) bei Grünschnittkomposten bezogen auf die Aufsichtsfläche der enthaltenen Störstoffe nicht größer als 15 cm²/l Prüfsubstrat sein (BGK, 2018). Im Ökolandbau liegt der Grenzwert bei 10 cm²/l. Diese Anforderungen gelten aber in gleicher Weise für die direkte Verbringung auf landwirtschaftliche Flächen, wobei hier die Kontrolle schwieriger und das Risiko der Überschreitung erheblich höher ist. Der Verwertungsweg Kompostierung kann mit Blick auf die Schadstoff- und Störstoffkontrolle somit als eines der sichersten Verwertungsverfahren für Treibsel aus der Strandreinigung eingeordnet werden. Sowohl die Wahl und das Mischungsverhältnis des Ausgangsmaterials als auch die Steuerung des Rotteprozesses durch angepasste Umsetzintervalle ermöglichen es, Komposte gleichbleibender Qualität hinsichtlich physikalischer und chemischer Parameter herzustellen. So stellt sich im Reifekompost ein stabiles C/N Verhältnis zwischen 13 und 19, ein neutraler pH-Wert um 7 und für jede Kompostart typische Nährstoffgehalte ein. RAL-zertifizierter Grünschnittkompost (Weitere Informationen zur RAL-Gütesicherung von Kompost unter: <https://www.kompost.de/guetesicherung/guetesicherung-kompost/>, Stand: 12.10.2019) hat in der Regel einen Gesamtstickstoffanteil von ca. 0,85%. Davon sind

bei Komposten allerdings nur 5 bis maximal 20% direkt pflanzenverfügbar. Der restliche Stickstoff ist in den Ton-Humus-Komplexen eingebaut und wird erst durch Wurzelsymbionten, wie dem Mykorrhizapilz, bei Bedarf pflanzenverfügbar gemacht (Dunst 2015).

6 Praktische Anwendungsbeispiele für die Nutzung mariner Biomasse in Landwirtschaft und Gartenbau

Der oft hohe Sandanteil im Treibsel kann sowohl für die Kompostierung als auch für den direkten Einsatz auf dem Acker von Vorteil sein. So unterstützt der Sand im Kompost z.B. die Durchlüftung der Kompostmiete und stellt einen Teil des notwendigen mineralischen Anteils bei der Kompostierung zur Verfügung. Wird Treibsel mit Sandanteilen direkt auf den Acker aufgebracht, profitieren davon vor allem sehr schwere und lehmhaltige Böden, die dadurch eine Auflockerung erfahren. Die Anwendung auf sandigen Böden könnte sich hingegen negativ auf die Bodenqualität auswirken (Rollhäuser, 2019).



Abb. 3a: Ausbringen von treibselbasierter aktiver Abdeckschicht zur Instandsetzung von Sportplatzrasen (Foto: Martin Staemmler)



Abb. 3b: Sportplatzrasen ca. 4 Wochen nach Aussaat (Foto: Martin Staemmler)

Eine besondere Rolle spielen die rundkörnigen Strandsande bei der Weiterverarbeitung des reifen Treibselkomposts zu speziellen Rasenerden. Insbesondere Rasenerde, die für das Anlegen neuer Sportplätze verwendet wird, muss hohe Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit erfüllen. Die zugehörige Norm schreibt daher vor, dass immer ein definierter Anteil an Quarzsanden in Rasenerden enthalten sein muss (DIN 18035-4:2018-12). Mit dem im Treibselkompost enthaltenen Sand wird die Quarzsandgabe zur Rasenerde damit i.d.R. überflüssig. Die Abbildungen 3a und 3b zeigen einen Sportplatz, der auf Grundlage treibselbasierter Rasenerde instandgesetzt wurde. In experimentellen Versuchen wurde die Wirkung von Treibselkompost auf das Wachstum und die Keimrate von Rasensaat im Vergleich zu herkömmlichem Grünschnittkompost untersucht. Auf Treibselkompost liefen die Samen schneller und zahlreicher auf. Neben dem schnelleren Wachstum und dem nach 14 Tagen sichtbaren Höheunterschied (Abbildung 4b) hatte das Gras auf Treibselkompost eine intensivere grüne Farbe und breitere Blätter ausgebildet. In einem randomisierten Gefäßversuch sollen diese ersten Erkenntnisse validiert werden.

Abbildung 4a zeigt die Herstellung treibselbasierter Rasenerde. Die Mischung erfolgt durch das Aufsetzen eines Kegels aus Treibselkompost und weiteren Substraten mit anschließender Mischung und Absiebung in einer Trommelsiebanlage.



Abb. 4a: Herstellung von Spezialerden (Foto: Steffen Aldag)



Abb. 4b: Treibsel-, (li) vs. Grünschnittkompost (r) (Foto: Steffen Aldag)

7 Diskussion und Zusammenfassung

Es zeigt sich, dass der Verwertungsweg von Treibsel in Landwirtschaft und Gartenbau mit vielen positiven Effekten für Umwelt und Gesellschaft einhergeht. Treibselbasierter Kompost vereint dabei die bekannten positiven Wirkungen von Kompost, z.B. auf Humusaufbau und Bodenverbesserung, mit den vielfältigen Wirkungen von Algen / Seegrass auf Pflanzengesundheit, Nährstoffverwertung, Wurzelwachstum etc., ohne die einzelnen Wirkstoffe einer bestimmten Alge separieren und verfahrenstechnisch zu einem Endprodukt aufbereiten zu müssen. Mit der Verwertung von Treibsel in der Landwirtschaft existiert also ein nachhaltiger, ökologischer und technisch beherrschbarer Entsorgungsweg von organischem Strandräumgut, der im Sinne einer Kreislaufwirtschaft funktioniert.

Auf Ostseetreibsel basierende Erdenprodukte werden schon seit vielen Jahren erfolgreich im professionellen Garten- und Landschaftsbau verwendet und diversen Kulturerden wie Garten- oder Blumenerde beigemischt (UNB, 1989). Erfahrungen und die positiven Rückmeldungen der Privat- und Gewerbekunden zeigen, dass diese Erden mit Blick auf das schnelle und üppige Wachstum von Spross und Wurzel herkömmlichen Substratmischungen überlegen sind. Des Weiteren ist die Herstellung und Verwendung treibselbasierter Erdenprodukte in einer regionalen Wertschöpfungskette möglich. Privater und gewerblicher Grün-, Strauch- und Rasenschnitt wird in Küstennähe zusammen mit mariner Biomasse aus der Strandreinigung zu hochwertigen Komposten verarbeitet. Anschließend kommen diese Komposte entweder direkt als Kompostgabe auf den Acker oder werden zu speziellen Erdmischungen weiterverarbeitet und in der Region vermarktet (Weitere Informationen zu treibselbasierten Komposten und Erden unter: www.hanseatischeumwelt.de).

Die positiven Effekte von Kompost auf Basis mariner Biomasse auf Boden und Pflanze wurden in zahlreichen Studien nachgewiesen. So schlussfolgern Eyras et al. (2008), dass sich die Kompostierung von mariner Biomasse im Vergleich zu anderen Verwertungswegen als ein umweltfreundliches Verfahren etabliert hat, das sowohl technisch als auch ökonomisch umsetzbar ist (Eyras et al., 2008). Allerdings sind die in der Literatur beschriebenen Algenkomposte fast ausschließlich auf Basis von Braunalgen (*Laminaria* spp., *Ulva* sp.) hergestellt. Die Wirkung von Kompost auf Basis von mariner Biomasse aus der Ostsee wurde bisher nur von Michalak et al. (2017) beschrieben. In diesem Fall wurden im Wasser schwimmende Rot- und Grünalgen in der Nähe des Sopot-Strandes (Polen) gesammelt, gewaschen, getrocknet und zu Pellets verarbeitet. Die Kompostierung erfolgte dabei ohne Zusatz anderer terrestrischer Organik oder strukturgebendem Material. Da für die Kompostierung die Algen gezielt aus dem Wasser entnommen und nicht ein aus der Strandreinigung stammendes Treibselgemisch verwendet wurde, sind die Ergebnisse mit Blick auf eine Nutzbarmachung von Treibsel

aus der Strandreinigung nur bedingt übertragbar (Michalak et al., 2017). Der Versuch aber zeigt, dass aus kompostierten Ostseealgen erfolgreich pflanzen- und bodenwirksame Algenextrakte hergestellt werden können, die als Dünger auf Basis nachwachsender Rohstoffe eine gute Alternative zu synthetisch-mineralischen Produkten darstellen. Düngeversuche der staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Rostrup (Bad Zwischenahn) mit algenbasiertem kompostiertem organischen Dünger haben gezeigt, dass es trotz geringeren Gesamtstickstoffgaben zu höherem Massen- und Wurzelwachstum im Vergleich zu mineralischem Stickstoffdünger kommt (LVG, 1989). Durch den hohen organischen Anteil der Algenextrakte werden dabei nicht nur die Pflanzen, sondern auch der Boden ernährt. Hierbei gilt, wie auch bei der Anwendung herkömmlicher Komposte, dass durch eine regelmäßige und langfristige Kompostgabe der Humusaufbau unterstützt wird und damit die Düngemittelgabe und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden kann (Favoino and Hogg, 2008; LVG, 1989).

Mit Blick auf die vielfältigen positiven Effekte einer küstennahen Verwertungskette von Treibsel in Landwirtschaft und Gartenbau erscheint es zielführend, Forschung und praktische Versuche im Ostseeraum zu intensivieren. Als gesicherter Nachweis der Wirksamkeit der beschriebenen Vorteile für Pflanzen und Böden, sollten lokal ansässige Landwirte gewonnen werden, die den Einsatz treibselbasierter Produkte auf großen Flächen und unter realen Bedingungen in verschiedenen Ackerfrüchten testen.

Literatur

- Acksel, A., Kappenberg, A., Kühn, P., Leinweber, P., 2017. Human activity formed deep, dark topsoils around the Baltic Sea. *Geoderma Reg.* 10, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.05.005>
- Adugna, G., 2016. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity 13.
- BGK, 2018. Kunststoffe in Kompost und Gärprodukten Herkunft - Bedeutung - Vermeidung.
- Dunst, G., 2015. Kompostierung und Erdenherstellung: Praxisbuch und Anleitung für: Hausgarten, Landwirtschaft, Kommune und Profi, 1. Auflage. ed. Sonnenerde, Riedlingsdorf.
- Dunst, G., Dunst, R., Brunner, F., Wenz, F., 2011. Humusaufbau: Chance für Landwirtschaft und Klima. Sonnenerde GmbH, Kaindorf.
- Eyras, M.C., Defossé, G.E., Dellatorre, F., 2008. Seaweed Compost as an Amendment for Horticultural Soils in Patagonia, Argentina. *Compost Sci. Util.* 16, 119–124. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2008.10702366>
- FAO, 2012. Forests and Climate Change Working Paper 11. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Favoino, E., Hogg, D., 2008. The potential role of compost in reducing greenhouse gases. *Waste Manag. Res.* 26, 61–69. <https://doi.org/10.1177/0734242X08088584>
- Franzén, D., Infantes, E., Gröndahl, F., 2019. Beach-cast as biofertiliser in the Baltic Sea region-potential limitations due to cadmium-content. *Ocean Coast. Manag.* 169, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.11.015>
- Gerath, H., Müller, H., 2012. Seegrass Biologie und ökologische Bedeutung der Seegräser in Nord- und Ostsee aus globaler Sicht Entsorgung und Verwertung des Treibgutes an der Küste Nordwest-Mecklenburgs.
- Han, W., Clarke, W., Pratt, S., 2014. Composting of waste algae: A review. *Waste Manag.* 34, 1148–1155. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.01.019>
- Lal, R., 2009. Sequestering Atmospheric Carbon Dioxide. *Crit. Rev. Plant Sci.* 28, 90–96. <https://doi.org/10.1080/07352680902782711>
- LVG, 1989. Düngewirkung von kompostiertem organischem Dünger (Agromar) im Vergleich mit mineralischem Dünger (Blaukorn) (No. S 830-1). Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn, Hogen Kamp 51, 26160 Bad Zwischenahn-Rostrup.
- McHugh, D.J., 2003. A guide to the seaweed industry, FAO fisheries technical paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Metting, B., J. Zimmerman, W., Crouch, I., Van Staden, J., 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. *Introduction to Applied Phycology*, 589–627.
- Michalak, I., Chojnacka, K., 2013. Algal compost – toward sustainable fertilization. *Rev. Inorg. Chem.* 33. <https://doi.org/10.1515/revic-2013-0006>
- Michalak, I., Wilk, R., Chojnacka, K., 2017. Bioconversion of Baltic Seaweeds into Organic Compost. *Waste Biomass Valorization* 8, 1885–1895. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9738-3>
- Mossbauer, M., Haller, I., Dahlke, S., Schernewski, G., 2012. Management of stranded eelgrass and macroalgae along the German Baltic coastline. *Ocean Coast. Manag.* 57, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.10.012>
- MWAG-MV, 2018. Vollzugshinweise zur „Direkten Verwertung“ von Treibsel als Abfall auf landwirtschaftlichen Flächen in M-V (Mitteilung). Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Gesundheit M-V, 19048 Schwerin.
- Papazian, S., Parrot, D., Burýšková, B., Weinberger, F., Tasdemir, D., 2019. Surface chemical defence of the eelgrass *Zostera marina* against microbial foulers. *Sci. Rep.* 9, 3323. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39212-3>
- Raviv, M., 2015. Can the Use of Composts and Other Organic Amendments in Horticulture Help to Mitigate Climate Change. *Acta Hortic.* 19–28. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1076.1>
- Rollhäuser, R., 2019. Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung von Treibsel als Grundlage für den Einsatz in der Landwirtschaft (Masterarbeit). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Scheidung, Plaschkies, 2007. Biotechnische Untersuchungen von Seegrass. Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, Dresden.
- Tiquia, S.M., Richard, T.L., Honeyman, M.S., 2002. Carbon, nutrient, and mass loss during composting. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 62, 15–24. <https://doi.org/10.1023/A:1015137922816>
- UNB, 1989. Genehmigungsbescheid Treibselverwertung Dipl.-Ing. Martin Staemmler. Amt für Naturschutz - Abteilung Gewässeraufsicht, Kreis Ostholstein (Heute: Fachdienst Boden- und Gewässerschutz).

Danksagung

Die Erstellung dieser Publikation wurde durch das Projekt CONTRA des INTERREG „Baltic Sea Region“ Programmes (#R090; 2018-2021) möglich. Wir danken allen Projektpartnern für die gute Zusammenarbeit.

Adresse

Martin Staemmler & Steffen Aldag
Hanseatische Umwelt CAM GmbH
18233 Sandhagen, Deutschland

ms@hanseatischeumwelt.de
steffen.aldag@hanseatischeumwelt.de
www.hanseatischeumwelt.de



Der Treibselkartoffel-Wettbewerb

Claus Müller

Ostsee-Info-Center Eckernförde

Abstract

The Baltic Sea Information Center (BSIC = Ostsee-Info-Center) was established in the coastal town of Eckernförde in the 1990s; in 2008 it moved into a modern building which reflects the image of a ship on Eckernförde beach. Its objective is to provide and illustrate a variety of information on the Baltic Sea and its specific habitats and ecosystems. Beach wrack, i.e. remnants of seagrass and algae washed ashore, represents a specific type of a marine ecosystem which is very prominent on Baltic beaches but is often considered to hamper the touristic value of them. Thus, the idea of the BSIC team was to demonstrate that plants and specifically garden plants may grow well on beach wrack substrate, thus documenting that beach wrack is a useful material. After the first season, when experiments to grow potato plants in a container with beach wrack on the roof of the BSIC building were somewhat successful, a beach wrack potato growing contest was initiated in spring 2017 and published manifold by the media. In total, 27 coastal communities and community representatives participated in the contest. The aim was to harvest the maximum weight of potatoes in one cubic meter container with beach wrack from 9 potato seedlings and without addition of soil, fertilizer or other substances. The potato brand could be chosen freely; but only watering of the beach substrate was allowed. On the harvest day, in mid-September 2017, the potato crops of all competitors were weighed and three winners could be established: the community of Glücksburg was first and the winner with 10.8 kg potatoes, Laboe was second with 9.5 kg and Heikendorf third with 6.1 kg. In order to make this an attractive contest the organizers had offered a prize to the winners of returning the harvest weight in the form of potato brandy, produced by a local company. All in all, the potato growing contest with beach wrack was a very successful publicity event and helped to reduce some of the widespread prejudices about beach wrack as a “nasty substance”.

1 Ostsee-Info-Center

Das 2008 auf dem Eckernförder Kurstrand eröffnete Ostsee-Info-Center ist baulich der Form eines Schiffsaufbaus nachempfunden. Teil der meereskundlichen Ausstellung ist das „Oberdeck“ – also die begehbare Dachfläche des Gebäudes. Dort wurde als eine Art botanischer Garten die für die Ostseeküste typische Abfolge von Strand und Spülsaum, Strandwall und Primärdüne nachgebaut und bepflanzt. Für die Begrünung wurden das in der Umgebung vorhandene Substrat und die lokale Vegetation in Form von Saat, Wurzelablegern und Pflanzen verwendet. Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt, wie sich unter ungestörten Bedingungen bereits in einer Saison eine ebenso vielfältige wie reichhaltige Vegetation entwickelt hat.

Eine besondere Überraschung bot dabei die Artenliste des Spülsaums. Neben den typischen Pionieren, wie Meersenf (*Cakile maritima*) und Strand-Melde (*Atriplex littoralis*), fanden sich Tomate und Kartoffel. Beide Gemüse waren die „Hingucker“ der Ausstellung und brachten es im Laufe des Sommers bis zur Ertragsreife. Laut Auskunft von mit den Küsten vertrauten Vegetationskundlern waren sie jedoch keine Sensation, sondern gehören zusammen mit anderen keimfähigen Kulturabfällen zu häufig beobachtbaren Gästen im Spülsaum. Als besonders wüchsig erweisen sich dabei die Nachtschattengewächse, zu denen leider auch einige extrem giftige Vertreter, wie die Schwarze Tollkirsche (*Atropa belladonna*) oder die Peruanische Giftbeere (*Nicandra physalodes*), zählen. Sie alle profitieren von dem nährstoffreichen Substrat, lassen sich von dem salzigen Milieu nicht beeindrucken und haben daher relativ wenig Konkurrenz.



Abb. 1: Dach des Ostsee-Info-Center (Foto: Claus Müller)

Als schließlich alteingesessene Eckernförder berichteten, dass man „früher“ das Seegras in den Kleingärten für die Anzucht von Kartoffeln genutzt habe, waren sich die MitarbeiterInnen des Ostsee-Info-Centers einig: In einem Feldversuch sollte der Anbau von Kartoffeln in einem reinen Spülsaum-Sediment erprobt werden. Um den Ertrag zu optimieren, wurde das von John Seymour (1999) in „Das große Buch vom Leben auf dem Lande: Ein praktisches Handbuch für Realisten und Träumer“ beschriebene Verfahren der Kartoffel-Tonne angewendet (Abb. 2).

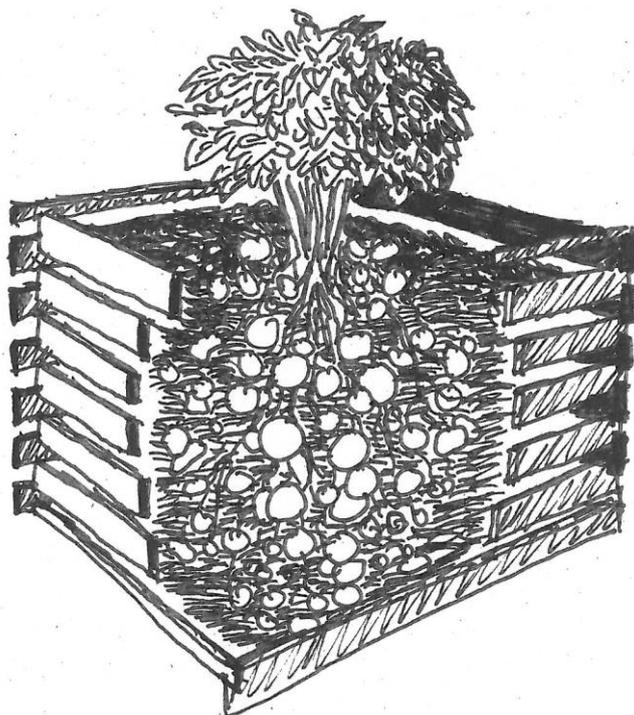


Abb. 2: Skizze einer Kartoffelkiste (Michael Packschies nach Seymour)

2 Das „Eckernförder-See gras-Kartoffel-Projekt“

Der „KARTOFFELANBAU IN TONNEN“ nach Seymour bewährt sich bei Platzmangel und ist sogar auf einer Terrasse möglich. Fülle eine alte Mülltonne bis zu einem Sechstel mit Erde. Pflanze in diese Erde eine oder mehrere Kartoffeln. Wenn die Pflanzen hochwachsen, schüttest du, bevor sie blühen, mehr Erde in die Tonne. So werden immer wieder neue Erdlagen eingefüllt, bis die Tonne voll oder die Erde 1,2m hoch ist. Zur Erntezeit leerst du die Tonne einfach aus und wirst dich über die unwahrscheinliche Menge an Kartoffeln wundern.

Statt der vorgeschlagenen Mülltonne kamen - und kommen weiterhin - im OIC zwei Gartenkomposter „Stahl verzinkt“ aus dem Baumarkt zum Einsatz. Einerseits haben sie eine definierte Größe von 1m * 1m * 0,8m (l*b*h). Außerdem ist das Substrat durch das Metallgitter gut sichtbar. Dieses ist Teil der Dachausstellung, wurde ca. 30cm hoch mit Spülsaumsubstrat befüllt und zur üblichen Pflanzzeit mit jeweils 9 vorgekeimten Saatkartoffeln der Sorten Belana und Rosana bepflanzt. Als sich die ersten zarten Pflanzen zeigten, wurde Schicht für Schicht weiteres Substrat bis zu einer Gesamthöhe von 60 bis 70 cm aufgefüllt. Alle 18 Pflanzen arbeiteten sich in die Höhe; unterschiedliche Wuchsleistungen konnten durch die teilweise Beschattung eines der beiden Behältnisse erklärt werden (Abb. 3). Da der Sommer außerordentlich trocken war, wurden die Kulturen regelmäßig mit Wasser aus dem Regenwassertank (leicht brackig!) gegossen.



Abb. 3: Kartoffeln im See grasbehälter (Foto: Claus Müller)

Das „Eckernförder-See gras-Kartoffel-Projekt“ war als Teil der Öffentlichkeitsarbeit und als eine Art von Imagekampagne zugunsten des Spülsaum-Anwurfs konzipiert worden, da die Thematik auf Seiten des Tourismus eher als „das Treibselproblem“ bekannt ist. Entsprechend groß war das öffentliche und mediale Interesse. So wurde der Erntetermin im Beisein der örtlichen Presse durchgeführt. Schicht für Schicht wurden die Treibsellagen abgetragen und die Ernte eingesammelt. Über den Ertrag kann man geteilter Meinung sein: Bezüglich der Anzahl der geernteten Kartoffeln war es ein Spitzenergebnis. Die Größe der einzelnen Exemplare schwankte allerdings zwischen „Erbse“ und „Pflaume“, und so fiel das

Ergebnis nach Gewicht eher bescheiden aus (Abb. 4). Die Ursachenforschung führte zu folgender Erkenntnis: Die vielen Schichten des überwiegend aus Seegrass bestehenden Eckernförder Treibselmaterials hatten, wie ein Dach, das Gießwasser seitlich abgeleitet, und so konnten die Kartoffelbauern sich – im Seymourschen Sinne - zwar „über die unwahrscheinliche Menge an Kartoffeln wundern“, die allerdings an Durst und Hunger litten. Glücklicherweise begleiten die Eckernförder Pressevertreter die Arbeit des Ostsee-Info-Centers immer sehr freundschaftlich.



Abb. 4: Erste Ernte der OIC- Seegrass-Kartoffeln durch Rüdiger Ziegler (rechts) und Claus Müller (links) (Foto: Arne Peters)

Anlässlich des Treibsel-Symposiums am 17.10.2016 in Boltenhagen berichtete der Autor dieses Artikels über diese Erfahrungen – und hatte die Lacher auf seiner Seite. Allerdings zeigten die detaillierten Nachfragen auch ein breites Interesse, aus dem spontan die Idee zum „BSPC“ = Baltic Sea Potato Contest als Feldversuch entlang der deutschen Ostseeküste entstand: Wie sich später zeigen sollte, eine echte Schnaps-Idee!

3 Der Treibsel-Kartoffel-Wettbewerb

Vom Geographischen Institut der Uni Kiel, dem Projekt POSIMA und dem Ostsee-Info-Center wurde 2017 der „Küstenwettstreit um die dicksten Treibselkartoffeln“ ausgerufen, an dem sich 27 Kartoffelzüchter, vom Bürger bis zum Bürgermeister, für ihre jeweilige Gemeinde beteiligten. Ziel des Küstenwettstreits waren keine neuen agrarwissenschaftlichen Erkenntnisse, sondern es sollte – wie schon zuvor in Eckernförde - in den Ostsee-Gemeinden auf den potentiellen Nutzen von Treibsel aufmerksam gemacht werden. Nach den unten beschriebenen Regeln galt es, den größten Ertrag aus der einen Quadratmeter großen Anbaufläche zu erwirtschaften. Als Preis wurde das Gewichts-Äquivalent in Kartoffelschnaps ausgelost.

Auf dem Erntefest im Naturfreundehaus in Schönberg wurden am 22.09.2017 die Sieger gekürt: Mit 10,8 Kilogramm Ernteertrag lag Glücksburg knapp vor Laboe mit 9,5 kg, dritter wurde Heikendorf mit 6,1 kg (Abb. 5). Als Pflanzsubstrat waren nur Treibsel und Strandzutaten zugelassen. Neun Saatkollen einer Sorte nach Wahl sollten gesetzt werden. Gelegentliches Anhäufen und eher seltenes Gießen half. Die hohe Feuchtigkeit diesen Sommer war wohl die größte Herausforderung: einige Versuchsbeete wurden Opfer der Kraut- und Kartoffelfäule. Auffällig ist, dass die drei vorderen Plätze von den Bauhöfen der jeweiligen Gemeinden erreicht wurden, also von den Gemeindearbeitern, die sich besonders gut mit Treibsel auskennen. Während der Badesaison müssen sie die Strände davon befreien. Nach einer längeren Zeit auf dem Zwischenlagerplatz kommt der Grünabfall dann auf die Deponie.

Nach dieser erfolgreichen Ernte sollte dieses Verfahren aber nochmal überdacht werden, denn Glücksburg ist nicht nur Küstenkartoffelmeister in Schleswig-Holstein, sondern europäischer Kartoffelkönig! Die offizielle Statistik führte 2017 Belgien mit 47t pro Hektar, umgerechnet also 4,7 kg/qm, an. Dieses Ergebnis ist von nahezu allen Teilnehmern deutlich übertroffen worden!



Abb. 5: Kartoffelertrag eines Wettbewerbers am Erntetag (Foto: S. Enderwitz)

4 Fazit

Treibsel am Strand wird von großen Teilen der Bevölkerung und der Strandbesucher als störend, unästhetisch und lästig empfunden. In der Vergangenheit ist es jedoch vielfältig genutzt worden, oft auch in Landwirtschaft und Gartenbau. Der medienwirksame Treibsel-Kartoffel-Wettbewerb im Sommer 2017 verfolgte die Absicht, auch nützliche Aspekte des Treibsel einmal wieder in den öffentlichen Fokus zu rücken. Die Resonanz bei der Beteiligung am Wettbewerb, die hervorragenden Ernteergebnisse und die damit verknüpfte breite mediale Berichterstattung in den regionalen Medien gab der Idee des Treibsel-Kartoffel-Wettbewerbs recht. Er kann als ein weiterer Baustein einer umfassenderen Informationskampagne zum Thema Treibsel gelten.

Literatur

Seymour, J. (1999): Das große Buch vom Leben auf dem Lande: Ein praktisches Handbuch für Realisten und Träumer, Urania.

Adresse

Claus Müller
Ostsee-Info-Center Eckernförde
Jungfernstieg 110
24340 Eckernförde

C.Mueller-Goetheby@t-online.de



Seegras – der Naturdämmstoff aus der Ostsee

Jörn Hartje & Swantje Streich

Seegrashandel, Trenthorst, Germany

Abstract

Eelgrass has been used as an insulation and upholstery material for many centuries. After almost being forgotten by the mid-20th century, the value of eelgrass as a natural resource was rediscovered several years ago. Eelgrass can be used as an insulating material without any additives because it does not naturally mould, is resistant to vermin and is fire-resistant. It is suitable for facade insulation, upper floor slab, roof pitches or interior insulation.

In recent years more than 200 buildings, including new buildings, historic buildings and also some tiny houses (a modern house type in tourism regions) have been insulated with eelgrass. A big challenge for the future is how and where to harvest high-quality eelgrass. Preferably the material should not be picked up from sandy beaches, as this requires a tiresome cleaning process before using it for insulation of buildings.

1 Geschichte der Seegrasnutzung

Die historische Nutzung von Seegras durch den Menschen reicht vermutlich bis in die Steinzeit zurück, darüber gibt es jedoch nur wenige wissenschaftlichen Untersuchungen. Relikte dieser historischen Nutzung sind die Seegrasdächer auf der dänischen Insel Læsø (Læsø Museum; tangtag.dk; YouTube: "Det moderne Tanghus"). Solche Dächer wurden auch auf Gotland und Island gefunden und waren sicher noch weiterverbreitet. Die Menschen nutzten das Material, welches sie vor Ort fanden.

Relativ bekannt ist die Nutzung von Seegras als Polstermaterial und Matratzenfüllung, der Begriff „Seegrasmatratze“ hat sogar Einzug in den Duden gefunden. Aber auch als Dämmstoff war Seegras weit verbreitet. So wurden Segelschiffe, Dachböden von Kirchen und auch ganze Siedlungen mit Seegras gedämmt, beispielsweise in der Stadt Niesky, wo der moderne Holzbau begründet wurde.



Abb. 1: Historische, ca. 100 Jahre alte Seegrasmatte aus einer Siedlung mit Holzhäusern bei Potsdam (Foto: Jörn Hartje)

Bis in die 50er Jahre wurden auch Matten aus Seegras hergestellt. Dabei wurde das Seegras in Packpapier eingestept und auf Rollen verkauft. Diese Matten waren allerdings relativ dünn und dienten vor allem für die Windundurchlässigkeit. Der bekannteste Hersteller solcher Matten war die Firma Cabot's Quilt in den USA, dort wurden ganze Landstriche und berühmte Gebäude, wie das Rockefeller Center und die Radio City Music Hall, mit Seegras gedämmt. Es verwundert, wie damals schon über Dämmung geschrieben wurde (man würde so einen Text eher aus den 80er Jahren erwarten), am Ende kommt dann auch noch der Hinweis, man hätte schon 30 Jahre Erfahrung (<https://archive.org/details/BuildWarmHousesWithCabotsQuilt/mode/2up!>)

2 Erntemethode in Dänemark

In Dänemark wird Seegras von Landwirten geerntet. Ihre Grundstücke grenzen an die Ostsee. Die Küste besteht dort aus einem schmalen Kiesstreifen. Regelmäßig werden große Massen aus über 90% reinem, grünem Seegras angeschwemmt. Es ist sehr einfach, mit dem Trecker an den Ufersaum zu fahren und mit einem Greifer das nasse Seegras aufzunehmen. Aus den bis zu etwa 2 m hohen Haufen sickert das meiste Meerwasser einen Tag lang heraus. Danach wird das Seegras mit normalen landwirtschaftlichen Geräten auf den angrenzenden Wiesen verteilt, wo es je nach Jahreszeit wenige Tage bis etliche Wochen dauert, bis es nach mehrmaligem Wenden trocken ist. Die Seegrasbauern achten darauf, dass das Seegras ausreichend vom Regen gewaschen wird, denn das äußerlich anhaftende Meersalz soll abgespült sein, damit der Dämm- und Polsterstoff später keine Feuchtigkeit aus der Luft zieht. Sobald der erwünschte Trockenheitsgrad (unter 20%) erreicht ist, werden 200 kg schwere Rundballen gepresst.



Abb. 2: Das Seegras wird direkt am Ufer aus dem flachen Wasser gebaggert, so haftet fast kein Sand am Seegras. (Foto: Jörn Hartje)



Abb. 3: Direkt angrenzend wird das Seegras auf Wiesen ausgebreitet, dann wäscht der Regen das Salz ab, hinterher wird es wie Heu getrocknet und zu Ballen gepresst. (Foto: Jörn Hartje)

3 Warum eignet sich Seegras als Dämmmaterial?

Seegras hat einen guten Dämmwert (Wärmeleitfähigkeit 0,045 W/mK), daher kann man mit einer 20cm dicken Seegras-Dämmschicht die Energieeinsparverordnung (ENEV) einhalten. Wegen seiner relativ hohen Dichte schützt eine Seegrasdämmung aber auch vor sommerlicher Hitze. Darüber hinaus hat Seegras gute Schallschutzwerte, ist gegen Insekten resistent und schwer entflammbar (Feuerschutzklasse B2) (Holzmann 2009). Das am Seegras anhaftende Salz wird durch Regenwasser weitestgehend abgewaschen, daher ist Seegras nicht hygroskopisch, kann aber bei Bedarf Feuchtigkeit aufnehmen, was sehr wichtig für das Raumklima ist. Da Seegras aus dem Meer stammt, ist es auch weitgehend unempfindlich gegen Feuchtigkeit. Solange es wieder austrocknen kann, bleibt die

Dämmwirkung erhalten. Die zuvor genannten Eigenschaften hat Seegras von Natur aus, es müssen nicht – wie bei vielen anderen (Natur)Dämmstoffen – Salze oder andere Chemikalien zugesetzt werden.

Heutzutage ist von besonderer Brisanz, was ein Material für den Klimaschutz bedeutet. Neben dem Einsparen von Heizenergie wird die Betrachtung der aufgewendeten Energie bei der Herstellung und Entsorgung sowie die Recyclingfähigkeit immer wichtiger (graue Energie). Mittlerweile stecken bei Neubauten 2/3 der aufgewendeten Energie in den Baustoffen und „nur“ noch 1/3 in der Heizenergie während der Nutzungsphase. Da bei Neubauten kaum noch mehr gedämmt werden kann, ergibt es Sinn, den Energieaufwand für die Herstellung der Baumaterialien zu reduzieren. Da bieten nachwachsende Rohstoffe (wie auch Seegras) besondere Vorteile, sie sind in der Herstellung meist weniger energieaufwendig und binden CO₂ dauerhaft im Gebäude.

Exkurs: warum dämmen sinnvoll und notwendig ist...

Immer wieder gibt es Leute, die behaupten, Dämmung würde sich nicht rechnen oder durch Dämmung würde Schimmel entstehen. In Wirklichkeit ist das Gegenteil richtig, so gut wie jede Dämmung rechnet sich nach wenigen Jahren durch die eingesparte Heizenergie. Schimmel entsteht nur dann, wenn die Dämmung falsch eingebaut wurde und sich dadurch Feuchtigkeit in der Dämmung sammeln kann. Um die Schimmelgefahr auszuschließen, sollte man diffusionsoffen bauen, dann kann Feuchtigkeit, falls sie doch mal anfallen sollte, leicht wieder abgeführt werden. Seegras bietet hier einen besonderen Vorteil, weil es sehr feuchtigkeitsresistent ist.

Für Dämmung spricht auch, dass seit Jahrtausenden gedämmt wird. So hat man bei Ausgrabungen historische Wände aus der Eisenzeit gefunden, die einen ähnlichen Wandaufbau aufwiesen wie gedämmte Wände heutzutage (Winddichtung außen und innen und Dämmmaterial in der Mitte) (Staeves o.J.). Besonders bemerkenswert ist, dass solche Wände bereits einen Dämmwert aufwiesen, wie er im Baustandard erst wieder 1990 erreicht wurde!

4 Die wichtigsten Dämmvarianten mit Seegras

Seegras wird überall dort als Dämmstoff verwendet, wo es nicht in direktem Kontakt mit Wasser und feuchter Erde steht. Empfehlenswert ist ein diffusionsoffener Wandaufbau (bzw. Decken-/Bodenaufbau), weil so die Vorzüge von Seegras voll ausgeschöpft werden: Seegras kann Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. Außerdem besteht weniger Gefahr der Durchfeuchtung der Dämmung, weil sowohl Feuchtigkeit aus der Raumluft nach außen abgeführt wird als auch eventuell von außen eindringende Feuchtigkeit wieder austrocknet. Dieser Wandaufbau ist auch aus baubiologischer Sicht sinnvoll, weil ein angenehmes Raumklima entsteht.

Wichtig: die Dämmung muss immer von innen und außen **winddicht** eingebaut werden und der Grad der Diffusionsoffenheit der verwendeten Materialien sollte von innen nach außen zunehmen. Winddicht, damit sich die Wärme in der Dämmung hält, ähnlich wie bei einem Wollpullover: Mit übergezogener winddichter Jacke wärmt er viel besser.

Die **Diffusionsoffenheit** soll von **innen nach außen zunehmen**, damit Feuchtigkeit durch die Dämmung nach draußen diffundiert, nicht an einer schwer zu durchdringenden Schicht „hängen bleibt“ und dadurch die Dämmung durchfeuchtet. Um die Dämmung zusätzlich gegen Feuchtigkeit zu schützen, ist es empfehlenswert, innen eine sogenannte Dampfbremse anzubringen. Dafür gibt es diffusionsoffene Folien oder auch speziell als Dampfbremse zugelassene Platten. Putze erfüllen diese Funktion meist auch.

Die nachfolgenden 5 wichtigsten Seegrasdämmvarianten können bei der Entwicklung von eigenen Ideen als Orientierung dienen, falls man noch andere Materialien nutzen möchte.

4.1 Fassadendämmung

Die wohl am häufigsten nachträglich durchgeführte Dämmmaßnahme ist die Fassadendämmung. Dabei wird die Dämmung außen an die Fassade angebracht. Wenn das alte Mauerwerk aus zwei Mauern mit einer Hohlschicht besteht, wird empfohlen auch die Hohlschicht zu dämmen, weil sonst die Fassadendämmung nur eingeschränkt wirken kann.

Für die Fassadendämmung mit Seegras wird ein Ständerwerk an der Fassade angebracht und von außen mit einer Platte (Holzfaserplatte) oder Folie (diffusionsoffen und für Einblasdämmstoffe zugelassen) verschlossen, der Zwischenraum wird direkt bis ans alte Mauerwerk mit Seegras ausgefüllt. Darüber wird dann die Fassadenverkleidung mit Abstand für die sogenannte Hinterlüftung angebracht. Wer lieber eine verputzte Fassade mag, kann auch auf die Hinterlüftung verzichten und außen verputzbare Platten (verputzbare Holzfaserplatten oder Schilfmatten) anschrauben und anschließend einen Kalkputz aufbringen.

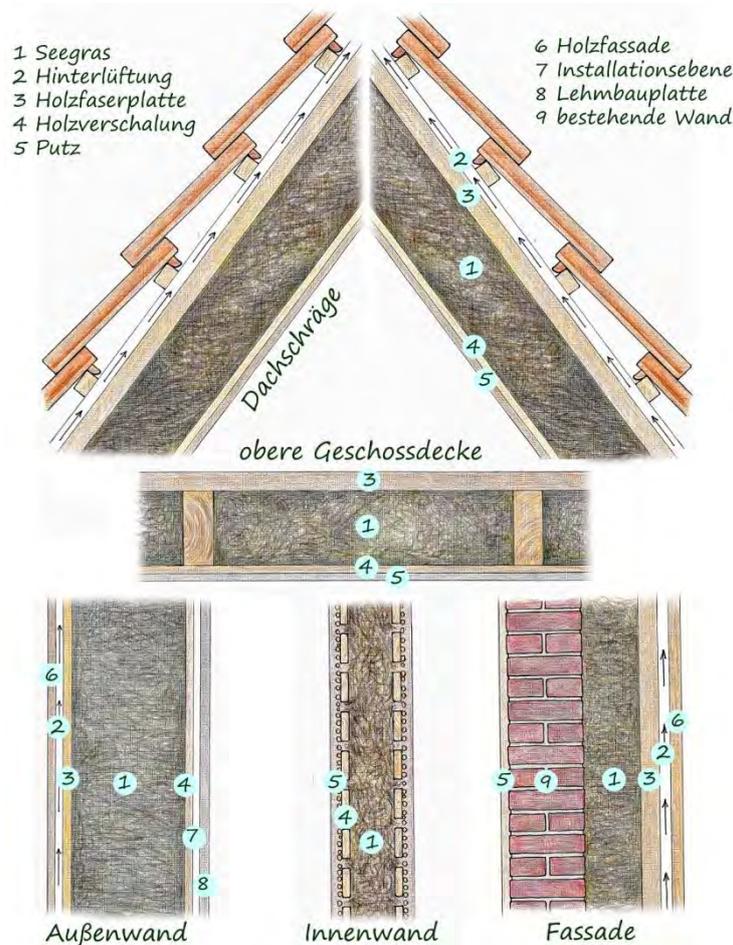


Abb. 4: Die verschiedenen Dämmvarianten mit Seegras: Dachschräge, obere Geschossdecke, Innenwand, Fassade und Außenwand (Swantje Streich)



Abb. 5: Nachträgliche Fassadendämmung: Holzfaserplatte und Seegras. Später kann so eine Fassade mit Lärchenholz verschalt werden; zwischen Verschalung und Dämmung bleibt ein Luftspalt als Hinterlüftung. Es ist auch möglich – bei einem etwas anderen Aufbau - so eine Fassade zu verputzen. (Foto: Jan Dobbemann)

4.2 Hauswand

Um eine ganze Wand mit Seegras zu dämmen, verwendet man am besten ein Holzständerwerk (Holzrahmenbau). Auch hier muss man innen wie außen eine winddichte Ebene an die Holzständer anbringen. Eine der Ebenen soll zusätzlich eine aussteifende Funktion erfüllen, daher werden hier häufig OSB Platten verwendet, diese sind aber kaum diffusionsoffen und enthalten viel Klebstoff. Eine ökologischere Alternative sind z.B. winddichte Platten aus Brettern (GFM Platten), diese können durch ihre Schräglattung auch die Aussteifung des Holzständerwerks gewährleisten.

Nach außen kann man wie bei der Fassadendämmung Holzfaserplatten oder Folien verwenden (für die Variante mit hinterlüfteter Lärchenholzfassade) oder auch Schilfmatten (für die Putzvariante). Neben Lärchenholz werden auch diverse Holzpaneele als Fassadenverkleidung angeboten.

Wer ein Fan von Steinhäusern ist, bevorzugt es vielleicht, so ein Holzständerwerk hinterlüftet zu verklankern. Innen kann man auch eine Installationsebene einfügen.

Beim Neubau eines Holzständerwerks ist es deutlich effizienter, wenn man das Seegras noch im liegenden Zustand in die einzelnen Elemente einbringt. Der Film „The Modern Seaweed House“ (YouTube) über ein Seegrashaus in Dänemark zeigt diese Technik sehr anschaulich.



Abb. 6: Im Neubau z.B. bei Tiny Houses (noordskstudio.com) kann man natürlich auch ganze Wände mit Seegras dämmen. (Foto: Karl-Felix Lentz)

4.3 Innenwand

Die Dämmung der Innenwände ist vor allem wegen des Schallschutzes wichtig, ebenso wie bei starkem Temperaturgefälle zwischen zwei Räumen. Wenn in dem einen Raum quasi Außentemperatur herrscht, sollte der gleiche Aufbau wie für eine Außenwand gewählt werden. Eine Innenwand kann von beiden Seiten her gleich aufgebaut sein. Auch hier wird die Dämmung wieder winddicht eingepackt, das kann durch Putz oder Platten geschehen.

4.4 Obere Geschossdecke

Häufig wird die obere Geschossdecke vernachlässigt. Die Dämmung der oberen Geschossdecke ist sehr sinnvoll, wenn der Dachboden nicht genutzt und somit nicht geheizt wird. Wenn der Raum darunter geheizt wird, steigt die Wärme durch die oft sehr dünne Decke und heizt den ungedämmten Dachboden unnützerweise mit.

Weitere Vorteile bei der Dämmung der oberen Geschossdecke sind: Die Dämmung lässt sich hier meist relativ einfach einbringen, es kommt zu keiner Beeinträchtigung der Fassadenansicht, und es gibt kaum Raumverlust. Um nun Seegrasdämmung einzubringen, kann man entweder vorhandene Deckensparren bis zur Oberkante mit Seegras auffüllen oder dafür neue Sparren (z.B. senkrechte Gerüstbohlen) einziehen. Nach oben hin bleibt die Dämmung einfach offen oder, wenn man den Dachboden später begehen möchte, wird mit einer diffusionsoffenen Platte belegt.

Will man später den Dachboden noch ausbauen, kann man das Seegras einfach aus der Geschossdecke wieder herausnehmen und in die Dachschrägen stopfen. Alternativ belässt man die Dämmung der oberen Geschossdecke als Trittschalldämmung im Boden.



Abb. 7: Gerade bei alten und historischen Häusern ist häufig die Obere Geschossdecke nicht gedämmt. Hier braucht Seegras nur verteilt zu werden. Will man den Dachboden später noch nutzen, kann man auch eine Holzfaserverplatte oder Bretter oben drauf anbringen. (Foto: Simone Walter)

4.5 Dachschräge

Vor allem, wenn man den Dachboden ausbauen möchte, ist die Dämmung der Dachschräge als Wärmedämmung, Schallschutz und auch als sommerlicher Hitzeschutz notwendig.

Diese Dämmvariante bietet sich sowohl bei einem Neubau als auch bei der nachträglichen Dämmung eines Altbaus an. Bei der nachträglichen Dämmung deckt man entweder das gesamte Dach neu ein, dann ist der Aufbau ähnlich wie bei einem Neubau, oder man dämmt nachträglich von innen, wenn man

das alte Dach nicht erneuern will.

Bei den ersten beiden Varianten, also **Neubau** oder **kompletter Dacherneuerung**, kann man entweder zwischen den Sparren dämmen und zusätzlich oder ausschließlich auf den Sparren (letztere Variante hat den Vorteil einer durchgängigeren Dämmebene). Auch hier erstellt man einen Rahmen aus von innen nach außen diffusionsoffener werdenden Materialien und schafft außen eine Hinterlüftungsebene.

Die sogenannte Unterspannbahn wird dabei außen auf den Dachsparren befestigt, alternativ kann man auch einseitig gewachste Holzfaserplatten verwenden. Diese sind deutlich stabiler, aber auch um einiges teurer. Sowohl Unterspannbahn als auch Holzfaserplatte sind diffusionsoffen und dicht gegen Wasser von außen. Das ist wichtig, weil Schnee und Regenwasser durch Spalten zwischen den Dachpfannen durchdringen kann.



Abb. 8: Will man den Dachboden nutzen, muss man die Dachschräge dämmen. Das ist sowohl nachträglich, bei einer Neueindeckung des Daches, als auch bei einem Neubau möglich. (Foto: Jörn Hartje)

Das **Nachdämmen** von innen ist nun etwas komplizierter, denn auch hierbei muss ja die Hinterlüftungsebene geschaffen werden. Daher bringt man entweder Folienstücke oder genau zugeschnittene Holzfaserplatten zwischen den Dachsparren an. Nach innen kann man wieder mit einer verputzten Sparschalung arbeiten oder als Dampfbremse geeignete Platten verwenden.

Bei 20 cm Dämmstärke mit Seegras erreicht man die Anforderungen für die **Wärmeschutzverordnung** (ENEV) und ab 35 cm bereits **Passivhausstandard**.

5 Ausblick

Seegras hat sich bereits über Jahrhunderte als Dämmstoff bewährt, und bei den aktuellen Herausforderungen unserer Zeit (Klimaschutz, Verzicht auf künstliche Materialien) könnte bzw. sollte es eine große Rolle spielen. Man kann sagen, dass es der ökologischste Dämmstoff überhaupt ist. Es hat bereits viele Bauherren/-frauen überzeugt. Seit der Gründung von Seegrashandel 2012 wurden bereits über 200 Häuser mit Seegras gedämmt.

Die größte Herausforderung bleibt die Ernte möglichst hochwertigen Seegrases in ausreichender Menge, das heißt, möglichst frisch angespültes und mit möglichst geringem Anteil an Sand, Algen und anderen Materialien. Besonders wünschenswert wäre, wenn auch das Seegras, welches an den Stränden der deutschen Ostsee angespült wird, sortenrein gesammelt würde und zu Dämmstoff aufbereitet werden könnte.

Literatur

www.laesoe-museum.dk und www.tangtag.dk und youtube "Det moderne Tanghus"
<https://archive.org/details/BuildWarmHousesWithCabotsQuilt>

Holzmann, G.: „Natürliche und Planzliche Baustoffe“, 1. Auflage, 2009

Staeves, I: „Ein Energiesparhaus vor 3.500 Jahren“

https://www.energiesparaktion.de/downloads/Energieberater/Staeves_Aktuelle_Version_8_9_2011.pdf

Adresse

Seegrashandel GmbH i.G.
Jörn Hartje und Swantje Streich
Trenthorst 17a
23847 Westerau

joern@oekojobs.de
info@seegrashandel.de



Schlafen auf Seegras: Traditionelle Stopfwole der Küste

Kristian Dittmann

Die Strand-Manufaktur, Kappeln

Abstract

As a filling for pillows and mattresses, seagrass is a very high-quality material. Due to its good, partly unique properties, it remains free of mites and mould and offers a real alternative to other household filling materials. Even though seagrass has been used as a filling material for a long time, since the 1950s it has unfortunately been largely forgotten. Nowadays though, there has been renewed recognition of its value. Seagrass filling for pillows and mattresses can be taken as an example of society returning to the use of natural everyday objects. In addition, its use throughout history is an example of how quickly everyday traditions and cultures can be forgotten.

1 Die Nutzung von Seegras als Stopfwole bis in die 1960er Jahre

Es ist zumindest plausibel, dass die Wikinger, als sie die Schlei hochsegelten, auf Seegraslagern schliefen, wenn sie überhaupt eine wärmende Unterlage hatten. Gesichert ist hingegen, dass Seeleute „schon immer“ wussten, dass Seegras in einem Sack eine hervorragende Kojе bietet, weswegen man auch von „Seemannsmatratzen“ sprach.

Ein Seemann erzählt: „Ich fuhr in den sechziger, siebziger Jahren auf weltweiter Fahrt, also auch in die Tropen. Einige Kojen waren mit modernen Schaumstoffmatratzen bestückt, andere noch mit den alten Seegrasmatratzen. Die kühle Luft aus der Klimaanlage reichte nur bis zu den Offizieren, bei uns unten war es dagegen heiß und stickig. Die Männer auf den neuen Matratzen haben geflucht, weil sie schwitzten. Außerdem bot die Kuhle im Seegang mehr Halt.“

Eine eigene Recherche im Landesarchiv Schleswig unter dem Suchbegriff „Seegras“ ergab folgendes Bild: Seegras wurde im 19. Jahrhundert von Fischern im flachen Wasser aufgefischt, sodann auf gemähten Wiesen ausgelegt und nach Regen- und Trockenphase wie Heu geerntet. In den 1920er Jahren soll es rund 48 (nebenberufliche?) SeegrASFischer an der Schleswig-Holsteinischen Küste gegeben haben. Seegrashändler wie Albert Zeplin aus Arnis an der Schlei kauften das Seegras auf und verschickten es zu Ballen gepresst an Polstereien im ganzen Land. Belegt sind zwei Polstereien in Aachen und im Harz.

Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es durch zwei Faktoren zu einem SeegrASengpass, woraufhin die Briten es kontingentierten: Zum einen soll es (mindestens) in der Kieler Bucht in den 30er Jahren eine Seuche gegeben haben, infolge derer der SeegrASbestand zusammenbrach. Eine epidemische Krankheit, das sogenannte "wasting disease", war für die Vernichtung des größten Teils der SeegrASbestände auf der nördlichen Halbkugel verantwortlich und hatte auch mit dem Verschwinden vieler Arten von Organismen zu tun. Zum anderen wurden durch den Flüchtlingszustrom tausende Matratzen gebraucht. Die Briefwechsel zwischen dem Leiter eines Kinderflüchtlingsheims, der dringend um die Freigabe von SeegrAS bittet, und der Kommandantur in Kiel liest sich herzerreißend.

Allgemein findet man nur wenige Informationen über SeegrASnutzung. Meine Vermutung ist, dass SeegrAS so sehr zur Alltagskultur gehörte und die Verarbeitung so einfach ist, dass man es nicht für nötig hielt, es aufzuschreiben. In einem Standardwerk für Polsterer wird SeegrAS nur eine halbe Seite unter „Materialkunde“ zugestanden. Den mit Abstand besten Überblick erhält man aus dem Buch „Der

entdeckte Nutzen des Seegrases zum Füllen der Kissen und Matratzen“ von Dr. Lehmann, 1814 (Landesarchiv Schleswig). Darüber hinaus lässt sich zwar nur spekulieren, es ist aber ziemlichwahrscheinlich, dass die Küstenbewohner ihren Strand abliefen, um Seegras für den Eigenbedarf (Dünger, Einstreu, Hausisolierung, Matratzen) zu ernten.

Die Nutzung von Seegras ist, abschließend bemerkt, ein gutes Beispiel dafür, wie Alltagskultur in Vergessenheit gerät. Immer wieder erzählen mir ältere Menschen, dass sie früher auf Seegras schiefen und einmal kam sogar jemand, der meinte, dass sein Opa noch Seegras gefischt habe. „Für einen vollen Schleikahn gabs damals fünf Mark.“ Begeistert fragte ich ihn, wie sein Großvater das Seegras eingeholt hatte. Im seichten Wasser stehend? Mit einer Forke? Oder hat er es tatsächlich gefischt? „Keine Ahnung, daran kann ich mich nicht erinnern“ (Foto 4 und 5). Nach 50 Jahren ist das Wissen um diese Alltagskultur also beschränkt darauf, dass Seegras genutzt wurde. Wie aber, das ist weitestgehend verloren gegangen. In diesem Fall ist das nicht so dramatisch, weil Seegras selbsterklärend funktioniert und wir ja nur den Rohstoff vom Strandgemisch trennen.

2 Verarbeitung von der Pflanze zum Rohstoff.

Ursprünglich ist die Ostsee ein nährstoffarmes Meer. Ab ca. 1900 begann der Eintrag chemischer Stoffe. Bis 1960 lässt sich noch von einem wenig belasteten Meer sprechen, danach explodierte der Eintrag von Dünger durch Waschmittel, Landwirtschaft und Autoabgase. Die Folge ist ein stark gesteigertes Pflanzenwachstum vor allem kleinleibiger Schwebeorganismen. Die Lebensbedingungen für Seegras haben sich dadurch verschlechtert: Die maximale Tiefe von Seegraswiesen lag einst bei 17m, heute liegt sie bei 7m. Die Ernte war früher also nicht nur größer, sondern auch sauberer - es reichte, Seegras auf den Wiesen dem Regen auszusetzen, um daraus Matratzen zu machen. Noch heute ernten wir das Seegras mit Forke und Schubkarre, weil die Handarbeit am Strand beginnen muss, um einen hochwertigen Rohstoff zu erhalten. Dann jedoch waschen wir es aktiv in Süßwasser, um neben Salz und Sand auch die vielen Grünalgen auszuwaschen. Anschließend wird es in einer Scheune zum Trocknen ausgelegt oder aufgehängt und am Ende in Kissenbezüge gestopft.

3 Was ist an Seegras als Stopfwohle so gut?

Es sind mehrere Faktoren, die Seegras zu einer hochwertigen Stopfwohle machen, auf der viele Menschen gut schlafen.

Seegrasblätter sind bis 150cm lang und trocken dünn wie gekräuselttes Kassettenband. Im Kissen verdichten sich die Fasern zu einem weichen Fließ. Dadurch liegt der Kopf besser als in anderen Kissen, was zu einer Abnahme von Verspannungen führen kann. Außerdem liegt der Kopf etwas höher, wodurch Schnarchen weniger werden kann. Weil Seegras das Dreifache seines Trockengewichtes an Wasser aufnimmt (Ergebnisse eigener Versuche), berichten Menschen, die stark schwitzen, dass sie trockener schlafen.

Seegras ist stark mineralisch mit hohen Anteilen von Jod, Bor und Rosmarinsäure. Diese sollen dazu führen, das Seegras nicht schimmelt und auch Milben es meiden. Davon profitieren Allergiker und anscheinend auch Menschen mit sensiblen Haut- und Atmungsorganen.

Nicht zuletzt berichten Menschen, die auf Seegras schlafen, dass sie morgens erholter sind und sich generell geborgen fühlen.

4 Die Strand-Manufaktur in Kappeln

Seit 2013 produzieren wir Seegras als Stopfwohle für Kopfkissen. Von Spätsommer bis Weihnachten „grasen“ wir dazu die Ostseeküste zwischen Flensburg und Kiel ab – immer nach Ostwind (Foto 1). Die durchschnittliche Erntemenge beträgt rund 20 Bigbags = Kubikmeter. Ernten und waschen sind recht schnell gemacht, dagegen dauert das Aussortieren von „Beifang“ wie Blasentang, Federn oder Schilf

recht lange (Foto 2 und 3). Die gesamte Produktion ist händisch, wodurch wir die beste Qualität erzielen. Der Bedarf an Seegraskissen entwickelt sich stetig und kann von uns nicht mehr gedeckt werden. An der Ostseeküste zwischen Flensburg und Usedom kommt genug Seegras für ein, zwei Dutzend Betriebe an. Es bietet sich eine Lebensgrundlage für Menschen, die gesund und im Einklang mit den Ressourcen ein materiell bescheidenes Leben führen wollen.

Mehr über Seegras als Stopfwohle erfahren Sie in folgendem Video: <https://youtu.be/Wh9A6uTWuRg> sowie auf den Websites www.strandmanufaktur.de und www.posima.de



Abb. 1: Seegrasernte in Eckernförde (Foto: Marcus Dewanger)



Abb. 2: Trocknung auf einem Heuboden (Foto Marcus Dewanger)



Abb. 3: Seegrass als Stopfwohle muss mit Süßwasser gewaschen werden, damit das Meersalz herausgespült wird (Foto: Marcus Dewanger)



Abb. 4: Seegrasernte vor rund hundert Jahren mit einem Schleikahn (Landesarchiv Schleswig)



Abb. 5: Auf Wiesen (hier an der Schlei, im Hintergrund die Lotseninsel) wurde das Seegras getrocknet und gepresst. Anschließend wurde es an Polstereien bis nach Süddeutschland verfrachtet. (Landesarchiv Schleswig)

Adresse

Die Strand-Manufaktur
Kristian Dittmann
Loitmarkhof 1
24376 Kappeln

www.strand-manufaktur.de
post@strand-manufaktur.de



Die Verwertung des Treibsel vom Ostseestrand - Erforschung der Potentiale verschiedener Nutzungsformen

Sam Warmke

Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Abstract

For this study, expert interviews were conducted from which the respective potential for the most important eelgrass and beach wrack uses were deduced.

The analyses have shown that pyrolysis, pellet heating and agriculture are particularly suited for processing large quantities of beach wrack. Pyrolysis, however, was classified as unprofitable due to the high amount of energy input required during the initial processes of drying the material. The production of heating pellets is, due to various reasons, also quite unappealing for communities. The application of beach wrack in agriculture can be realized easily on an operational level. Regulations, however, could result in an increasing expense in the future. To take advantage of the nutrients, beach wrack can also be used to produce high-quality compost. But currently communities will be charged fees for delivering the material to a composting plant. The profit per gram of eelgrass is the highest when it is used as a cushion filling. However, this only accounts for some small quantities and does not relieve the communities. A higher quantity could be used for the insulation of buildings. If the application of eelgrass products improves and, as a result, the popularity and the demand for eelgrass insulation increases, this will be a reasonable utilization. A similar argument can be made for gardening and landscaping. Although all ideas to use beach wrack in this sector are until now only hypothetical, they show the potential to create products, which could even substitute exotic materials.

1 Einleitung

Unterwasser herrscht eine große Pflanzenvielfalt, die den meisten Strandbesuchern verborgen bleibt. Doch besonders nach einem starken Sturm kommt es vor, dass marine Pflanzen an die Küste geworfen werden. Angespültes Seegrass und Algen am Strand stören dann oft die Touristen. Vor allem wenn es zu einer strengen Geruchsentwicklung kommt, lassen Beschwerden bei den zuständigen Gemeinden nicht lange auf sich warten (Moosbauer et al. 2012). Da der Tourismus in Schleswig-Holstein ein sehr umsatzstarker Sektor ist, werden die Abschnitte an den Badestränden von dem sogenannten Treibsel gesäubert. Dies ist mit einem hohen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Zudem fällt die Biomasse, wenn sie vom Strand aufgesammelt wurde, unter das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Die Gemeinde möchte sich nach der Strandsäuberung des Materials entledigen, weshalb es nach §3 Absatz 1 bis 3 KrWG zu Abfall wird und die Entsorgung mitunter mit weiteren hohen Kosten verbunden ist. Im §6 KrWG ist aber auch eine Rangfolge für Maßnahmen im Sinne der Abfallbewirtschaftung festgelegt. Dort steht die Entsorgung des Abfalls an letzter Stelle, denn eine Verwertung oder ein Recycling des Materials sind stets vorzuziehen.

Es wurden bisher verschiedenste Verwertungsmöglichkeiten für das Treibsel angeregt und immer neue Ideen entwickelt. Offen bleibt bisher, in welchem Rahmen diese Nutzungen umsetzbar sind und welche Verwertungen die größten Potentiale haben.

2 Zielsetzung und Fragestellungen

Das Ziel dieser Studie ist es, verschiedene Verwertungsmöglichkeiten für das Treibsel der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste zu untersuchen. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf folgenden Aspekten der Verwertung:

- In welchem Zustand kann das Treibsel verwertet werden?
- Wie sieht die Aufbereitung des Materials aus?
- Wie lässt sich die Verwertung mit der Strandreinigung vereinbaren?
- Was sind Probleme und Hindernisse?
- Wie sieht der Nutzen der Verwertung aus?
- Welche Chancen hat das Produkt auf einem Absatzmarkt?

Auf Grundlage dieser Fragen werden die betrachteten Nutzungsarten miteinander verglichen, um abschließend Empfehlungen für das weitere Vorgehen in der Treibselnutzung zu geben.

Die untersuchten Verwertungsgebiete sind:

Kompostierung (1), Pyrolyse (2), Garten- und Landschaftsbau (3), Dämmung (4), Heizpellets (5), Kissen & Matratzen (6) und Landwirtschaft (7).

3 Untersuchungsgebiet und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet

Die Studie befasst sich mit der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste. An Masse werden dort pro Jahr ungefähr 25.000-50.000 Tonnen Treibsel angespült (Jensen 2017).

Der pflanzliche Anteil angespülten Materials besteht zu einem Großteil aus Arten der Gattungen *Zostera*, vor allem *Zostera marina*, und *Fucus*. Zu den wichtigsten Arten der Gattung *Fucus* gehören der Blasentang (*Fucus vesiculosus*), der Säge tang (*Fucus serratus*) und zu einem kleinen Anteil auch der Arktische Klautentang (*Fucus evanescens*). Grün- und Rotalgen kommen in einem so geringen Anteil vor, dass sie für das Treibsel im Weiteren keine besondere Bedeutung haben (Mossbauer et al. 2012).

3.2 Methoden

Um die eingangs gestellten Forschungsfragen beantworten zu können, wurden für diese Arbeit Experteninterviews durchgeführt. Die Grundlage für die Forschungsgespräche bildeten das Studium von Fachliteratur, vor allem Zeitungsartikeln oder Medienberichterstattungen im Internet, sowie Vorgespräche mit der POSIMA-Arbeitsgruppe. Für die teilstandardisierten Interviews wurde im Vorfeld ein Leitfaden entwickelt. So wurde verhindert, dass sich der Forscher als unwissender Gesprächspartner erweist und das Gespräch konnte in Richtungen gelenkt werden, die sich auf das Wissen des Experten über das ausgewählte Themenfeld beschränken. Wichtig war es, dass die Fragen im Leitfaden offen formuliert waren, damit der Befragte frei antworten und somit auch eigene Aspekte zu dem Gespräch beitragen konnte (Mayer 2013). Die Experten wurden nach ihrer jeweiligen Funktion in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe A beinhaltet die Gemeindevertreter oder all jene, die mit der Strandreinigung beauftragt sind oder bei dieser mitwirken. Dieser Gruppe gegenüber stehen die Verwerter oder Nutzer des Treibsel. Hier wurde zwischen speziellen Verwertungsmethoden und der Landwirtschaft unterschieden, da sich bei der Verwertung in der Landwirtschaft mitunter andere Fragestellungen ergeben als bei einer Verwertung des Treibsel, an dessen Ende ein kommerzielles Produkt steht. Deshalb beinhaltet Gruppe B die Verwerter, die ein Produkt herstellen, und in Gruppe C befinden sich Landwirte, die Treibsel in ihren Betrieben nutzen. Eine Übersicht über die drei verschiedenen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Die Experten wurden ihrer Funktion nach in drei verschiedene Gruppen eingeteilt.

Expertengruppe	Vertreter
A (Strandreinigung)	Strandreiniger, Gemeindemitarbeiter, Mitarbeiter aus dem Touristikmanagement
B (Verwerter)	Firmenmitarbeiter, -inhaber, Geschäftsführer
C (Landwirte)	Landwirte, Mitarbeiter aus landwirtschaftlichen Betrieben

Da für die verschiedenen Interviewgruppen unterschiedliche Fragestellungen von Bedeutung waren, wurden insgesamt drei Leitfäden entwickelt, die individuell auf die jeweilige Gruppe zugeschnitten waren. Bei Gruppe A stand vor allem im Vordergrund, wie die Strandreinigung durchgeführt wird, und wie sich Verwertungen in den vorhandenen Arbeitsablauf einfügen lassen. Im Leitfaden für die Experten aus der Gruppe B stand im Mittelpunkt, wie und welche Bestandteile des Treibsel verwertet und welche Produkte daraus hergestellt werden. Bei den Interviews der Gruppe C war besonders wichtig, wie Treibsel auf die Ackerflächen ausgebracht wird, und wie die bisher gemachten Erfahrungen damit sind. Die Fragen der entwickelten Leitfäden sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Die Interviews wurden in einem persönlichen Gespräch durchgeführt. Nachdem das Einverständnis der Befragten über eine Audioaufnahme des Gesprächs eingeholt und die Anonymität der Aussagen zugesichert wurde, wurden alle Interviews mit der Diktier-App „Easy Voice Recorder“ aufgezeichnet. Die Verwendung eines Aufnahmegerätes ermöglichte eine flexible Handhabung des Gesprächs. Dadurch war es möglich, sich voll und ganz auf den Interviewpartner zu konzentrieren (Mayer 2013). Insgesamt wurden zwölf Interviews geführt und anschließend transkribiert. In einem nächsten Schritt wurden einzelne Textstellen aus den Transkripten den Fragestellungen aus dem Leitfaden zugeordnet. Für die Darstellung in den Ergebnissen wurden Aspekte aus den verschiedenen Interviews herausgearbeitet, die das „Überindividuell-Gemeinsame“ (Meuser & Nagel 1991) deutlich machen. Dafür wurden die nach Themenfeldern sortierten Textpassagen weiter verdichtet und auf ihre Kernaussage hin untersucht. Anschließend wurden diese innerhalb einer Interviewgruppe miteinander verglichen. Dabei wurden sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede herausgearbeitet.

Um die in den Experteninterviews gewonnenen Ergebnisse weiter zu nutzen und eine Bewertung der verschiedenen Verwertungsformen für Treibsel zu ermöglichen, wurde auf die Methodik der SWOT-Analyse zurückgegriffen. Die SWOT-Analyse (Strength, Weakness, Opportunities, Threads) ist ein Instrument, welches seinen Ursprung in der Betriebswirtschaftslehre hat, heutzutage aber in immer mehr Forschungsfeldern Anwendung findet (WOLLNY & PAUL 2015). So wurde für jede Verwertungsform eine SWOT-Analyse durchgeführt, die die Stärken und Schwächen der einzelnen Nutzungen enthielt. Ebenso berücksichtigten sie Chancen, die sich aus dem gesellschaftlichen, politischen oder rechtlichen Umfeld ergeben, und Risiken, die durch diese Umwelt entstehen können. Auf Grundlage dieser Analysen wurden die Verwertungen anschließend miteinander verglichen und bewertet.

Tabelle 2: Für jede Expertengruppe wurde ein eigener Leitfaden mit den für die Gruppe relevanten Fragen erarbeitet.

Leitfaden Gruppe A	Leitfaden Gruppe B	Leitfaden Gruppe C
Wie erfolgt die Strandreinigung?	Wie wird das Treibsel verwertet? Was genau wird mit dem Treibsel hergestellt?	Woher bekommen Sie das Treibsel für Ihren Acker?
Was genau passiert mit dem Treibsel, wenn es vom Strand weggeräumt wurde?	Woher bekommen Sie den Rohstoff/ das Treibsel?	Wieviele Treibsel verteilen Sie ungefähr auf Ihrem Acker?
Wie wird das Treibsel nach dem Aufsammeln behandelt?	Wieviele Treibsel wird im Jahr verwertet?	Wie wird das Treibsel auf dem Acker ausgebracht?
Wie hoch ist der finanzielle Aufwand im Jahr für die Strandreinigung?	Wie ist der Preis für das Produkt (Umsatz/Gewinn)	Bei welchen Pflanzen wurde das Treibsel verwendet?
Haben Sie bereits positive Erfahrungen mit der Verwertung von Treibsel gemacht? Wenn ja, welche?	Wie weit reicht der Kundenkreis?	Welche Erfahrungen haben Sie mit dem Einsatz von Treibsel gemacht?
Gibt es eine Nachfrage nach Treibsel in Ihrer Gemeinde? Wer nimmt Ihnen schon heute das Treibsel ab?	Was sind Vorteile dieser Art der Verwertung?	Welche Hindernisse und Probleme sehen Sie beim Einsatz von Treibsel in der Landwirtschaft?
Welche Hindernisse und Probleme sehen Sie bei der Verwertung von Treibsel?	Welche Nachteile hat die Art der Verwertung?	Was müsste sich für Sie im Umgang mit dem Treibsel verbessern?
Was müsste sich für Sie im Umgang mit dem Treibsel verbessern?	Vergleich mit herkömmlich hergestellten Produkten?	Hoffnungen für die Zukunft?
Wie weit würden Sie das Treibsel transportieren? Maximale Entfernung einer möglichen Sammelstelle?	Was sind Probleme und Hindernisse bei dieser Art der Verwertung?	
Hoffnungen für die Zukunft?	Was müsste sich für Sie im Umgang mit dem Treibsel verbessern?	
	Hoffnungen für die Zukunft?	

4 Ergebnisse

4.1 Kompostierung

Die Stärke der Kompostierung ist, dass das Treibsel ohne eine große Aufbereitung verwertbar wird. Eine Trennung in Algen- und Seegrassbestandteile ist nicht nötig. Es muss lediglich eine Siebung erfolgen, um Plastikteile oder Fremdstoffe wie größere Steine zu entfernen, die nicht kompostierbar sind. Insgesamt lässt sich die Verwertung in der Kompostierung sehr gut mit den vorherrschenden Arbeitsschritten der Strandreinigung vereinbaren. Sogar eingesandetes Material kann hier verwertet werden. Bei Versuchen mit Algenkomposten hat sich gezeigt, dass die Pflanzengesundheit und das Wurzelwachstum gefördert werden. Dabei wurde bis zum Dreifachen an Massewachstum im Vergleich zu herkömmlich gedüngten Pflanzen erzielt. Ein Nachteil der Kompostierung ist, dass die Kompostwerke momentan Annahmgebühren für das Treibsel nehmen. Der Preis liegt dabei zwischen 18 Euro und 55 Euro pro Tonne angelieferten Materials.

Deshalb ist es für die Gemeinde mit hohen Kosten verbunden, das Treibsel der Kompostierung zuzuführen. Ein weiteres Problem ist die begrenzte Kapazität der Kompostwerke. Treibsel kann in der Kompostierung immer nur beigemischt werden, weil es alleine nicht kompostierbar ist. Dadurch werden zusätzlich die Aufnahmekapazitäten für Treibsel in den Kompostwerken reduziert. Die Chancen für die Kompostierung bestehen darin, dass, wenn sich der Nutzen dieser Produkte herumspricht, die Produktion von Treibselkomposten rentabel werden könnte und eventuell sogar die Annahmehkosten für die Gemeinden in Zukunft reduziert werden oder sogar gänzlich entfallen. Eine gute Möglichkeit bietet der Absatz an Biobauern, die sehr strenge Auflagen darüber haben, womit sie düngen dürfen. Zusätzlich hat die Kompostierung das Potential, alles Material, was nicht für höherwertige und vor allem in der Aufbereitung anspruchsvollere Verwertungen geeignet ist, noch zu benutzen. Die Kompostierung lässt sich also unter Umständen gut mit anderen Nutzungen kombinieren.

4.2 Pyrolyse

Mit der Pyrolyse könnte recht viel Treibsel verwertet werden, was gerade in Bezug auf die Masse eine große Erleichterung für die Gemeinden wäre. Denn obwohl Treibsel bei der Pyrolyse nur anderem Material beigemischt würde, setzen wirtschaftliche Anlagen 250-300kg Trockensubstanz pro Stunde um. Bei der Pyrolyse handelt es sich außerdem sowohl um eine energetische Verwertung als auch um eine stoffliche. Neben Energie wird Biokohle produziert, die einen Absatz im Landbau oder im Tierfutter finden könnte. Durch eine langzeitstabile CO₂-Speicherung im Boden hat der Einsatz von Biokohle positive Auswirkungen auf das Klima. Problematisch ist, dass die Gemeinden bei dieser Verwertung Gebühren für die Abgabe des Treibsel zahlen müssten. Weiterhin ist Treibsel für die Pyrolyse eher ungeeignet, weil es zu feucht ist. Bevor es in die Pyrolyse-Anlage gefahren werden könnte, müsste es zerkleinert und technisch getrocknet werden. Dadurch würde wahrscheinlich die gesamte Energie, die bei der Pyrolyse entsteht, für die Aufbereitung des Eingangsmaterials aufgewendet werden. Ein erhöhter Sandanteil im Material führt weiterhin zur Produktion von einem Pyrolysat mit reduziertem Kohleanteil und nicht zur Herstellung von hochwertiger Biokohle. Die, auch mit Treibsel mögliche, Erfüllung des EBC (European Biochar) Zertifikats wäre bei der Herstellung von Biokohle jedoch wichtig. Wenn zertifizierte Biokohlen in Deutschland im Ökolandbau offiziell zugelassen werden, könnte die Nachfrage nach diesen steigen. Problematisch wäre es, wenn es bei der Pyrolyse von Treibsel zur Entstehung von Chlorgas kommt und damit zu einer Hoch-Temperatur-Korrosion an metallischen Oberflächen und zur Bildung von Dioxinen. Dies wäre nicht unbedingt ein KO-Kriterium, würde den gesamten Prozess aber aufwendiger machen, da das entstehende Synthesegas von den Chloranteilen befreit werden müsste.

4.3 Garten- und Landschaftsbau

Seegras und andere Treibselbestandteile könnten im Garten- und Landschaftsbau Verwendung in der Herstellung verschiedener Produkte finden. Aus dem Seegras könnten Erosionsschutz- oder Vegetationsmatten gesteppt werden. Seegras hat aufgrund seiner festeren Struktur bessere Eigenschaften als momentan genutzte exotische Stoffe wie Kokos. Durch die einfache Umstellung der Steppmaschinen auf verschiedene Eingangsmaterialien könnte Treibsel je nach Anfall und Bedarf sehr flexibel eingesetzt werden. Allerdings kann für das Versteppen der Matten nur reines Seegras verwendet werden. Dafür muss es vorher von anderen Bestandteilen im Treibsel getrennt und getrocknet werden. Generell ergibt sich für die Produktion der Matten wahrscheinlich eine sehr aufwendige Logistik, weshalb der Preis für eine Treibselmatte höher liegen würde als Konkurrenzprodukte. Algenanteile könnten eventuell bei Matten eingesetzt werden, die direkt bei Bedarf erst produziert werden. Die dort enthaltenen Nährstoffe könnten beispielsweise positive Auswirkungen bei dem Aufwuchs von, in Vegetationsmatten enthaltenen, Saatgut haben. Durch die erhöhte Nachfrage nach heimisch produzierten und ökologisch gewonnenen Produkten hätte die Treibselmatte trotz des höheren Preises gute Chancen auf dem Absatzmarkt, obwohl sie wohl erstmal ein Nischenprodukt wäre. Der genaue Produktionsprozess für Treibselmatten wurde aber bisher noch nicht erprobt. Deshalb ist der Aufwand für Produktion und Aufbereitung momentan noch unklar.

4.4 Dämmung

Seegras hat von Natur aus auch ohne eine Behandlung mit Brandhemmern oder ähnlichen Stoffen sehr gute Eigenschaften für die Verwendung als Dämmstoff. Deshalb stellt es ein gutes Konkurrenzprodukt zu den bisher angebotenen Naturdämmstoffen dar. Auch der Dämmwert ist ähnlich zu dem der Konkurrenzprodukte. Im Vergleich zu den anderen Naturdämmstoffen wird für Seegras nicht extra eine landwirtschaftliche Anbaufläche benötigt, und es weist zusätzlich eine sehr gute Feuchtigkeitsregulierung auf. Allerdings kann in der Dämmung nur sortenreines Seegras verwendet werden, das vorher gewaschen und anschließend getrocknet werden muss. Das bedeutet, dass die Beschaffung von geeignetem Material aufwendig ist. Bisher ist hierfür eine Vereinbarung mit den Abläufen in der Strandreinigung in Schleswig-Holstein schwierig, und es wurde noch kein Weg für eine Aufbereitung des aufgesammelten Materials gefunden. Zusätzlich wird Seegras von der Ostseeküste bisher nur als Stopfwohle verarbeitet. Die Herstellung anderer Varianten der Dämmung, wie Einblasdämmung oder Dämmmatten, könnte die Arbeitsprozesse auf der Baustelle erleichtern und die Nachfrage nach einer Seegrasdämmung erhöhen. Weiterhin gibt es bisher keine Zertifizierung oder bautechnische Zulassung für das Seegras der Ostseeküste als Dämmstoff. Dies macht einen Einsatz beim Bau öffentlicher Gebäude unmöglich und ist auch ein Hindernis für manche private Hausbauer.

Allerdings könnte es durch Entscheidungen des Europäischen Gerichtshofes in der europaweiten Zulassung von Bauprodukten in Deutschland zu einer Überarbeitung der Regelungen kommen und eine kostenintensive Zertifizierung des Ostsee-Seegrases als Dämmstoff hinfällig werden.

4.5 Heizpellets

Für die Herstellung von Heizpellets können fast alle Bestandteile im Treibsel verwertet werden, und es muss keine aufwendige Aufbereitung erfolgen. Lediglich große Metall- und Plastikteile müssen entfernt werden, um den Anlagenbetrieb nicht zu stören. Das Material muss aber nicht getrocknet werden, sondern kann frisch aufgesammelt im feuchten Zustand in die Anlage hinein. Es muss nur vorher zerkleinert werden, was aber direkt vor Ort an der Anlage erfolgen kann. Es können aber keine Pellets nur aus Treibsel hergestellt werden, es muss eine Beimischung zu anderem Grünschnitt erfolgen. Dabei muss das Verhältnis immer das gleiche sein, da Pellets in gleichbleibender Qualität produziert werden müssen, um Zertifizierungs-Standards zu erfüllen. Dadurch müsste das Treibsel bei der Produktionsanlage gelagert werden. Welche Flächen dafür benötigt und wie die Lagerung des Treibsel

genau aussehen würde, kann bisher noch nicht abgeschätzt werden. Weiterhin würden bei dieser Verwertung wahrscheinlich Abgabegebühren für die Gemeinden anfallen. Der Bedarf nach alternativen Brennstoffen steigt aber gerade im Hinblick auf den Klimawandel und aus dem Grund, dass der momentan vorrangig genutzte Brennstoff Heizöl eine endliche Ressource ist. Bevor Pellets aus Treibsel jedoch verwendet werden könnten, müssten sowohl die produzierten Pellets als auch die Kessel, in denen die Treibsel-Pellets letztendlich verbrannt werden sollen, aufwendige Prüfungen bestehen, um zertifiziert zu werden. Je nach Größe der Kesselanlage kann dazu eine Prüfung nach der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) gehören.

4.6 Kissen & Matratzen

Um Seegras für das Stopfen von Kissen und Matratzen zu gewinnen, wird bisher händisch oder mit kleinem Gerät wie einer Forke gearbeitet. Es handelt sich hierbei um eine schonende Art, um das Seegras vom Strand aufzusammeln. Anschließend erfährt es durch die Verwendung als Stopfwohle einen sehr hohen Grad der Veredelung. Seegraskissen finden einen immer größeren Absatzmarkt, da die Nachfrage nach ökologisch produzierten Waren steigt. Das Material, so wie es momentan von den Gemeinden an den Badestränden aufgesammelt wird, kann für das Stopfen aber nicht verwendet werden. Dafür sind die Qualitätsanforderungen an das Eingangsmaterial zu hoch. Außerdem werden in der Produktion von Kissen insgesamt nur sehr geringe Massen umgesetzt, die für Gemeinden mit einem hohen Anfall an Treibsel keine allzu nennenswerte Entlastung bedeuten würde.

4.7 Landwirtschaft

Beim Einsatz in der Landwirtschaft können hohe Massen an Treibsel verwertet werden. Die Zusammensetzung des Treibsel aus Seegras und Algen spielt zunächst eine untergeordnete Rolle und beeinflusst die Ausbringung nicht weiter. Bei hohem Anfall und keinen vorhandenen Zwischenlagermöglichkeiten bietet sich auch die Möglichkeit, das vom Strand aufgesammelte Treibsel direkt auf die Ackerflächen auszubringen. Auch wenn die genauen Langzeitwirkungen des Treibsel im Boden und auf das Wachstum der Pflanzen noch nicht wirklich bewertet werden können, hat eine aktuelle Studie mit Treibselproben von der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste gezeigt, dass Treibsel sowohl düngende als auch bodenverbessernde Eigenschaften aufweist (Rollhäuser 2019). Obwohl es dadurch nun Referenzanalysen zu den stofflichen Zusammensetzungen von Treibselproben gibt, müsste jede ausgebrachte Partie aufgrund der ungleichmäßigen Zusammensetzung des Treibsel weiterhin gesondert untersucht werden, weil die Ausbringungen von Schwermetallen oder anderen Schadstoffen unbedingt vermieden werden muss. Je nach Einstufung der Stickstoff- und Phosphor-Gehälter im Hinblick auf die Düngemittelverordnung kann es sein, dass der Einsatz von Treibsel in der Landwirtschaft nicht wirklich interessant ist. Bisher wird das Material gerne aufgrund des enthaltenen Sandes dazu genutzt, lehmige Böden aufzulockern.

5 Diskussion und Fazit

Mithilfe der Experteninterviews wurden wichtige Informationen über die verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten für das Treibsel der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste erarbeitet. Eine Übersicht über die vergleichende Einschätzung der relevantesten Aspekte bei den Verwertungen wurde in den Tabellen 3 und 4 zusammengetragen. An großen Strandabschnitten mit vielen Besuchern ist eine Alternative zur maschinellen Strandreinigung nicht umsetzbar, und da für die meisten Verwertungen eine Aufbereitung des aufgesammelten Treibsel notwendig ist, muss dafür eine geeignete Möglichkeit gefunden werden. Das grundlegende Problem ist, dass der Aufwand für die Aufbereitung des Materials bisher finanziell nicht genau abgeschätzt werden kann. Dadurch wissen Verwerter nicht, zu welchem Preis sie das Seegras beziehen könnten und wieso der Preis für ihr hergestelltes Endprodukt aussähe. Um dies zu beheben ist es notwendig, projektgefördert eine Aufbereitung des Treibsel durchzuführen.

Dazu gehören die Siebung, das Waschen und das Trocknen des Materials. Dabei wäre auch eine mobile Lösung sinnvoll, um die Aufbereitung bei mehreren Gemeinden durchführen zu können und gleichzeitig weite Transportwege zu vermeiden.

Tabelle 4a: Abschließende Bewertung der Verwertungen (Teil 1). Dargestellt sind die Ergebnisse zu einzelnen Aspekten der Verwertungen im Vergleich. In diesem Teil sind es Bewertungen zu den produktionsbedingten Aspekten.

	Anforderungen an das Eingangsmaterial	Aufwand der Aufbereitung	Gewinn
Kompostierung	gering (<i>alles verwertbar</i>)	gering (<i>nur sieben</i>)	mittel
Pyrolyse	gering (<i>alles verwertbar</i>)	mittel (<i>zerkleinern und trocknen</i>)	gering
Garten-/Landschaftsbau	mittel (<i>hauptsächlich nur Seegrass verwertbar</i>)	mittel (<i>sieben und trocknen</i>)	mittel
Dämmung	hoch (<i>nur hochwertiges Seegrass verwertbar</i>)	mittel (<i>waschen und trocknen</i>)	mittel
Heizpellets	gering (<i>alles verwertbar</i>)	gering (<i>nur zerkleinern</i>)	mittel
Kissen und Matratzen	hoch (<i>nur hochwertiges Seegrass verwertbar</i>)	hoch (<i>waschen, aussortieren, trocknen</i>)	hoch
Landwirtschaft	gering (<i>alles verwertbar</i>)	gering (<i>nur eventuell sieben</i>)	gering

Tabelle 4b: Abschließende Bewertung der Verwertungen (Teil 2). Dargestellt sind die Ergebnisse zu einzelnen Aspekten der Verwertungen im Vergleich. In diesem Teil sind es Bewertungen zu Aspekten, die die Strandreinigungsarbeiten der Gemeinden betreffen und die zusammenfassende Chance auf Durchführbarkeit.

	Entlastung für die Gemeinden	Vereinbarkeit mit der Strandreinigung	Gebühren für die Gemeinden	Chancen auf Durchführung
Kompostierung	mittel	leicht	ja (<i>entfallen eventuell</i>)	läuft bereits
Pyrolyse	hoch	leicht	ja	gering
Garten-/Landschaftsbau	mittel	mittel	nein	mittel
Dämmung	mittel	schwer	nein	läuft bereits
Heizpellets	hoch	leicht	ja	gering
Kissen und Matratzen	gering	mittel	nein	läuft bereits
Landwirtschaft	hoch	leicht	nein	läuft bereits

Die Verwertung in der Pyrolyse und die Herstellung von Heizpellets sind momentan vernachlässigend zu betrachten, da Treibsel dafür ein eher ungeeignetes Material darstellt beziehungsweise der Aufwand wahrscheinlich zu hoch wäre. Auch wenn die Anforderungen an das Eingangsmaterial hoch und die Aufbereitung als mittel einzustufen sind, ist die Verwendung von Treibsel als Dämmstoff interessant, weil es dafür durchaus einen Absatzmarkt gibt und auch größere Mengen verwertet werden könnten. Es muss nur eine rentable Form der Aufbereitung gefunden werden. Ähnliches gilt für die Verwendung im Garten- und Landschaftsbau. Auch hier müssten entsprechende Arbeitsschritte für den Einsatz von Treibsel entwickelt werden, aber das Einsatzgebiet ist durchaus vielversprechend. Da beide Verwertungen nur reines Seegras verwenden könnten, bieten sich die Kompostierung oder der Einsatz in der Landwirtschaft an, um das übrige Material zu verwerten. Eine Kombination von Verwertungen ist also durchaus sinnvoll. Die Herstellung von Seegraskissen bedeutet keine nennenswerte Entlastung für die Gemeinden, hilft aber ungemein, den Nutzen von Seegras in der Bevölkerung weiter bekannt zu machen. Für die Gemeinden bietet sich eine zusätzliche, in dieser Studie nicht genauer behandelte, aber immens wichtige Verwertungsmöglichkeit direkt vor Ort an ihren Strandabschnitten an. So kann das Treibsel dort auf vielfältige Weise für den Küstenschutz oder die Landschaftsgestaltung eingesetzt werden. Genauere Informationen dazu gibt es in dem Artikel von Packschies in diesem Band.

Literatur

- Jensen, K. (2017): Treibselanfall an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste: Entstehung und Probleme im Zeichen des Klimawandels. Masterarbeit. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.
- Mayer, H.O. (2013): Interview und schriftliche Befragung. Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung. 6. Auflage. München.
- Meuser, M. & U. Nagel (1991): Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig erdacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Graz, D. & K. Kraimer (Hrsg.). Qualitativ-empirische Sozialforschung. Opladen, S.441-468.
- Mossbauer, M., Haller, I., Dahlke, S. & G. Schernewski (2012): Management of stranded eelgrass and macroalgae along the German Baltic coastline. In: *Ocean & Coastal Management* (57), S.1-9.
- Rollhäuser, R. (2019): Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung von Treibsel als Grundlage für den Einsatz in der Landwirtschaft. Masterarbeit. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Wollny, V. & H. Paul (2015): Die SWOT-Analyse. Herausforderungen der Nutzung in den Sozialwissenschaften. In: M. Niederberg & S. Wassermann (Hrsg.): Methoden der Experten- und Stakeholder Einbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung. Wiesbaden, S.189-211.

Danksagung

Ein besonderer Dank des Autors gilt allen Interviewpartner/innen, die ihre Zeit und ihr Wissen zur Verfügung gestellt und damit einen großen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben.

Adresse

Sam Warmke
Kirchhofallee 5
24103 Kiel

samwarmke@t-online.de



Probleme und Perspektiven der Treibselnutzung in Mecklenburg-Vorpommern und im ganzen Ostseeraum: das EU-Projekt CONTRA

Jana Wölfel¹, Jane Hofmann², Hendrik Schubert¹

¹Universität Rostock

²EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.

Abstract

The beaches of coastal communities in Mecklenburg-Western Pomerania are the most important tourist attraction and the most popular inner-German tourist destination. So far, there is no coordinated recycling and disposal concept for beach wrack that covers all municipalities, but rather, similar to beach cleaning, there is a multitude of individual solutions at municipal level. The municipalities spend a lot of money on seasonal beach cleaning, but like other national, as well as international communities, they are caught in a network of different interests between tourism associations, environmental and nature conservation, coastal protection and disposal modalities. Thus, the EU-project CONTRA (2019-2021) was initiated with the aim to combine the current knowledge about the sustainability of beach wrack eliminations in the Baltic Sea region on national as well as international level. In five work packages and seven case studies, the ecological, social and economic aspects of the various collection and reuse options will be compiled and evaluated. The project will develop a so-called "tool kit" of innovative recycling options and management strategies in order to provide municipalities with individual solutions that bring the greatest economic and ecological benefit. In this project, a considerable cross-disciplinary stakeholder network from six Baltic Sea countries comprising of municipalities, companies, authorities and scientific institutions works together and will provide future support on beach wrack related issues.

1 Einleitung

Mecklenburg-Vorpommern gilt seit 2014 als beliebtestes innerdeutsches Reiseziel und in keinem anderen Bundesland besitzt die Tourismusbranche eine derartige Bedeutung. Mit einem Bruttoumsatz von über 5,1 Mrd. Euro im Jahr realisiert sie einen Anteil von ca. 10% des Primäreinkommens, das ist doppelt so viel wie im Bundesdurchschnitt (<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/Tourismus>). Dementsprechend hoch ist der Druck auf die Tourismuszentren, ihre Attraktivität möglichst zu steigern, zumindest aber zu erhalten.

Für die Küstengemeinden sind es vor allem die Strände, die ihre Attraktivität bestimmen. Starker Treibselanwurf wird hier als nicht nur ästhetisch störend empfunden, bei längerer Liegezeit kann es zu Geruchsbelästigungen und hygienischen Problemen kommen, der Zugang zur See ist oft erschwert (Abb.1). Laut einer Touristenumfrage des Projektes KliWaKom (gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2015-2018) forderten 68% der befragten Touristen eine Räumung des Treibsel. In der gleichen Umfrage ergab sich aber auch, dass die Wahrnehmung des Problems weitaus differenzierter ist, als diese Zahl vermuten lässt. 65% der Befragten gaben an, dass sie kleinere Mengen Treibsel durchaus akzeptieren würden und 88% der Gäste erkannten den ökologischen Wert des Treibsel als Habitat an (https://www.eucc-d.de/tl_files/eucc/pdf/AktuelleProjekte/KliWaKom/Protokoll_Treibsel Symposium.pdf). Diese Zahlen zeigen das Potential, das durch eine Sensibilisierung der Touristen erschlossen werden könnte. Zumindest eine Reduktion der Intensität des Strandmanagements wäre hier durch Informationsmaßnahmen denkbar.



Abb.1: Strand vor Juliusruh/Breege (Insel Rügen) im August 2017: der Spülsaum des Strandes ist bis zu ca. 3-4 m Breite mit feinpartikulärem, verrottendem v.a. Algen-Material bedeckt, welches stark geruchsbelästigend war und den Zutritt ins Wasser erschwerte (Foto: Jane Hofmann)

Das Ausmaß des Problems wurde durch eine Studie von Mossbauer et al. (2012) untersucht. Zwischen Mitte Mai bis Oktober 2010 wurde für 15 Strände entlang der 720 km langen deutschen Ostseeküste ein Treibselanfall von 4900 t an Biomasse (Trockenmasse, ohne Sandanteil) ermittelt. Das bedeutet, dass betroffene Gemeinden im Durchschnitt 269 kg Treibsel je Meter Strandabschnitt, inklusive eines Sandanteiles von 50-90 %, pro Jahr beräumen müssten. Für die Mecklenburg-Vorpommersche Küste schätzten die Autoren sogar ca. 877 kg/m Treibselbiomasse, allerdings fehlt es noch an belastbaren Vergleichszahlen, es existieren nur sehr wenige Studien, die über sporadische Einzelmessungen hinausgehen. Die Kosten der Beräumung jedenfalls sind enorm: Rollhäuser (2019) schätzt die jährlichen Strandsäuberungskosten auf ca. 38 Euro pro Meter Strandlinie, das entspräche rund 14.5 Mio Euro, die die Gemeinden Schleswig-Holsteins pro Jahr allein für die Strandsäuberung der westlichen Ostseeküste aufbringen. Bei den außergewöhnlich großen Mengen, wie sie z. B. in Boltenhagen, der Insel Poel und Ost-Rügen anfallen, ist es laut der Umweltkommission der Ostseerainer (HELCOM) sogar in ökologischer Hinsicht sinnvoll zu räumen (Schnepper, 2017). Hier wäre durch die Beräumung zumindest lokal ein Nährstoffentzug in der Flachwasserzone erreichbar.

Ein gemeindeübergreifendes, koordiniertes Verwertungs- und Entsorgungskonzept des Treibsel gibt es bislang nicht, vielmehr besteht, ähnlich wie bei der Strandberäumung, eine Vielzahl an individuellen Lösungsansätzen auf Gemeindeebene (Schnepper & Larenstein, 2017, Mossbauer et al., 2012). Laut diesen Autoren wird das Treibsel oft in der Landwirtschaft zur Bodenverbesserung verwendet, auch hier fehlen allerdings belastbare Daten zum Umfang dieser Verwertungsmöglichkeit. Die vormals weitverbreitete Praxis, das Treibsel wieder zurück ins Meer zu schieben, ist mittlerweile durch das Bundesnaturschutzgesetz gemäß § 30 BNatSchG verboten worden, da der Biototyp „Flachwasserzone“ vor menschlichen Eingriffen geschützt werden soll. Um hier eine gesetzeskonforme Lösung zu schaffen, können in Mecklenburg-Vorpommern Gemeinden beim Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus einen Antrag auf die Förderung von Investitionen für Strandberäumungsmaschinen sowie Lagerstätten stellen (Zieger, 2016). Abgesehen vom administrativen Aufwand, stellt das jedoch keine Lösung des

Problems dar. Die Kosten für die Entsorgung und Verwertung des gelagerten Materials müssen die Gemeinden selbst tragen; weitere Kosten entstehen durch die bei den meisten Reinigungstechniken verursachte Abtragung des Strandes, die zusätzliche Strandaufspülungen zur Folge haben können.

Als Fazit bleibt, dass die derzeitigen Strandreinigungspraktiken sehr kostspielig sind, teilweise nicht wirklich effektiv (vor allem bei feinputikulärem Material, Abb. 1) und häufig in Konflikt mit den Anforderungen des Umwelt- und Küstenschutzes stehen. Nicht einmal die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Nutzung des geräumten Materials sind bislang eingehend geklärt. Zwar ist entsprechend Kreislaufwirtschaftsgesetz §6 KrWG eine Verwertung der Beseitigung vorzuziehen, laut einem Brief vom 26.04.2018 vom Landesministerium für Wirtschaft, Arbeit und Gesundheit MV (https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/direkte_verwertung_treibsel.pdf) sind aber: „...Die pflanzlichen Bestandteile des Treibsel...laut europäischem Abfallverzeichnis unter der Abfallschlüsselnummer 200201 deklariert. Der Abfallschlüssel setzt sich zusammen aus 20 02 Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) und hier im speziellen aus 200201 kompostierbare Abfälle. Den pflanzlichen Bestandteilen des Treibsel wird diese Abfallbezeichnung zugeordnet, da die Abfallverzeichnisverordnung keine gesonderte Abfallbezeichnung für außerhalb von Gärten und Parks anfallende biologisch abbaubare Abfälle enthält“.

Im Klartext bedeutet das, dass die Gemeinden, je nach angedachtem Verwertungsweg, mit einer Vielzahl von rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Bioabfallverordnung, Düngemittelverordnung, Bundesimmissionsverordnung; siehe Schnepfer & Larenstein, 2017 sowie die Artikel des vorliegenden Heftes) konfrontiert werden, die den Spezifika des Treibselproblems bislang nur unzureichend gerecht werden. Um Treibsel z.B. zur Bodenverbesserung einzusetzen, bedarf es einer aufwändigen Vorbehandlung der Biomasse: Trennung des Sand-Treibsel-Gemisches, Beseitigung/Aussiebung des Mülls, Trocknungsprozesse (mit einhergehender „Hygienisierung“) sowie Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte für z.B. Schwermetalle/Kunststoffe/Gefahrstoffe, ggf. gefolgt von Sortierungsschritten oder einer Verschneidung des Materials (Mossbauer et al. 2012). In vielen Gemeinden fehlt es aus finanziellen und/oder genehmigungsrechtlichen Gründen an dafür notwendigen Zwischenlager- und Aufbereitungskapazitäten (Schnepfer & Larenstein, 2017). Beide Komponenten, Zwischenlager- und Aufbereitungskapazität, müssen darüber hinaus gut aufeinander abgestimmt werden – Treibsel fällt nur sporadisch und in stark variierender Zusammensetzung an. Eine ökonomisch tragbare Aufbereitung setzt aber meist eine verlässliche Anlieferung des Rohmaterials voraus. Treibsel ökonomisch profitabel als Rohstoff in einer Kreislaufwirtschaft einzusetzen, erfordert also entweder eine Zwischenlagerung oder spezielle Technologien, die das Material ad-hoc z.B. in Nebenstromverfahren einsetzen können.

Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass die Zuständigkeiten für die zahlreichen zu berücksichtigenden Verordnungen und Gesetze bei unterschiedlichen Institutionen liegen (in MV z.B. LUNG, STALU, Untere Naturschutzbehörden etc.). Hier ein koordiniertes Antragsverfahren für das Gesamtpaket Treibsel-Management durchzuführen, überfordert schnell die administrativen Kapazitäten vor allem kleiner Gemeinden und führt rasch zu pragmatischen, nicht immer rechtskonformen Lösungsansätzen.

Viele Lösungsideen zur nachhaltigen Bewältigung des Problems wurden bisher – meist sogar wiederkehrend – mit den betroffenen Gemeinden diskutiert und z.T. auch praktisch erprobt. In den meisten Fällen kamen diese Ansätze über das Erprobungsstadium nicht heraus, die rechtlichen bzw. finanziellen Rahmenbedingungen verhinderten bislang den Aufbau einer flächendeckenden Treibsel-Kreislaufwirtschaft, selbst die wenigen vorhandenen Insellösungen sind bislang Pionierprojekte, die vor allem den immensen Entwicklungsbedarf aufzeigen. Die Entwicklung von besseren Sortierverfahren sowie die Identifizierung von "Problemparametern", auf die kontinuierlich getestet werden muss, sind vielleicht ein Weg, der eine erfolgreiche Neuetablierung traditioneller Verwertungsverfahren, wie z.B. der Bodenverbesserung, erleichtern könnte (Schnepfer, 2017). Für die Lösung der administrativen Probleme sowie für die Etablierung ökonomisch sinnvoller Aufbereitungseinrichtungen ist eine Bündelung der Kapazitäten durch Bildung von Interessensgemeinschaften der Gemeinden, Behörden und möglicher Verwertungsfirmer unumgänglich.

Die lange Liste der Projekte und Studien, die, öffentlich finanziert, zur Lösung des Treibselproblems durchgeführt wurden, belegt vor allem, wie brennend das Problem ist. So beschäftigte sich z.B. ein Teilprojekt von RADOST (2009 – 2014 Regional Adaptation Strategies for the German Baltic Sea Coast, gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Bildung) mit dem Problem; BIOPAL (CosCo -Algae as raw material for production of bioplastics and biocomposites contributing to sustainable development of European coastal regions 2003 –2005, EU-finanziert) berücksichtigte auch den Einsatz von Treibsel; das Projekt „Optimale Strandreinigung in der Fehmarnbelt – Region“ (2006 – 2008, co-finanziert von der EU (Interreg IIIa) und der DBU) beschäftigte sich mit dem gesamten Komplex Strandmanagement. Weiterhin fand im Oktober 2016 im Rahmen des Projektes KliWaKom („Klimawandel in Kommunen und Kommunikation“ der EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V. (EUCC-D) und dem Verband Mecklenburgischer Ostseebäder e.V. (VMO)) ein sog. „Treibsel-Symposium“ in Boltenhagen statt. Dort trafen sich 55 Experten sowie Vertreter betroffener Kommunen und Behörden, um das Ausmaß der Treibselproblematik, zukünftige Entwicklungen und Lösungsmöglichkeiten zu diskutieren und Informations- und Unterstützungskooperationen zwischen den Institutionen, Gemeinden, Unternehmen und Behörden zu ermöglichen.

Letztlich wurde immer wieder, zuletzt auf der oben erwähnten Veranstaltung, auf die fehlende nationale, aber auch internationale Vernetzung der Betroffenen und Akteure hingewiesen, die die Entwicklung einer wirtschaftlichen Infrastruktur zum nachhaltigen Treibselmanagement behindert.

Hier Abhilfe zu schaffen und damit auch in den Vorgängerprojekten entwickelte Lösungsansätze in die Anwendung zu bringen, war die Motivation, um das internationale Projekt CONTRA (Baltic Beach Wrack: CONversion of a Nuisance To a Resource and Asset) ins Leben zu rufen. Prof. Schubert, Lehrstuhl der Aquatischen Ökologie des Instituts für Biowissenschaften der Universität Rostock und Jane Hofmann der EUCC-D beantragten erfolgreich eine Finanzierung im Rahmen des EU-INTERREG „Baltic Sea Region Programme“, so dass das Projekt mit einem Gesamt-Budget von 2,57 Mio € (davon 1,92 Mio € ERDF co-finanziert) am 01.01.2019 mit einer Laufzeit bis zum 30.06.2021 starten konnte.

2 Vorstellung CONTRA

In CONTRA (Conversion of a Nuisance to a Resource and Asset – Strandanwurf/Treibsel – Umwandlung einer Belästigung in eine Ressource) sollen die derzeitigen Kenntnisse über nachhaltige Bewirtschaftungen von Ostsee-Stränden auf nationaler, aber auch internationaler Ebene untersucht, gesammelt und repräsentiert werden. In fünf Arbeitspaketen werden die verschiedenen Teilaspekte der Treibselaufnahme und –verwertung von sechs internationalen Ostseeanrainer-Verbundpartnern aus Dänemark, Deutschland, Polen, Schweden, Estland und Russland zusammengetragen und mit entsprechenden Studien untermauert (Tabelle 1). Neben den 14 Verbundpartnern mit Vertretern aus Behörden, Unternehmen, Hochschulen und NGOs aus den Bereichen Meeressysteme, Küstentourismus, nachhaltige Entwicklung sowie Verwaltungsstrukturen sind weitere 21 Partner assoziiert und bilden somit ein universales Netzwerk, um diese Thematik umfassend bearbeiten zu können.

Während das Arbeitspaket WP1 das Projekt hauptsächlich in der Administration begleitet, stehen im Arbeitspaket WP2 vor allem Wissenstransfer, Netzbildung und sozioökonomische Studien im Mittelpunkt. Im Arbeitspaket WP3 wird durch die parallele Untersuchung von gleichen Parametern jeweils an einem gereinigten und einem nicht gereinigten Strand in den jeweiligen Partnerländern eine Abschätzung der ökologischen Konsequenzen gegenübergestellt. Ein sehr wichtiger Parameter stellt zum Beispiel die quantitative und qualitative Erfassung des Treibsel an den verschiedenen Stränden dar, welches im Jahr 2019 monatlich bis zweiwöchig erfasst wird. Die jeweils nationalen und internationalen rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen, die hauptsächlich die Verwertung von Treibsel betreffen, werden im WP4 bearbeitet, dabei werden aber auch marktwirtschaftliche Analysen und Businessmodelle mit einbezogen.

Tabelle 1: Struktur vom EU-Projekt CONTRA (Conversion of a Nuisance to a Resource and Asset), Unterteilung in fünf Arbeitspakete

WP1: Projekt Management	WP2: Kapazitätsaufbau	WP3: Nachhaltigkeits- und Ökobilanz	WP4: Ressourcenmanagement & Wertschöpfungsketten	WP5: Innovative Technologien
Projekt Administration	Wissens- und Bewusstseinsbildung	Quantitative Erfassung des Strandanwurfs	Vorschriften & Anforderungen: Rechtliche und politische Rahmenbedingungen	Entwicklung & Demonstration von Recycling-Lösungen (Fallstudien)
Abfrage der Zwischen- und Endberichte	Koordination der lokalen Arbeitsgruppen	Ökologischer Einfluss der Strandreinigungstechniken	Möglichkeiten: Geschäftsmodelle & Märkte	Analyse der standort- und fallspezifischen Herausforderungen
Management der Projektgelder	Sozioökonomische Studien	Bewertung der Reinigungsstrategien	Vergleich der Fallstudien: Nachhaltigkeit, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte	7 Fallstudien: Bodenverbesserung, Biokohle, Bioabdeckung, Küstenschutz, Biogas, Wasserqualität
Organisation transnationale Partnermeetings	Außen-Kommunikation des Projektes	Ökosystemdienstleistungen: Analyse der Fallstudien	Analyse von Wertschöpfungsketten zur Schadstoff- und Nährstoffreduzierung	Entwicklung von Leitlinien und einem Referenzdokument "Toolkit"

Das sog. „Herzstück“ von CONTRA bildet das Arbeitspaket WP5: hier werden in sieben Fallstudien in Zusammenarbeit mit Unternehmen die innovativen Technologien sowie Quantität und Qualität der verschiedenen Sammlungs- und Wiederverwendungsoptionen geprüft und bewertet (Abb. 2).



Abb. 2: Sechs international beteiligte Partner von CONTRA mit den jeweiligen Fallstudien 1. “Wreck4soil”, Bad Doberan/Poel, (DE) 2. “BWC”, Rügen, (DE), 3. “Wracover”, Gemeinde Køge, (DK), 4. “Wrack4coast”, Kuhrische Nehrung (RU), 5. “ALREA”, Kalmar (SE), 6a. “WAIT”, Puck Bay, (PL), 6b. “FERTIWRACK”, Swarzewo, (PL) (Eigene Grafik)

Im Einzelnen sollen die ökonomischen, genehmigungsrechtlichen und prozesstechnischen Rahmenbedingungen für einen Einsatz von Treibsel als Bodenverbesserer, Deponieabdeckung, Rohstoff zur Biokohleherstellung sowie zur Biogaserzeugung, als Dünenstabilisator im Küstenschutz und Düngemittel im praktischen Betrieb ermittelt werden. In diesem Zusammenhang erfolgt auch die Erfassung der Effekte, die eine Treibselentnahme auf die lokale Wasserqualität ausübt. Jeder dieser Themenkomplexe, die sich in den Vorgängerprojekten als die erfolgsversprechendsten Ansätze qualifiziert haben, ist durch ein Teilprojekt repräsentiert. Diese Teilprojekte sollen über 3 Jahre hinweg eine belastbare Datenbasis zur Abschätzung der Realisierbarkeit des Ansatzes unter den spezifischen Bedingungen der betroffenen Gemeinde schaffen. Im Folgenden sind die Projektnamen mit den jeweiligen Firmen und einer Kurzbeschreibung der zu testenden Nutzungsoption aufgelistet:

1. "Wreck4soil" („soil improvement products from beach wrack“), Hanseatische Umwelt GmbH, Bad Doberan/Poel, DE: Herstellung von Düngemitteln bzw. Einsatz zur Bodenverbesserung
2. "BWC"(Beach Wrack Conversion), KS-VTCtech GmbH, Insel Rügen, DE: Vapothermische Karbonisierung – Herstellung von Biokohle
3. "Wracover" („beach wrack for bio-cover“), Gemeinde Køge, DK: Kompostmaterial für Deponie-Bioabdeckungen zur Erhöhung der biologischen Oxidation von Methan
4. "Wrack4coast" („beach wrack for coastal protection installations“), Shirshov Institut für Ozeanologie, Kuhrische Nehrung, RU: Küstenschutz - Bau von Dünen und Sandfängern
5. "ALREA" („Algae Reactor“), Linnaeus Universität, Kalmar, SE: Biogas - Strandgut für den anaeroben Vergärungsprozess
6. 6a. "WAIT" („Water improvement“), Institut für Ozeanologie der polnischen Akademie der Wissenschaften, Puck Bay, PL: Analyse des Schadstoffflusses in die Küstenzone, der durch verrottende Algen und Seegrass an Stränden verursacht wird
6b. "FERTIWRACK" („use beach wrack for fertilizers“), Swarzewo, PL: Kompost für die Düngemittelproduktion

Das Verbundprojekt CONTRA wird regional durch die Universität Rostock, die auch das Gesamtvorhaben koordiniert, der EUCC-D, der Hanseatischen Umwelt GmbH (Bad Doberan/Poel), der KS-VTCtech GmbH (Insel Rügen) sowie den assoziierten Partnergemeinden Poel, Sellin, Breege/Juliusruh und dem Verband Mecklenburgische Ostseebäder e.V. repräsentiert. Die Schleswig-holsteinische Firma Seegrashandel und die niedersächsische Firma Beckmann Produktion GmbH & Co KG (Bodenverbesserung) komplettieren das starke Team aus Mecklenburg-Vorpommern.

Neben zahlreichen Partnertreffen und Informationsveranstaltungen für verschiedenste Klientelgruppen soll am Ende des Projektes ein sog. „Tool-Kit“ (Leitfaden) für Management- und Recyclingoptionen entstehen, der alle historischen und aktuellen Erkenntnisse zusammenfasst. Allen betroffenen Gemeinden im Ostseeraum soll damit ein Leitfaden in die Hand gegeben werden, mit dem die Forderung nach sauberen Stränden mit den Anforderungen des Umwelt-, Natur- und Küstenschutzes in Einklang gebracht werden kann.

Literatur

- Mossbauer, M., Haller, I., Dahlke, S., Schernewski, G. (2012): Management of stranded eelgrass and macroalgae along the German Baltic coastline. In: *Ocean & coastal management*, 57, 1-9.
- Rollhausler, R. (2019): Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung von Treibsel als Grundlage für den Einsatz in der Landwirtschaft, Masterthesis, University of Kiel, 75 pp.
- Schnepper, C. (2017): “Strandanwurf Pflanzenmasse mit Potential“. In *Meer und Küste* 6/2017, S. 12.
- Schnepper, C. & Larenstein, V.H. (2017): A Research on the policy framework and management of beach wrack in the Baltic Sea, with a focus on North Germany (Mecklenburg Western Pomerania and Schleswig Holstein), 25.01.2017, concept paper, EUCC – Die Küsten Union e.V., 33 pp
- Zieger, J., 2016. Gesetzliche Grundlagen für die Entsorgung von Treibsel. Presentation at the Treibsel-Symposium, Boltenhagen (Germany) at 17.10.2016

Danksagung

Die Erstellung dieses Artikels wurde durch das Projekt CONTRA des INTERREG „Baltic Sea Region“ Programmes (#R090; 2018-2021) möglich. Wir möchten uns bei den zahlreichen Mitarbeitern des Projektes für die rege und umfassende Mitarbeit bedanken.

Adresse

Jana Wölfel & Hendrik Schubert
Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften,
Aquatische Ökologie
Albert-Einstein Str. 3,
18059 Rostock

Jana.woelfel@uni-rostock.de
hendrik.schubert@uni-rostock.de

Jane Hofmann
EUCC – Die Kustenunion Deutschland e.V.,
Friedrich-Barnewitz Str. 3
18119 Rostock-Warnemünde

hofmann@eucc-d.de



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND



Marktwirtschaftliche Potentiale von Treibsel in Theorie und Praxis

Ulrich Zinser

Baltic Consulting, Germany

Abstract

The existing usage of beach wrack or beach cast is inadequate and is not in line with the current development of society towards a circular economy with a sustainable mind set. This is due in part to the fluctuating accumulation of beach wrack and its varying composition which makes the implementation of industrial production processes, the associated way of thinking and product development very difficult.

However, a multidisciplinary-stakeholder approach has enabled a large number of product ideas to be developed within this study. Many of which can be implemented economically and in a timely manner. The areas of application range from an almost direct reuse of beach wrack to highly specialized products which serve different market segments. The intention of this publication is to stimulate actors into implementing the reuse options that are presented here, as well as to inspire the further development of new beach wrack based products.

Successful implementation of any one idea relies not only on effective cooperation between the actors involved but also the use of a step-like cascade system. This means that the ideal utilization route for the beach cast mixture and its particular composition can be identified. The structured process of cascade utilization also means that for situations where quantities and/or composition of cast material is not suitable, it is not wasted but instead can be put to other uses and product applications.

1 Hintergrund und Motivation

Im Rahmen der touristischen Nutzung größerer Strandabschnitte an der Ostsee hat sich der Umgang und die Handhabung mit Strandanschwemmungen, Treibsel bzw. mit Strandgut deutlich gewandelt. Während bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts die organische Masse des Treibsel meistens aufgrund des Fehlens von verfügbaren bzw. kostengünstigen Düngerbestandteilen und Strukturmaterialien eingesammelt und zur Unterstützung der organischen Prozesse auf die Äcker, Felder und Wiesen verbracht wurde, ist in der heutigen Sichtweise das Treibsel eher als Abfallstoff gesehen.

Mit dem Aufkommen des Tourismus an der deutschen Ostseeküste und der fortschreitenden Mobilität, welche sich auch auf die Tourismusbranche über einen verstärkten Konkurrenzdruck auswirkt, ist die Herstellung eines ansehnlichen Strandumfeldes ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Hauptsächlich aus diesem Grunde erfolgt heute die Aufnahme des Treibsel vom Strand, d.h. dies stellt im Wesentlichen eine touristische Maßnahme dar. Aufgrund der technischen und auch gesetzlichen Rahmenbedingungen wird das Treibsel am landseitigen Strandbereich und hier vorzugsweise am Sandstrand geborgen. Mit dieser Sicht- und Herangehensweise wird Treibsel aus der Entsorgungssicht betrachtet, d.h. als Abfall gesehen. Entsprechend hoch sind die damit verbundenen Kosten, da nur sehr selten Erlöse aus dem Wertstoff Treibsel generiert werden. Produkte und Anwendungen aus Treibsel und Treibselbestandteilen sind in der modernen Industriegesellschaft kaum verbreitet. Ausgangspunkt und Anreiz für die im Auftrag des Projektes POSIMA durchgeführten Analysen ist die umweltgerechte und ökonomische Verwendung von Treibsel als Rohstoff in der Produktherstellung und somit der Aufbau eines neuen Ökonomiesektors. Die Nutzung der chemischen und biologischen Inhaltsstoffe des Stoffgemisches soll der Motor für die Entwicklung einer neuen Bio-Ökonomie werden. In kaum einem anderen Sektor ist der Zugriff auf eine biologische Ressource so einfach zu bewerkstelligen, wie durch die Aufnahme großer Mengen an Strandanschwemmungen.

2 Ziele

Nach den für den Ostseeraum wahrscheinlichen Klimaveränderungen sind vermehrte Treibselanschwemmungen an der deutschen Ostseeküste ein plausibles Zukunftsszenario. Aus dieser Sichtweise steigen gleichfalls die Herausforderungen bei den Städten und Gemeinden. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, neue bzw. geänderte Verwendungsmodelle für die kommenden Jahrzehnte zu erarbeiten. Daher wurden zusammen mit öffentlichen Einrichtungen und anderen Akteuren (welche in den meisten Fällen privatwirtschaftliche Organisationen sind) zusätzliche Handlungsoptionen erarbeitet.

Der exemplarischen Erarbeitung und Darstellung von Produktideen und Wertschöpfungsketten sowie den Implikationen auf die wirtschaftliche Situation liegen vier Untersuchungsschritte bzw. Teilbereiche zugrunde:

- Potentielle Produktdefinitionen und Produktkategorien
- Prognostizierte Markt- und Absatzentwicklungen sowie Vertriebswege
- Handlungsmöglichkeiten und -potentiale sowie Chancenbewertung
- Analyse der produktbezogenen und betriebswirtschaftlichen Faktoren

Parallel sollen die eingebundenen Institutionen angeregt werden, auch selbst neue Produktchancen zu identifizieren, den Erfolg abzuschätzen und die Ideen umzusetzen. Ausgehend von der Marktbetrachtungs- und Produktseite werden in dieser Untersuchung die in den Regionen heute bereits durchgeführten Verwendungswege aufgegriffen, um daraus neue Modelle zu erarbeiten.

Aufgabe und Ziel der Best-Practice-Modelle ist eine Produkt- und Marktpotentialanalyse für die Identifikation von lohnenswerten Chancen zur Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen aus der Ressource Treibsel. Über die Akteursgrenzen hinaus sollen dabei Umsetzungsmöglichkeiten dargestellt und beispielhaft Produkte und Dienstleistungen erarbeitet werden. Mittels Marktbetrachtungen und -analysen sowie prozessübergreifenden Darstellungen von Kosten- und Nutzen konnten für die Regionen interessante Produktmöglichkeiten identifiziert werden. Darüber hinaus konnten auch Produktideen, welche sich nicht wirtschaftlich darstellen lassen, ausgeschlossen werden.

Zusätzliches Ziel ist die Analyse übergreifender Nutzungsmöglichkeiten. Dies einerseits in Anbetracht der Einbeziehungen und des Vergleiches verschiedener Regionen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste, und andererseits auch über Produkt- und Marksparten hinaus.

3 Untersuchungsgebiet and Methoden

Schwerpunktgebiet der Untersuchungen waren drei Abschnitte an der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste, nämlich:

- die Eckernförder Bucht mit dem bewirtschafteten Strand der Stadt Eckernförde
- das bewirtschaftete Strandgebiet der Gemeinde Laboe
- das bewirtschaftete Strandgebiet der Gemeinde Scharbeutz

In den Analysen wurde expliziert auf die spezifischen örtlichen Gegebenheiten dieser Regionen eingegangen. Dennoch bieten die Regionen beispielgebende Ansätze für andere Gegenden. Durch die erarbeiteten Modelle und die dargestellten Produktideen ist eine hohe Übertragbarkeit auf den gesamten Küstenstreifen der deutschen Ostseeküste gegeben. In der Darstellung gehen diese Untersuchungsbereiche ineinander über, da sie gegenseitig voneinander abhängen und nicht losgelöst untersucht werden können. Der eigentliche Mehrwert liegt gerade in der übergeordneten und übergreifenden Betrachtung; eine Analyse ausschließlich aus einem Einzeleblickwinkel und zudem noch aus einer starken Entsorgungs- und Abfallsicht heraus wird der aktuellen Situation nicht gerecht. Diese gesamtheitliche Betrachtung führt schlussendlich zu einem Stufen- bzw. Kaskadenmodell.

Zunächst erfolgte eine Bestandsaufnahme der vor Ort vorhandenen Begebenheiten sowie die Analyse der Zusammensetzung des angeschwemmten Treibsel. Mittels Fragebögen, persönlichen Interviews,

Vor-Ort-Erhebungen und Marktrecherchen wurden zunächst eine Vielzahl von potentiellen Produkten und Produktkategorien identifiziert und definiert. Im Abgleich mit den vorhandenen Entwicklungs- und Umsetzungsmöglichkeiten wurden aus der Vielzahl der Produktmöglichkeiten die vielversprechendsten ausgewählt.

Mit einer Zielmarktanalyse und den darauf aufbauenden Kosten- und Erlösbetrachtungen, welche sich nicht nur auf die Hauptprodukte, sondern ebenso auf mögliche Neben- und Zwischenprodukte beziehen, wurden die einzelnen Produktideen bewertet. Die jeweils auch produktbezogen durchgeführten SWOT-Analysen (SWOT engl. für strengths – weaknesses – options – and threats: Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken eines ökonomischen Produkts oder Prozesses) runden die Untersuchungen ab. Darauf aufbauend konnten denkbare Hindernisse, aber auch zusätzliche Potentiale, aufgezeigt werden, um abschließend mögliche Schritte für das weitere Vorgehen und die Umsetzung darzustellen. Die ausführlichen Ergebnisse wurden in einer getrennten Publikation veröffentlicht.

Die aktuelle Situation aufgreifend wurde zunächst in den involvierten Regionen eine Bestandsaufnahme vorgenommen. Dabei wurde sowohl auf bereits vorhandene Daten zurückgegriffen als auch an den unterschiedlichen Stellen mit verschiedenen Akteuren die aktuelle Situation beleuchtet. Die Erkenntnisse wurde dann im weiteren Schritt auf der Produktseite mit möglichen Verwendungsoptionen in diesem Bereich abgeglichen, um zu einer Potentialabschätzung zu gelangen. Dies führte zu Fragestellungen und Analysen, wie:

- Definition von potentiellen Produkten aus Treibsel (Vor-, Zwischen- und Endprodukte)
- Ableitung von Dienstleistungen für die Produkterstellung und die Treibselhandhabung
- vorhandene Nutzungsmöglichkeiten
- Abschätzung des Verwertungs- und Verwendungspotentials für die einzelnen Produktideen
- neue Nutzungskonzepte (produktbezogene Auswahl)

In dieser Veröffentlichung sind die Ausführungen auf neu identifizierte Business-Modelle beschränkt. Die heute vorhandenen Verwendungswege sind hinreichend geläufig und untersucht. Mit der generellen Darstellung des methodischen Vorgehens wurde für die einzelnen Produkte marktseitig das Potential abgeschätzt. Dies erfolgt durch die Ermittlung des Marktvolumens mit gleichzeitiger Definition des Absatzgebietes und der Absatzschranken und der Darstellung des Preisniveaus für die Vor-, Zwischen- und Endprodukte. Über die Festlegung geeigneter Absatzwege und -möglichkeiten sowie die Abschätzung der Marktentwicklung wurden zusätzliche Faktoren für eine erfolgreiche Einführung neuer Produkte identifiziert und diese für die Umsetzung unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt.

4 Ergebnisse

In der Ergebnisdarstellung dieser Veröffentlichung stehen die lohnenswerten und umsetzbaren Produkte im Vordergrund. Da die Produktumsetzung sehr stark vom Ausgangsmaterial abhängt, ist eine regionspezifische Darstellung sinnvoll.

4.1 Untersuchungsregion Eckernförde

Aus der Bestandsaufnahme ergeben sich folgende relevante Daten und Fakten für die Gewinnung eines Ausgangsrohstoffes (natürliche Gegebenheiten):

- ca. 10.000 t/a. Treibselanschwemmungen (Frischmasse)
- überwiegend Seegrass mit wenig Algenbestandteilen
- geringer Verschmutzungsgrad an Fremdstoffen

Die bisherigen Verwendungen als Grundstoff für den Küstenschutz bzw. als Rohstoff für die Kompostierung werden nicht den Wirkungsfähigkeiten des sehr reinen Seegrases gerecht. Ertrags- und margenreiche Produktsegmente wurden in folgende Produktmöglichkeiten erkannt:

1. Herstellung eines zertifizierten Produktes zum Einsatz für
 - a. Anwendung als Grund-/Stopfmateriale in industriellen Anwendungen
 - i. Flugzeugbau (Sitze)
 - ii. Schiffsbau (Wandverkleidungen)
 - b. Roh- und Ausgangsstoff für die Pharma- / Arzneimittelindustrie
2. Energetische Verwendung
3. Direkteinsatz in der Landwirtschaft und gartenbauliche Verwendung

4.1.1 Stopfmateriale für den Flugzeugbau (Sitze)

Für dieses Marktsegment ist dem Markt ein hoch standardisiertes Zwischenprodukt in sehr reiner Ausprägung mit einer entsprechenden Rückverfolgbarkeit anzubieten. Dies bedeutet, dass industrielle Fertigungsprozesse mit entsprechenden Qualitätssicherungssystemen etabliert sein müssen. Das zu behandelnde Durchsatzvolumen ist bezogen auf die anfallende Menge relativ klein, so dass dies in der Herstellungs- und Kostenbetrachtung negativ zu Buche schlägt. Zudem erschwert es die Etablierung industrieller Verfahren mit einer hohen Prozesssicherheit.

Die Anforderungen an die Produkte für diesen Verwendungszweck sind sehr hoch. Neben den eigentlichen Produktionskosten sind sowohl die zeitlichen als auch monetären Investitionen für die notwendigen Zertifizierungen sehr hoch. In der Kosten- und Erlösbetrachtung bedeutet dies:

Tabelle 1: Evaluation der Kosten von Treibsel als Stopfmateriale für den Flugzeugbau (Sitze)

Stopfmateriale für den Flugzeugbau (Sitze)	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Prozessbedingte Ausschleusungsmengen zur Weiterverwendung	Treibselgemisch; sandfrei, frei von allen Störstoffen i.d.R. gewaschen mit Trinkwasser	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung "Sandgemisch"
bisheriges Preisniveau	----	- 20 bis 8.000 €	8.000 bis 10.000 €	- 120 bis - 180 € "8 bis 15 €"
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	50 bis 7.000 €	8.000 bis 10.000 €	- 175 bis - 225 € "12 bis 20 €"
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	500 bis 2.200 €	1.000 bis 2.500 €	5 bis 10 € "3 bis 6 €"

* Die Gesamterlöse / -kosten sind immer stark von der Mischung des Ausgangsproduktes (Treibsel-/Sandgemisch) abhängig und beziehen sich auf die Einsatzmenge; d.h. je nach Anwendungsfall entweder feucht oder trocken.

- unter *bisheriges Preisniveau* ist das zum jetzigen Zeitpunkt ermittelte und dargestellte Preislevel zu verstehen

- unter *erreichbares Preisniveau* ist das mittelfristig durch Marktänderungen, Marketingmaßnahmen, etc. mögliche Preislevel zu verstehen

- direkt anfallende heutige Kosten

Um das Produkt (Halbfabrikat Seegras) am Markt absetzen zu können, ist der Endanwender, d.h. in diesem Falle die Flugzeughersteller bzw. auch die Käufer der Flugzeuge, von den Vorteilen zu überzeugen. Daher gilt es sowohl die Sitzhersteller als auch die oben genannten Interessensgruppen in die Markterschließung einzubeziehen. Im Bereich der Großflugzeughersteller wird der Markt von wenigen Teilnehmern (Oligopol) bestimmt. Aus unterschiedlichen Gründen ist eine Produktplatzierung dort schwierig. Daher ist ein Markteinstieg bei den Kleingeräteflugzeugherstellern vorzuziehen.

Aus den oben beschriebenen Anforderungen kann dieses Produkt im direkten Marktkontakt nur als zusätzliche Produktschiene für bereits vorhandene Lieferanten in Betracht gezogen werden. Die

Produkt- und Prozessanforderungen an das Zwischenprodukt sind so hoch, dass sich der Aufbau eigener Verarbeitungs- und Behandlungsstrukturen erlöstechnisch nicht als lohnenswert erweist. Sinnvoll ist in dem Gesamtprozess die Einbindung eines Unternehmens, welches das Vorprodukt in der gewünschten Qualität und den erforderlichen Eigenschaften aufbereitet und zur Verfügung stellt. Dies auch im Hinblick auf die Liefersicherheit.

4.1.2 Grundmaterial für den Schiffsbau (Platten)

Auch in diesem Absatzsegment können zwei sehr unterschiedliche Bereiche bedient werden. Diese sind anhand ihrer Produkthanforderungen und mit verschiedenen Qualitäten zu versorgen und ergänzen sich teilweise. Diese ideale Mischung spiegelt sich in den Aufarbeitungskosten wieder. Die Bedienung eines größeren Segmentes mit der Aufarbeitung von zwei ähnlichen, aber dennoch unterschiedlichen Eigenschaften, führt in der Produktherstellung bei den Kosten zu Degressionseffekten. Zudem ergibt sich für das angeschwemmte Treibsel einen deutlich höheren Verwertungsanteil an höherwertigen Endprodukten, so dass sich auch im Sammel- und Konservierungsprozess ein anfallender Mehraufwand lohnt. Für die Verwendung als Stopfmateriale für Sitze etc. für den speziellen Einsatzbereich der Flussschiffahrt sind sehr hohe Anforderungen in Bezug auf die Anhaftungen und den Störstoffanteil gegeben. Diese können nur erfüllt werden, wenn einerseits das Seegras mit Trinkwasser gewaschen wird, und andererseits ebenso eine manuelle Nachlese erfolgt. Nur dadurch kann ein prozesssicheres und reproduzierbares Qualitätsniveau erreicht werden. Im selben Qualitätssicherungsprozess kann einerseits diese „A-Qualität“ hergestellt und aus den Gesamtmenge getrennt werden, andererseits ist es für den zweiten Anwendungsbereich – den Wandverkleidungen – auch möglich, die erforderlichen Mengenvolumina zu generieren. Damit ist für zwei Produktbereiche derselbe Zwischenerzeugungsschritt nutzbar. Ob nunmehr das Treibsel für die Wandverkleidungen direkt als Pressplatte oder entsprechend „nur“ als Zuschlag für andere Platten eingesetzt wird, hängt vom Anwendungsfall und der erreichten Produkteigenschaft ab. Dies ist zunächst für die Kostenseite bei der Materialbereitstellung für die Weiterverarbeitung zum Finalprodukt zweitrangig.

Zur Erschließung des Marktes ist die Installation eines Rückverfolgbarkeitssystems unabdingbar, was sich zudem negativ auf der Kostenseite niederschlägt:

Tabelle 2: Evaluation der Kosten von Treibsel als Grundmaterial für den Schiffsbau (Wandverkleidungen)

Grundmaterial für den Schiffsbau (Wandverkleidungen)	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Prozessbedingte Ausschleusungsmengen zur Weiterverwendung	Treibselgemisch; sandfrei, frei von allen Störstoffen i.d.R. gewaschen mit Trinkwasser	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung "Sandgemisch"
bisheriges Preisniveau	----	- 20 bis 4.000 €	1.500 bis 8.000 €	- 120 bis - 180 € "8 bis 15 €"
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	50 bis 6.000 €	2.000 bis 7.000 €	- 175 bis - 225 € "12 bis 20 €"
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	250 bis 800 €	500 bis 2.200 €	5 bis 10 € "3 bis 6 €"

Aufgrund der breiteren Struktur an möglichen Produktumsetzern ist eine höhere Realisierungswahrscheinlichkeit gegeben. Für die Anwender kann ein deutlicher Vorteil ermittelt werden, wenn das fertige Produkt als sichtbares Element in den Schiffen verbaut wird. Dadurch kann neben den Produkteigenschaften ein sichtbar positives Image verbreitet werden. Die Erfüllung der formalen und gesetzlichen Anforderungen ist aufgrund des Mengenvolumens und der Erlösstruktur leichter erfüllbar, weil diese Grundkosten auf eine größere Produkteinheit umgelegt werden kann.

4.1.3 Ausgangsstoff Pharmaindustrie / Arzneimittel

Die Zusammensetzung des Treibsel in Eckernförde besteht fast ausschließlich aus Seegras. Die Algenbestandteile sind sehr gering und können nicht mit einem vernünftigen wirtschaftlichen Aufwand selektiert werden. Daher ist das Anwendungsfeld des hier anlandenden Treibsel für den Einsatz in der Pharma- und Arzneimittelindustrie bisher nicht geeignet. Auf eine tiefgreifendere Untersuchung wurde aus den oben genannten Gründen verzichtet.

4.1.4 Energetische Verwendung

Der hohe Feuchtigkeitsgehalt des Ausgangsmaterials und der dadurch geringe Energiegehalt ist für eine wirtschaftliche Umsetzung dieses Verwendungsweges hinderlich. Unter besonders günstigen Transport- und Lagerbedingungen und unter Berücksichtigung der jetzigen Kostenaufwendungen kann allerdings ein „wirtschaftlicher“ Einsatz denkbar sein (Opportunitätskostenvergleich). Die leichte Substitution mit anderen Brennstoffen ist einerseits positiv im Sinne der Versorgungssicherheit zu werten, wodurch Treibsel als Alternativstoff eingesetzt werden kann, andererseits ist der preisliche und wettbewerbliche Druck sehr hoch. In der Gesamtzusammenfassung und unter Abwägung der wirtschaftlichen Gesichtspunkte stellt dies kein lukratives Marktsegment für eine Treibselverwendung in der Zusammensetzung der bisher anfallenden Mischung in der Ostsee dar.

4.1.5 Direkteinsatz Landwirtschaft / Gartenbau

Bei der Verwendungsoption für die Pharma- und Arzneimittelindustrie wurde bereits festgestellt, dass das in Eckernförde angeschwemmte Treibsel fast überwiegend aus Seegras besteht. Seegras ist eine Blütenpflanze und keine Alge. Somit verfügt diese Wasserpflanze nicht über die gleichen positiven Eigenschaften wie Algen (wurzelwachstumsfördernde oder auch phytosanitäre Wirkung etc.), so dass die Wirkung in der Landwirtschaft in der Region mehr (boden-)struktureller Art ist. Die Einbringung von organischer Masse wirkt sich langfristig immer positiv auf das Bodenleben und die -struktur aus. Der Sandanteil des Treibsel hat vor allem bei schweren, lehmigen Böden eine günstige strukturverbessernde (= auflockernde) Wirkung. Allerdings ist Zeitpunkt, Art und Menge genau abzustimmen. Insbesondere Vorgänge und Wechselwirkungen, wie z.B. stickstoffzehrende Wirkungen bei der Umsetzung organischer Masse im Boden sowie Veränderungen der Bodenstruktur, sind zu berücksichtigen (siehe Kap. 7 in diesem Heft). Daher bestehen für den örtlichen Direktabsatz des angeschwemmten Treibsel in Eckernförde marktbestimmende Schranken.

4.2 Untersuchungsregion Laboe

Aus der Bestandsaufnahme ergaben sich folgende relevante Daten und Fakten am Standort für die Gewinnung des Ausgangsrohstoffes (natürliche Gegebenheiten):

- ca. 100 t/a Treibselanschwemmungen (Frischmasse)
- überwiegend Seegras mit wenig Algenbestandteilen
- geringer Verschmutzungsgrad an Fremdstoffen

Mit dem überschaubaren Aufkommen an Treibselanschwemmungen sind die vorrangigen Einsatzgebiete und Anwendungen a) Grundstoff für den Küstenschutz und b) die Entsorgung auf der Deponie. Die Deponierung stellt keine Verwertung des Materials dar und ist zusätzlich mit einem hohen Kostenaufwand verbunden. Dies berücksichtigend sind folgende Verwendungsoptionen erarbeitet worden:

1. Treibseldünen als touristisches Angebot und Anschauungsobjekt für Schulklassen und Interessierte
 - a. Dünenaufbau mit gesiebttem Material
 - b. Dünenaufbau mit nicht gesiebttem Material
2. Trennung am Strand (Sieben) und getrennte Verwendung mit unterschiedlichen Einsatzfeldern
 - Kompostherstellung (organische Masse)
 - öffentlicher Wegebau in Küstennähe (Sand)

4.2.1 Dünenaufbau mit nicht gesiebttem Material und gesiebttem Material

Ein direkter Zielmarkt im marktwirtschaftlichen Sinne ist nicht zu identifizieren. Allerdings können Treibseldünen als Elemente im Strandschutz andere, oft kostspieligere, Maßnahmen zur Stranderhaltung teilweise ersetzen und so den finanziellen Aufwand zum kommunalen Strandmanagement z.T. erheblich reduzieren (siehe Kap. 4 von Packschies und Kap. 11 von Warmke in diesem Band).

Der „Markt“ der Umweltbildung ist mit dem gemeinschaftlichen Gedanken ein wichtiger Teilaspekt. Insbesondere durch die praktische Anschauung ist der bildungspolitische Auftrag und die pädagogische Umsetzung sehr hoch. Um diesen noch zu erhöhen bzw. auch um anfallende Kosten zu reduzieren, kann ein Teil der Aufgaben (z.B. Bepflanzung) in das Konzept der Umweltbildung und Schulung von Klassen eingebunden werden (praktischer Einsatz der Schüler).

Da die beiden „Produkte“ sich nur durch das Behandlungsverfahren unterscheiden, wird hier direkt die Variante mit gesiebttem Material betrachtet. Daraus ergibt sich folgende Wertschöpfung:

Tabelle 3: Evaluation der Kosten von Treibsel als gesiebttes Material zum Dünenaufbau

Dünenaufbau mit gesiebttem Material	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	----	Sandgemisch (je nach Verfahren)	Treibsel (maschinell sortiert)	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung
bisheriges Preisniveau	----	8 bis 15 €	- 50 bis - 10 €	- 120 bis - 180 €
erreichbares Preisniveau	----	12 bis 20 €	0 bis 5 €	- 175 bis - 225 €
Aufbereitungskosten	----	1 bis 2 €	2 bis 5 €	siehe Preisniveau

Aus ökonomischer Sicht steht das „hergestellte Produkt“ im direkten Konkurrenzkampf mit der Alternative der Kompostierung. Die in dem Ausgangsprodukt vorhandenen biologischen Inhaltsstoffe und Ressourcen werden nur unzureichend genutzt. Damit erfolgt keine Wahrnehmung der bioökonomischen Chancen, welche sich durch die Erschließung höherwertige Verwendungen ergeben könnten.

Die Entscheidung zwischen der Variante mit Maschineneinsatz und der manuellen Sortierung hängt einerseits stark von dem Verunreinigungsgrad des angeschwemmten Treibels ab; andererseits auch von den vorhandenen personellen Kapazitäten für eine unmittelbare Vor- und Weiterbehandlung. Grundsätzlich ist aus Prozesssicht in diesem Falle dem manuellen Sortieren der Vorzug geben, weil damit eine deutlich höhere Flexibilität erreicht wird. Zudem wird für die umweltbildenden Maßnahmen der Handlungsbedarf offensichtlicher und damit der Schulungseffekt größer.

4.2.2 Strukturmaterial für die Kompostherstellung

Bei der Durchführung dieses Prozesses handelt es sich, im Zusammenhang mit der Gewinnung von Sand für weitere Anwendungsbereiche, um eine klassische Koppelproduktion. Dabei ist in der momentanen Betrachtung das Produkt Sand deutlich wertiger als das maschinell von weiten Teilen von Sand befreite Treibsel. Durch eine Inwertsetzung des Treibsel in diesem Anwendungsfall als Bodenhilfsstoff könnte dieses deutlich an Nutzwert gewinnen. Bei der Betrachtung der Entwicklung des langfristigen Preisniveaus für Treibsel ist in diesem Falle nicht nur vom Einsatzgebiet Kompostierung und Bodenhilfsstoff ausgegangen worden, sondern gleichfalls vom potentiellen Vorprodukt für andere Anwendungen (siehe auch Kap. 7 „Vom Strand auf den Acker? Chancen und Hemmnisse des Einsatzes von Treibsel in der Landwirtschaft“ von Aldag & Staemmler in diesem Heft).

Tabelle 4: Evaluation der Kosten von Treibsel zur Kompostherstellung

Kompostherstellung (Prozess- und Anwendungsidee "Laboe")	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel	Sandgemisch	Treibsel (maschinell sortiert)	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung
bisheriges Preisniveau	----	8 bis 15 €	- 50 bis - 10 €	- 120 bis - 180 €
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	12 bis 20 €	0 bis 200 €	- 175 bis - 225 €
Aufbereitungskosten	3 bis 5 €	1,50 bis 5,00 €	1,50 bis 5,00 €	5 bis 10 €

4.2.3 Öffentlicher Wegebau in Küstennähe

Der vorgeschaltete Prozess der Trennung des Treibselgemisches in seine Bestandteile ist für zwei Produkte relevant (siehe Strukturmaterial für die Landwirtschaft). Für den Einsatz und die Verwendung des gewonnenen Sandes bestehen eine Vielzahl von Anwendungsfeldern und ein Markt. Aus Transportkostengründen ist der Sand nach Möglichkeit sehr lokal einzusetzen. Aufgrund der Herkunft des Sandes ist dieser äußerst rundkörnig und nicht scharfkantig (also bautechnisch minderwertig) und somit nur bestimmten Einsatzgebieten zuzuordnen.

Tabelle 5: Evaluation der Kosten von Treibsel als Material für den öffentlichen Wegebau

Öffentlicher Wegebau (Prozess- und Anwendungsidee "Laboe")	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel	Treibselgemisch	Sandgemisch	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung
bisheriges Preisniveau	----	- 50 bis - 10 €	8 bis 15 €	- 120 bis - 180 €
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	0 bis 200 €	12 bis 20 €	- 175 bis - 225 €
Aufbereitungskosten	3 bis 5 €	1,50 bis 4,5 €	1,50 bis 4,5 €	5 bis 10 €

Aus praktischen Erwägungen sind die Kosten für die Aufbereitung auf die Zwischen- und Endprodukte gleichmäßig vorgenommen worden. Je nach Ausgangsmaterial und technischem Verfahren können sich die Anteile auf die Produkte verschieben. Mittelfristig ist davon auszugehen, dass sich das allgemeine

Preisniveau für Sand analog der allgemeinen Preisentwicklung und den steigenden Kosten für alternative Gewinnungsverfahren nach oben bewegen wird.

4.3 Untersuchungsregion Scharbeutz

Aus der Bestandsaufnahme ergaben sich folgende relevante Daten und Fakten am Standort für die Gewinnung des Ausgangsrohstoffes (natürliche Gegebenheiten):

- ca. 10.000 t/a. Treibselanschwemmungen (Frischmasse)
- 40% überwiegend Seegras; 60% überwiegend Algengemisch
- geringer Verschmutzungsgrad an Fremdstoffen
- Seegras überwiegend im Winterhalbjahr; Algengemisch überwiegend im Sommerhalbjahr

Herausforderung bei diesen sehr großen Mengen an Materialgemisch ist die Trennung der organischen Masse von den Sandbestandteilen. Die pflanzlichen Bestandteile werden momentan entweder dem direkten Einsatz in der Landwirtschaft zugeführt (bevorzugte Möglichkeit) oder auf entsprechenden Deponien entsorgt. Die sandhaltigen Bestandteile dienen als Grundstoff für den Küstenschutz. Folgende zusätzliche Möglichkeiten mit einer hohen Umsetzungschance wurden erarbeitet:

Herstellung eines bzw. mehrerer zertifizierter Produkte zum Einsatz für

1. Einstreumaterial in der Tierhaltung
2. Baustoffe (Grund-/Stopfmaterial bzw. Weiterverarbeitung)
3. Verpackungsmaterial
4. Verwendung für Wohnen & Haushalt
 - i. Kissen
 - ii. Matratze

Aufgrund des Handlings und der einfacher zu erschließenden Marktsegmente wurden insbesondere Produkte im Bereich „Verwendung von Seegras durch die Akteure“ ausgewählt. Anwendungsbereiche und die Herstellung von Produkten auf Algenbasis sind aufgrund der vorhandenen Mischalgen mit hohen Prozess- und Vorbereitungsaufwendungen verbunden. Daher ist über die bessere Verwendung der wertvollen Algenbestandteile im Treibselgemisch eine gesonderte Betrachtung anzustellen.

4.3.1 Einstreumaterial für die Tierhaltung

Bei diesem Produktsegment sind die tierschutzrechtlichen Anforderungen zu beachten, so dass dieses frei von Störstoffen aus der menschlichen Zivilisation ist. Insbesondere Plastik und alle Gegenstände, mit welchen das Tierwohl beeinträchtigt wird bzw. die Gesundheit gefährdet ist (z.B. Stricke), sind absolut zu vermeiden. Organische Störstoffe, wie z.B. andere Pflanzenbestandteile und kleinteiliges Holz, beeinträchtigen die Produkteigenschaften nicht.

Tabelle 6: Evaluation der Kosten von Treibsel als Einstreumaterial in der Tierhaltung

Einstreumaterial für Tierhaltung	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Sandgemisch	Treibselgemisch; möglichst sandfrei, frei von "allen" Störstoffen	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung
bisheriges Preisniveau	----	8 bis 15 €	-20 bis 250 €	- 120 bis - 180 €
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	12 bis 20 €	50 bis 500 €	- 175 bis - 225 €
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	1,50 bis 3 €	1,50 bis 50 €	5 bis 10 €

Die hier ermittelten Erlösniveaus sind bezogen auf den Direktabsatz in die tierhaltenden Betriebe bzw. an die Weitergabe in die verarbeitende Industrie für Einstreumaterial der Kleintierhalter. Hier ist zu beachten, dass die Betriebe ebenso noch Aufwendungen für deren Verarbeitung, Verpackung und Platzierung der Produkte einplanen müssen. Diese dargestellte Erlösbetrachtung reicht nicht bis zum Privatkunden, da dies aus der heutigen Sicht für die regionalen Akteure nicht unmittelbar der direkt und mittelfristig zu erschließende Markt ist. Bezogen auf die jahreszeitlich unterschiedliche Zusammensetzung können die Kosten für die Aufarbeitung stark schwanken. Hier sind im Sinne der Kostenbetrachtung und der Erlösoptimierung die nicht geeigneten Mengen (wegen hohem Verschmutzungsgrad oder Algenanteil über 30% etc.) am Beginn des Prozesses gleich auszusortieren und anderen Verwertungsbereichen zuzuführen (Kaskadennutzung).

4.3.2 Grund-/Dämmmaterial für den Baubereich

Der Bausektor ist sehr vielschichtig. Um dort mit einem sehr hochwertigen Produkt Erfolg zu haben, ist der klare Kundenfokus auf die ökologisch orientierten Einfamilienhausbauer und den Renovierungssektor im Geschoßwohnungsbau denkbar. Besondere Marktvorsprünge werden in Verbindung mit der Erfüllung von denkmalschutzrechtlichen Anforderungen erzielt.

Neben dem Einsatz als reine Stopfware ist das gewonnene Treibsel ebenso denkbar zur Weiterverarbeitung für andere Dämmstoffarten wie Platten, Einblasstoffe etc. Auch hier gelten die oben genannten Kriterien in Bezug auf die Materialanforderungen. So sind in diesem Anwendungsfeld höhere Toleranzen in Bezug auf den Sandanteil und insbesondere auf die Faserlänge der Seegrassbestandteile zulässig. Zur eigentlichen Wertschöpfungsausnutzung sind daher beide Produktsegmente nach Möglichkeit gleichzeitig zu bedienen, um somit einen möglichst hohen Nutzungsanteil aus dem gewonnenen Seegrass für diese höhere Verwendung zu erhalten.

Tabelle 7: Evaluation der Kosten von Treibsel als Stopf- bzw. Grundmaterial im Baubereich

Stopf- bzw. Grundmaterial Baubereich	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Prozessbedingte Ausschleusungsmengen zur Weiterverwendung	Treibselgemisch; sandfrei und frei von allen Störstoffen	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung "Sandgemisch"
bisheriges Preisniveau	----	-25 bis 250 €	1.100 bis 3.800 €	- 120 bis - 180 € "8 bis 15 €"
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	- 5 bis 500 €	1.400 bis 2.200 €	- 175 bis - 225 € "12 bis 20 €"
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	1,50 bis 50 €	100 bis 500 €	5 bis 10 € "3 bis 6 €"

Entscheidend für eine geordnete Markterschließung mit entsprechenden Volumina ist eine Baustoffzulassung bzw. -zertifizierung. Die Produkt- und Prozessanforderungen an das weiter zu verwendende Produkt sind für einen geordneten weiteren Prozessverlauf hoch, so dass der Aufbau von Verarbeitungs- und Behandlungsstrukturen nicht zu unterschätzen ist. Die sinnvolle Nutzung von bereits vorhandener Technik ist nur in Teilprozessschritten möglich.

4.3.3 Verpackungs- bzw. Dekorationsmaterial

Die spezifischen Eigenschaften des Seegrases bieten den Einsatz im Verpackungsbereich an, wobei hier zwei Bereiche in den Fokus rücken. Zum einen ist das Material sehr gut als Füllmaterial geeignet, um damit die zu transportierenden Güter vor Stößen, etc. zu schützen. Damit wird es einer originären Aufgabe als Verpackung gerecht. Zum anderen kann es auch als Präsentationsverpackung eingesetzt werden. Gleichbedeutet ist dies dann mit dem anderen Marktsegment als Dekorationsmaterial. Bei den in diesem Bereich zu generierenden Erlösen variieren die Potentiale mit einer Spreizung von über 100 %. Dies ist einerseits bedingt durch die Absatzstruktur, welche gewählt wird, und andererseits auch durch die Funktion und Aufgabe der Verpackung.

Tabelle 8: Evaluation der Kosten von Treibsel als Verpackungsmaterial

Verpackungsmaterial	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Prozessbedingte Ausschleusungsmengen zur Weiterverwendung	Treibselgemisch; sandfrei, frei von allen Störstoffen i.d.R. gewaschen mit Meer-, Regen- oder Trinkwasser	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung "Sandgemisch"
bisheriges Preisniveau	----	-20 bis 3.800 €	2.000 bis 4.000 €	- 120 bis - 180 € "8 bis 15 €"
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	50 bis 2.200 €	2.500 bis 6.000 €	- 175 bis - 225 € "12 bis 20 €"
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	100 bis 500 €	250 bis 800 €	5 bis 10 € "3 bis 6 €"

Da die Produktanforderungen hoch sind und während des Aufarbeitungsprozesses einige Mengen als nicht geeignet für dieses Marktsegment aussortiert werden müssen, ergeben sich Restmengen artähnlicher Produkte. Diese müssen aufgrund der dann schon bereits in den Herstellungsprozess investierten Aufwendungen möglichst den anderen hochwertigen Verwendungen der Verwertungskaskade zugeführt werden. Dies wäre dann vorzugsweise als Stopfmaterial im Baubereich und in der nächsten Rangfolge als Einstreumaterial in der Tierhaltung zu sehen. Der im Prozess gewonnene Sand ist für die Ertragssituation eher unbedeutend und daher für dieses Produktsegment als ein Nebenprodukt der Herstellung einzustufen.

4.3.4 Verwendung im Wohnbereich (Kissen, Matratzen etc.)

Da der Endanwender mit dem Produkt mehr oder minder direkt in Kontakt kommt, sind die Anforderungen an das Produkt sehr hoch.

Tabelle 9: Evaluation der Kosten von Treibsel zur Verwendung im Wohnbereich

Verwendung im Wohnbereich (Matratzen, Kissen etc.)	Vorprodukte	Zwischenprodukte	Endprodukte	Nebenprodukte
€/t Produkt*	vorgetrocknetes Treibsel angetrocknetes Treibsel	Prozessbedingte Ausschleusungsmengen zur Weiterverwendung	Treibselgemisch; sandfrei, frei von allen Störstoffen i.d.R. gewaschen mit Trinkwasser	Störstoffe aus der maschinellen Sortierung "Sandgemisch"
bisheriges Preisniveau	----	- 20 bis 8.000 €	2.000 bis 7.000 €	- 120 bis - 180 € "8 bis 15 €"
erreichbares Preisniveau	0 bis 50 €	50 bis 7.000 €	2.000 bis 9.000 €	- 175 bis - 225 € "12 bis 20 €"
Aufbereitungskosten	3 bis 12 €	500 - 2.200 €	400 bis 1.000 €	5 bis 10 € "3 bis 6 €"

Das Produkt muss sand- und störstofffrei sein sowie keine Anhaftungen aufweisen; d.h. es ist ein Waschvorgang erforderlich. Dadurch fallen in der Aufbereitung erhöhte Kosten an. Insbesondere beim industriellen Absatz ist zudem ein Rückverfolgbarkeitssystem zu installieren – auch wenn dieses nicht so umfangreich sein muss, wie beim Absatz in die Flugzeug- und Schiffsindustrie. Mit der Einführung halbindustrieller Fertigungs- und Aufbereitungsverfahren kann eine wesentliche Kostenreduktion erreicht werden. Auf der Erlösseite sind hier deutliche Preisdifferenzen in Bezug auf den Einsatz- und Absatzbereich zu erkennen. Mit den steigenden Mengen im Zielmarkt und einer potentiellen industriellen Weiterverarbeitung in größerem Umfang erfolgt ein deutlicher Erlös- und Einkaufsdruck, so dass hier nicht die oben ermittelten hohen Grenzerträge ausgeschöpft werden können. Diese bleiben der handwerklichen Absatzschiene vorbehalten. Dies wird im industriellen Anwendungssektor durch die Mengendegressionen und der damit verbundenen Kosteneinsparung in der Verarbeitung aufgewogen.

4.3.5 Verwertungskaskade

Aus den Analysen in den drei Gebieten wurde die folgende Verwertungskaskade als Schlüssel für eine umfassende, regionsübergreifende und langfristig wirtschaftlich tragfähige Verwendung von Treibselanschwemmungen für die Region Ostseeküste Schleswig-Holstein erarbeitet.

Die Reihenfolge stellt eine Rangfolge anhand der steigenden Anforderungen an die Vorprodukte aufgrund des Endprodukteinsatzes. Diese muss aber nicht zwangsläufig stringent so festgelegt sein. Es bestehen hier einige Wechselbeziehungen. Daher können auch Stufen in der Aufarbeitung und der Anwendung übersprungen werden. Aufgrund der Produkthanforderungen und der Erlösstruktur kann dieses Modell auf weitere hier dargestellte Produkte übertragen werden bzw. findet für neue Produktideen ebenso Anwendung. Der wesentliche wirtschaftliche Erfolg bei der Verwertung von Treibsel ist die möglichst vollständige Verwendung des Materials unter Berücksichtigung der Erlösoptionen und der Aufarbeitungsaufwendungen. Daher bedeutet dies, dass bereits behandelte Mengen, die nicht bestimmungsgerecht werden können, möglichst anderen Anwendungen zuzuführen sind.

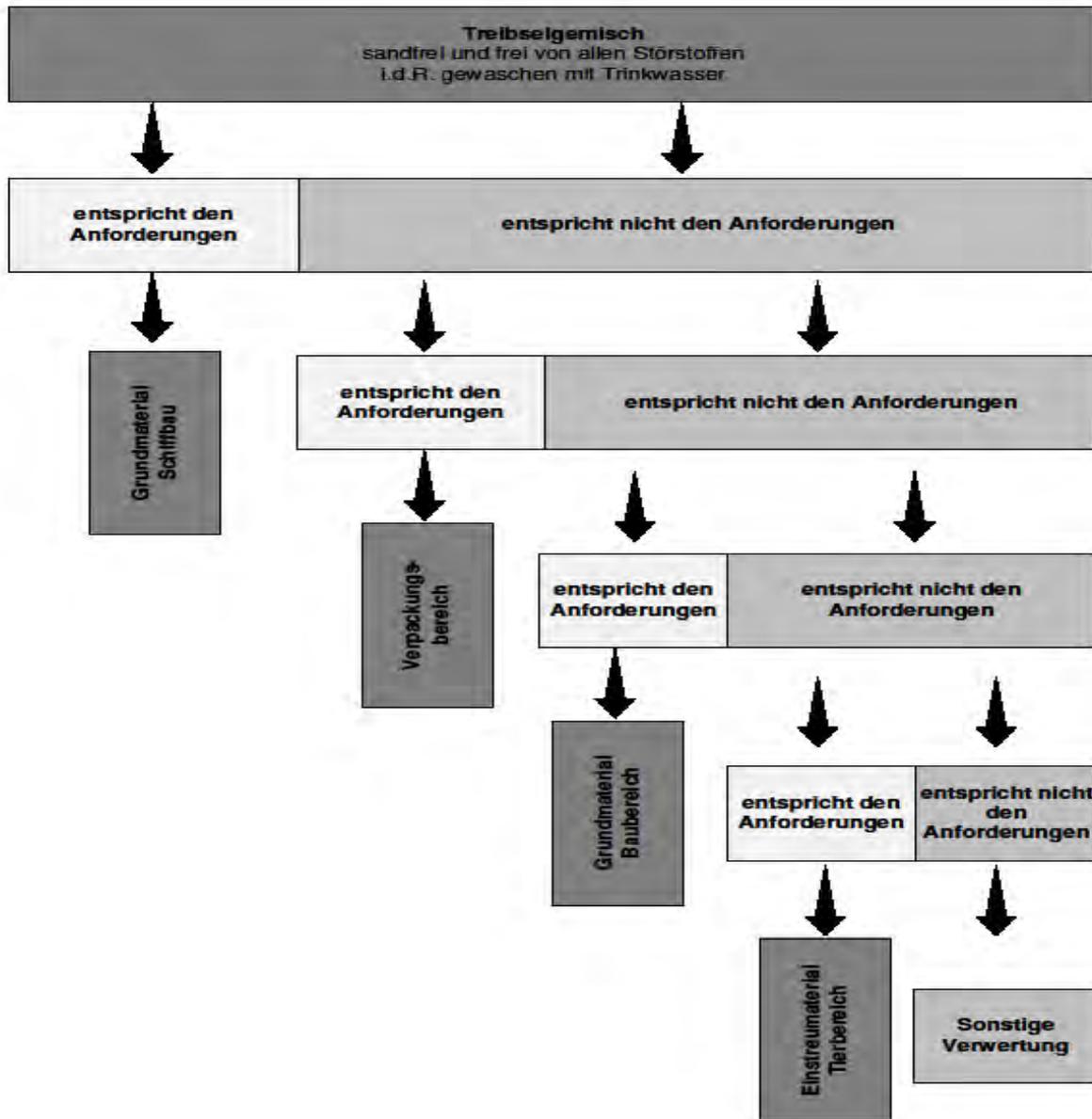


Abb 1: Schematische Darstellung der Verwendungszwecke anhand des Kaskadenmodells (Eigene Grafik)

5 Erörterung und Schlussfolgerungen

Schlussendlich und entscheidend für die Umsetzung aller potentieller Produktideen ist die Mischung aus unterschiedlichen Maßnahmen. Um größere Potentiale in der Verwendung und Verwertung des Treibsel zu erreichen, ist die Umsetzung einer Kaskadennutzung und einer regionsübergreifenden Kooperation förderlich. Dies bedeutet, dass unter Beachtung von technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Aspekten das angeschwemmte Treibsel zunächst zum bestmöglichen Teil der höherwertigen Verwertung (hier z.B. Flugzeugsitze) zuzuführen ist. In einer absteigenden Kaskade dann nicht so ertragsstarken Anwendungen, wie im Baubereich oder als Einstreumaterial in der Tierhaltung, um dann am Ende der Kette in der stofflichen Verwertung in der Landwirtschaft Verwendung zu finden. Unter Beachtung dieses Aspektes und den identifizierten Produktumsetzungen in anderen Regionen, ist eine schnelle und zielgerichtete Produktentwicklung in den identifizierten Bereichen möglich.

Danksagung

Die Erstellung dieses Artikels wurde durch die Projekte POSIMA und INNOVA ermöglicht und unterstützt. Wir bedanken uns bei den Projektträgern und den Partnern dieser Projekte sowie den Vertretern der beteiligten Institutionen, Unternehmen, Gemeinden und öffentlichen Einrichtungen für die Bereitschaft zur Zusammenarbeit, dem Ideenaustausch, der Bereitstellung von Informationen und Entwicklung von neuen Produkten und Dienstleistungen.

Adresse

Ulrich Zinser
Baltic Consulting
Zur Häusler Reihe 18
18198 Stäbelow, Germany

zinser@baltic-consulting.de



Coastline Reports
published by EUCC - The Coastal Union Germany
are available online under: <http://www.eucc-d.de/coastline-reports.html>

The journal publishes monographs, project results and proceedings with focus on coastal management and research.

Official languages are: English, French, German and Spanish

Last issues are:

Coastline Reports 19 (2012)

Transboundary management of Transitional Waters - Code of Conduct and Good Practice examples

H. Nilsson, R. Povilanskas & N. Stybel (eds.)

(In English)

Coastline Reports 20 (2012)

Development Concept for the Territory of the Baltic Green Belt - A Synthesis Report of the INTERREG IVB Project Baltic Green Belt

H. Sterr, S. Maack & M. Schultz (eds.)

(In English)

Coastline Reports 21 (2013)

Sectoral Impact Assessments for the Baltic Sea Region - Climate Change Impacts on Biodiversity, Fisheries, Coastal Infrastructure and Tourism

O. Krarup Leth, K. Dahl, H. Peltonen, I. Krämer & L. Küle (eds.)

(In English)

Coastline Reports 22 (2014)

Fisheries management in coastal waters of the Baltic Sea - AQUAFIMA results of the Szczecin Lagoon, Vistula Lagoon, Curonian Lagoon and Gulf of Riga

N. Stybel & M. Skor (eds.)

(In English)

Coastline Reports 23 (2014)

Coastal adaptation processes in the German Baltic Sea Region

EUCC – The Coastal Union Germany (ed.)

(In English and German)

Coastline Reports 24 (2015)

Blickpunkt Küste: aktuelle Forschungsansätze in der Meeres- und Küstengeographie

M. Link & L. Borchert (eds.)

(In English and German)

Coastline Reports 25 (2015)

Aktuelle Küstenforschung an der Nordsee

T. Tillmann (ed.)

(In English and German)

Coastline Reports 26 (2019)

Seegras und Treibsel – altbekannte Strandressource neu entdeckt

H. Sterr, J. Hofmann & V. Tschirpigg (eds.)

(In German)

