

STENCIL

Werkzeuge und Methoden für nachhaltige Sandaufspülungen

Stefan Schimmels

*Forschungszentrum Küste (FZK), Leibniz Universität Hannover und TU Braunschweig
und die STENCIL-Projektpartner¹*

Sandaufspülungen, d.h. das künstliche Aufspülen von Sediment an ausgewählten Küstenstreifen, werden seit mehreren Jahrzehnten in vielen Küstengebieten routinemäßig durchgeführt. Gründe für die Durchführung von Aufspülungen sind u.a. das Ausgleichen von sturmflutbedingter Küstenerosion, der Schutz von Infrastruktur durch die Verstärkung des davorliegenden Strandabschnittes oder eine Verbreiterung des Strandes für touristische Zwecke. Vor allem im Hinblick auf den steigenden Meeresspiegel und den Paradigmenwechsel von harten Küstenschutzmaßnahmen hin zu weichen, naturnahen Alternativen stehen Sandaufspülungen als Variante für einen umweltfreundlichen Küstenschutz im Fokus. Die tatsächlichen Umweltauswirkungen von Sandaufspülungen sind zwar regelmäßig Gegenstand der Forschung, spielen aber in der Praxis bislang nur eine untergeordnete Rolle, da die Vorteile gegenüber harten Schutzmaßnahmen überwiegen.

Die Entwicklung neuer Raumplanungsstrategien, wie dem Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM) oder dem Ökosystemansatz (EAM), und Umweltrichtlinien, wie der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL), der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) und der Vogelschutzrichtlinie der EU, erfordert neue Konzepte, Modelle und Werkzeuge zur Umsetzung von nachhaltigen Küstenschutzmaßnahmen. Das Forschungsprojekt STENCIL (Strategien und Werkzeuge für umweltfreundliche Sandaufspülungen als „low-regret“ Maßnahmen unter Auswirkung des Klimawandels) hat sich von Oktober 2016 bis September 2019 dieser Aufgabe gewidmet. Mit der Entwicklung von Konzepten und Methoden, mit deren Hilfe Sandaufspülungen ökologisch und physikalisch nachhaltig geplant, überwacht und durchgeführt werden können, sollte mit STENCIL ein erster Schritt in Richtung des langfristigen Ziels einer nachhaltigen Gestaltung von Sandaufspülung im Einklang mit dem EAM geleistet werden.

Das Verbundprojekt bestand aus sechs Teilprojekten (TP), die gemeinsam von den Projektpartnern an der Leibniz Universität Hannover, der Technischen Universität Braunschweig, der RWTH Aachen University und dem Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Wattenmeerstation Sylt bearbeitet wurden. In den Teilprojekten TP 2 - 6 wurden Modelle und Methoden (weiter-)entwickelt, mit der die ökologische und physikalische Nachhaltigkeit von Sandaufspülungen für den Küstenschutz verbessert werden können. Im übergreifenden Teilprojekt TP 1 wurde auf Grundlage einer umfangreichen Literaturstudie zum aktuellen Stand von Praxis und Forschung sowie der neuen Erkenntnisse und Resultate aus den anderen fünf Teilprojekten eine Entscheidungsunterstützung für die Praxis erarbeitet, die langfristig zur Entwicklung einer Strategie für nachhaltiges Küstenmanagement durch (bzw. mit Unterstützung von) Sandaufspülungen beitragen kann. Im Vortrag werden die wesentlichen Ergebnisse von STENCIL näher vorgestellt, die sich wie folgt zusammenfassen lassen.

Eine Verbesserung der Abschätzung und Vorhersage lokaler hydrodynamischer Randbedingungen, wie Wasserstände, Wellenbedingungen und Strömungsfelder, vor allem im Küstennahbereich,

¹ Franziska Staudt, Huichen Zhang, Daniel Posanski (Forschungszentrum Küste (FZK), Leibniz Universität Hannover und TU Braunschweig)

Johanna Wolbring, David Schürenkamp, Nils Goseberg (Leichtweiß-Institut für Wasserbau (LWI), TU Braunschweig)

Rik Gijssman, Jan Visscher, Torsten Schlurmann (Ludwig-Franzius-Institut (LuFI), Leibniz Universität Hannover)

Finn Mielck, Christian Hass (Alfred-Wegener-Institut (AWI))

Caroline Ganal, Björn Deutschmann, Holger Schüttrumpf, Henner Hollert (RWTH Aachen University)

waren Gegenstand von TP 2. Am Beispiel des Pilotgebietes Sylt wurde eine prozessbasierte, hydrodynamische Modellierung (Delft3D) mit einer datenbasierten Modellierung durch ein künstliches neuronales Netz (KNN) verglichen. Mit Hilfe der datenbasierten Modellierung konnte eine deutliche Verbesserung der Seegangsvorhersage im Pilotgebiet gegenüber der hydrodynamischen Modellierung erreicht werden. Das KNN eignet sich außerdem dazu, Datenlücken an der Bojenposition zu füllen. Hierdurch können unter anderem zurückliegende morphodynamische Ereignisse analysiert werden und das KNN steht für weitergehende Analysen zur Verfügung. Weiterhin wurden verschiedene Strategien zur optimalen Platzierung von Sandaufspülungen durch vergleichende experimentelle Versuche in einem Wellenkanal untersucht. Die sohnnahe Rückströmung („undertow“) wurde hierbei als entscheidender Treiber für Sturmflut-induzierte Erosion von sandigen Küsten untersucht, da sie wesentlich zur Verweildauer von Sandaufspülungen beiträgt. Im Vergleich der drei Szenarien Riffverstärkung, Vorspülung und Strandaufspülung mit jeweils gleichem Sandvolumen konnte so die Vorspülung als effektivste Maßnahme zur Reduktion der sohnnahen Strömungen identifiziert werden.

In TP 3 wurde eine datengetriebene Methodik zur Untersuchung der Auswirkungen von Strand- und Vorstrandaufspülungen auf die langfristige morphologische Entwicklung von Küstenprofilen entwickelt und auf umfangreiche, langfristige Datensätze der Wattenmeer Inseln Ameland (NL) und Sylt (DE) angewendet. Die Interventionszeit von Vorstrandaufspülungen auf die Wanderung von küstennahen Sandbänken wurde mit einem profilbasierten Ansatz berechnet, um die Lebensdauer von Vorstrandaufspülungen zu bestimmen. Auf den Sylter Datensatz wurde ein volumenbasierter Ansatz angewendet, um die Lebensdauern der Strandaufspülungen zu untersuchen. Abhängig von der Verfügbarkeit und Qualität der Küstenprofile in den Datensätzen wurde festgestellt, dass die Lebensdauer der Aufspülungen von deren Design und der natürlichen morphologischen Entwicklung der Küstenprofile abhängt. Darüber hinaus konnten Dichte und Höhe der Aufspülung die wichtigsten Design-Parameter mit dem größten Einfluss auf die Lebensdauer von Strand- und Vorstrandaufspülungen identifiziert werden.

Um die Morphodynamik von Aufspülkörpern besser vorhersagen zu können, verfolgte TP 4 das Ziel, ein existierendes Sedimenttransportmodell für die Simulation verschiedener Korngrößen weiterzuentwickeln. Bestehende semi-empirische Transportmodelle basieren auf einer limitierten Anzahl von stark vereinfachten Laborversuchen, die zumeist mit nur einer Korngröße durchgeführt wurden und zudem nicht alle welleninduzierten Strömungsprozesse abbilden konnten. Daher wurden im Großen Wellenkanal (GWK) erstmals unskalierte Versuche mit Sedimenten verschiedener Korngrößen unter Oberflächenwellen durchgeführt. Dieser einmalige Datensatz wird noch länger über die Projektlaufzeit hinaus analysiert werden und verspricht bislang nicht bekannte Erkenntnisse bezüglich der Transportprozesse gemischter Sedimente. Erste Auswertungen im Rahmen des Projekts konnten bereits für eine Optimierung des sogenannten „SANTOSS“-Modells genutzt werden. Die Versuche zeigten, dass der Sedimenttransport und damit die wellenbedingte Erosion vom bisherigen Modell unterschätzt wurden. Durch Erweiterung der vorhandenen Datenbasis mit den neuen Versuchsdaten konnte eine bessere Kalibrierung für den Sedimenttransport unter Sturmflutbedingungen gefunden werden.

Monitoring und Untersuchungen der Sedimenteigenschaften und benthischen Habitate in Aufspül- und Entnahmegebieten standen im Fokus von TP 5. So wurde ein Strandabschnitt im nördlichen Bereich der Insel regelmäßig mittels dGPS und Sedimentbeprobung überwacht und das Sandentnahmegebiet "Westerland" westlich vor Sylt während der dreijährigen Projektlaufzeit insgesamt sechs Mal mit Hilfe von akustischen und optischen Methoden sowie mit Sedimentproben untersucht. Das Sandentnahmegebiet zeigte innerhalb des Untersuchungszeitraumes keine messbaren Veränderungen im Bereich älterer (> 10 Jahre) Entnahmetrichter während sich aktive Abbauarbeiten gut dokumentieren ließen. Es konnte gezeigt werden, wie sich die steilen Hänge neuer Abbautrichter nach kurzer Zeit durch Hangrutschungen verflachten und sich nach wenigen Wochen schon schluffiges Material in den Gruben ansammelt. Weitere Verfüllungsprozesse gingen darauf sehr langsam von statten, so dass davon auszugehen ist, dass eine natürlich Regeneration (auch aufgrund des entnommenen Grobsandes) innerhalb der nächsten Dekaden nicht stattfinden

wird. Dies gilt auch für das zuvor dort lebende Benthos. Während einige Spezies durch die veränderten Habitate verschwanden oder stark dezimiert wurden, haben sich andere Spezies, wie Schlick bevorzugende Polychaeten und Bivalven, angesiedelt.

In Folge von Baggerungen und Aufspülungen und der damit im Zusammenhang stehenden Verlagerung von Sedimenten kann es zu sedimentologischen, morphodynamischen und ökotoxikologischen Prozessen und Wechselwirkungen kommen. Im Rahmen von TP 6 wurde ein interdisziplinärerer Ansatz zur kombinierten Bewertung von Sedimentdynamik und ökotoxikologischen Effekten infolge anthropogener Eingriffe im Rahmen von Sandaufspülungen und Sandbaggerungen verfolgt. Hierfür wurden experimentelle Untersuchungen mit natürlichen Sedimenten, Sedimentanalysen zur Charakterisierung der betrachteten Sedimente und Feldmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Korngrößenverteilungen zeigten, dass es in den Entnahmekratern zu einer Ablagerung von feineren, schluffigeren Sedimenten kam, welche im Vergleich zu den Sedimenten außerhalb der Krater einen bis zu 32 mal höheren Gesamtkohlenstoffgehalt (total organic carbon; TOC) aufwiesen. Aufgrund der vor Sylt herrschenden Strömungsverhältnisse erreichen organische Schadstoffe der Elbe diesen Bereich und können sich potenziell an den organischen Schwebstoffen anlagern und in den Entnahmekratern sedimentieren. Somit stellen die Entnahmestellen vor Sylt eine potenzielle Schadstoffsene dar. Im Einklang mit vorherigen Studien, zeigten sich die Sedimente aus den Entnahmestellen stark Sauerstoffzehrend bis hin zu anoxischen Verhältnissen. Im Sedimentkontakttest mit Fischeiern des Zebraabräblings (*Danio rerio*), konnte im Vergleich zu Referenzsedimenten außerhalb der Krater, ein teratogenes Schädigungspotenzial nachgewiesen werden. Ebenfalls zeigten diese Sedimente Cytotoxizität im Neutralrot-Test.

Im Hinblick auf das langfristige Ziel der Entwicklung von Strategien für ein nachhaltiges Management von Sandaufspülungen wurde im übergreifenden Teilprojekt TP 1 eine umfangreiche Literaturstudie zum aktuellen Stand von Praxis und Forschung durchgeführt. Hierdurch konnten im internationalen Vergleich viele Gemeinsamkeiten aber auch erhebliche Unterschiede in der Motivation und praktischen Umsetzung von Sandentnahme und -aufspülung identifiziert werden. Vor allem bezüglich der ökologischen Auswirkungen gibt es länderübergreifend signifikante Unterschiede in den zu erbringenden Nachweisen und generell nur sehr eingeschränkte Kenntnisse über Regenerationspotentiale bzw. langfristige Auswirkungen. Basierend auf der Literaturrecherche und den in TP 2 - 6 gewonnenen neuen Erkenntnissen wurden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken verschiedener Verfahren für die Sandentnahme und -aufspülung im Sinne einer SWOT-Analyse objektiv miteinander verglichen und als Entscheidungsunterstützung für die Praxis in einer Broschüre zusammengestellt, die unter <http://www.stencil-project.de/de/ergebnisse/> auf der Projektwebsite heruntergeladen werden kann. Durch die SWOT-Analyse wird gezeigt, dass jedes Verfahren Vor- und Nachteile mit sich bringt, die gegeneinander abgewogen werden müssen. Mit weiteren Forschungsergebnissen, v.a. hinsichtlich der langfristigen ökologischen und morphologischen Auswirkungen der Verfahren, könnten einige der potenziellen Chancen und Risiken zu bekannten und absehbaren Stärken bzw. Schwächen werden. Da viele bisher unbekannte biologische Prozesse möglicherweise weitere Auswirkungen auf das Ökosystem und den Menschen haben könnten, sollten Eingriffe in die Küstenumwelt nur dann erfolgen, wenn sie unbedingt erforderlich sind.