

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Report, Published Version

Kösters, Frank; Nasermoaddeli, Hassan; Kreuz, Markus; Hammrich, Arne
Modulares System für Schelf und Küste Synthese
(MOSSCO Synthese). FuE-Abschlussbericht
B3955.02.04.70224

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106856>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2019): Modulares System für Schelf und Küste Synthese (MOSSCO Synthese). FuE-Abschlussbericht B3955.02.04.70224. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

FuE-Abschlussbericht
Modulares System für Schelf und Küste
Synthese (MOSSCO Synthese)

B3955.02.04.70224



März 2019

FuE-Abschlussbericht
Modulares System für Schelf und Küste Synthese
(MOSSCO Synthese)

Beginn des Vorhabens: April 2016

Auftrags-Nr.: B3955.02.04.70224

Aufgestellt von: Abteilung: K Wasserbau im Küstenbereich
 Referat: K2 Ästuarsysteme I
 Projektleiter: Dr. rer. nat. Frank Kösters
 Bearbeiter: Dr.-Ing. Hassan Nasermoaddeli
 Markus Kreuz
 Dr. sc. ETHZ Arne Hammrich

Hamburg, März 2019

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Zusammenfassung

Im Rahmen von MOSSCO wurde der biologische Einfluss auf den Schwebstoffgehalt in Küstengewässern untersucht. Dazu wurden verschiedene Modellkopplungen neu geschaffen, um bestehende Modelle miteinander zu verknüpfen. Diese kombinierten Betrachtungen sind insbesondere bei biologischen Fragestellungen wichtig, da Prozesse oft voneinander abhängen und sich gegenseitig beeinflussen. Insbesondere Schwebstoffe unterliegen ausgeprägten biologischen Wechselwirkungen. Am Sediment lebende Mikroalgen (Mikrophytobenthos) beeinflussen zum Beispiel durch Verkleben der Gewässersohle direkt die Erosion und damit auch den Schwebstoffgehalt. Umgekehrt wird Mikrophytobenthos als lichtabhängiger Primärproduzent direkt vom Schwebstoffgehalt beeinflusst, da eine höhere Trübung auch zu schlechteren Lichtverhältnissen an der Sohle führt.

Ziel des Projektes war es, vor allem die Schnittstelle zwischen Wassersäule und Boden im küstennahen Bereich im Modell abzubilden und zu untersuchen. Insbesondere der biologische Einfluss auf die SPM Dynamik sollte hierbei berücksichtigt und nach Möglichkeit auch quantifiziert werden.

In einem dreidimensionalen Modell der südlichen Nordsee wurde beispielhaft anhand der Muschelart *Fabulina fabula* zunächst nur der erosionsfördernde Einfluss untersucht. Anschließend wurde der numerische Ansatz um die erosionshemmende Wirkung von Mikrophytobenthos erweitert, um eine kombinierte Quantifizierung beider Effekte zu ermöglichen. Es konnte gezeigt werden, dass beide Effekte erheblichen Einfluss auf den Schwebstoffgehalt haben können. Konventionelle Modellansätze berücksichtigen dies in der Regel nicht, was zu Abweichungen führen kann.

Als ein erhebliches Problem bei der Umsetzung stellte sich die Datenverfügbarkeit heraus. Für den hier verwendeten Ansatz muss für jede Makrozoobenthos-Art die Verbreitung und das Bioturbationspotential einzeln parametrisiert werden. Dies ist aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Daten kaum möglich. Hier müssen in Zukunft andere, pragmatischere Ansätze gefunden werden. Eine vielversprechende Möglichkeit scheinen trait-basierte Modelle zu sein, bei denen nicht mehr eine Art, sondern die Eigenschaften beschrieben werden.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Problemdarstellung und Ziel	1
1.1	Bedeutung für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)	1
2	Stand des Wissens	2
3	Methoden	3
4	Ergebnisse	4
4.1	Einflüsse von Makrofaunengemeinschaften auf die Sedimentdynamik	6
4.2	Quantifizierung des biologisch modulierten SPM-Budgets und Sedimentdynamik im küstennahen Bereich	9
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	13
6	Literaturverzeichnis	14

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (unten) und dem Satellitenbild (oben)	4
Abbildung 2 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 3 (3 Kilometer vor der Küste)	5
Abbildung 3 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 50 (50 Kilometer vor der Küste)	5
Abbildung 4 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 70 (70 Kilometer vor der Küste)	6
Abbildung 5 Abundanz von <i>Fabulina fabula</i> (grün), in Schwarz ist die mittlere Korngrößenverteilung in Millimetern eingezeichnet (aus Nasermoaddeli et al., 2018).	7
Abbildung 6 Berechnete bodennahe Schwebstoffkonzentration (SPM) während eines Sturmereignisses im Februar 2010 (linke Spalte). Die Abbildungen in der rechten Spalte zeigen die Veränderung durch <i>Fabulina fabula</i> . Rote Flächen zeigen eine Zunahme, blaue Flächen eine Abnahme der SPM-Konzentration (aus Nasermoaddeli et al., 2018).	8
Abbildung 7 SPM-Konzentration der 12 µm Klasse bei Mikrophytobenthos-Konzentrationen zwischen 0 und 50 µg/g Sediment und gleichzeitiger Abwesenheit von <i>Fabulina fabula</i>	10
Abbildung 8 SPM-Konzentration der 188 µm Klasse bei Mikrophytobenthos-Konzentrationen zwischen 0 und 50 µg/g Sediment und gleichzeitiger Abwesenheit von <i>Fabulina fabula</i>	11
Abbildung 9 Maximale Veränderung des SPM-Gehaltes in der Wassersäule über zwei Spring-Nipp-Zyklen in Abhängigkeit von der Individuendichte von <i>Fabulina fabula</i> und des Mikrophytobenthosanteils	12
Abbildung 10 Maximale Veränderung der Sedimentmasse über zwei Spring-Nipp-Zyklen in Abhängigkeit von der Individuendichte von <i>Fabulina fabula</i> und des Mikrophytobenthosanteils	12

1 Problemdarstellung und Ziel

Das „Modulare System für Schelfmeere und Küsten“ (MOSSCO) ist ein Verbundprojekt des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Institut für Küstenforschung (HZG), des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), und wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)“ gefördert.

Aktuelle, im Küsteningenieurwesen eingesetzte Modellverfahren, berücksichtigen in der Regel keine biologischen Einflüsse, sondern sind auf eine rein abiotische Betrachtungsweise ausgelegt. Insbesondere bei Untersuchungen des Sedimenttransportes kann diese Vereinfachung zu abweichenden Ergebnissen führen. Im Rahmen von MOSSCO – Synthese sollte daher unter anderem der Einfluss von zwei biologischen Prozessen auf den Sedimenttransport untersucht werden: Zum einen hat die Grabaktivität von Makroinvertebraten einen erodierenden Einfluss auf die Gewässersohle, wodurch der Sedimenttransport erhöht wird. Gegenläufig dazu wurde als zweiter Effekt der Einfluss von benthischen Mikroalgen untersucht. Benthische Mikroalgen haben die Fähigkeit, durch die Absonderungen von extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) die Sedimente an der Gewässersohle zu verkleben und damit die Sohle zu stabilisieren. EPS ist zum Beispiel auch ein wichtiger Faktor bei der Flokkulation von Schwebstoffen.

Die Kopplung dieser beiden biologischen Prozesse an bestehende hydraulische Modellsysteme ist ein wichtiger Baustein zur Weiterentwicklung von Modellverfahren zur Betrachtung des Sedimenttransports im Bereich von Küsten und Ästuaren.

1.1 Bedeutung für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Die BAW kann mit diesem Teilprojekt ihre wissenschaftliche Kompetenz insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Verzahnung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit den vielfältigen (öffentlichen und privaten) Planungsvorhaben im Ästuar- und Küstenbereich weiter ausbauen und somit die Beratungsqualität für die WSV weiter steigern. So werden die an den Universitäten und Großforschungseinrichtungen erarbeiteten Methoden direkt für die angewandte Forschung in der BAW genutzt und fördern die kontinuierliche Weiterentwicklung der Methoden und Verfahren. Die von der BAW im Projekt erarbeiteten und dokumentierten Ergebnisse werden für die WSV im Hinblick auf die Aufgaben des Sedimentmanagements und der Wasserstraßenunterhaltung aufbereitet und zur Nutzung zur Verfügung gestellt. Somit bildet MOSSCO einen Baustein zur integrierten Betrachtung kohäsiver Sedimentdynamik und biogeochemischer Nährstoffzyklen. Dies ist bereits heute eine drängende Frage der WSV, deren Bedeutung in Zukunft noch weiter zunehmen wird.

Der fachgebietsübergreifende Ansatz, der sowohl ökologische, ozeanographische als auch Aspekte des Küsteningenieurwesens aufgreift, kann wesentliche, neue Konzepte oder Modellierungsansätze liefern, die mittelfristig Eingang in die Arbeit der BAW finden. Neben diesen längerfristigen Zielen wird erwartet, dass sich konkret anwendbare neue Ansätze zur Modellierung von suspendierten Sedimenten ergeben, die in bestehenden Modellsystemen Verwendung finden.

2 Stand des Wissens

Benthische Artengemeinschaften können einen deutlichen Einfluss auf das Sediment haben – sowohl stabilisierend als auch destabilisierend (Graf, Rosenberg, 1997; Le Hir et al., 2007).

Makrozoobenthos kann vor allem durch Bioturbation die Sedimentoberfläche auflockern und damit auch die Erosion begünstigen. Die Organismen selbst (z.B. Muscheln) oder biogene Strukturen (z.B. Wohnröhren) beeinflussen den Sedimenttransport indirekt über die Veränderung der Rauheit und damit der bodennahen Geschwindigkeit bzw. der Sohlschubspannung (Friedrichs et al., 2009; Friedrichs, Graf, 2009).

Mikrophytobenthos dagegen vermindert die Erodierbarkeit des Sediments. Durch die Produktion von extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) binden die Sedimentpartikel und bilden eine Biofilmschicht auf der Sedimentoberfläche, wodurch die Erodierbarkeit verringert wird und sich damit die kritische Sohlschubspannung erhöht. Die biologischen Prozesse beeinflussen sich gegenseitig und lassen sich in der Realität nicht voneinander trennen. Als Beispiel ernähren sich die Weidegänger (Grazer) von Mikrophytobenthos, damit wird die durch Mikrophytobenthos produzierte Biofilmschicht zerrissen und der stabilisierende Effekt des Biofilmes auf der Sedimentoberfläche verringert (Andersen, Pejrup, 2011).

Aufgrund der sehr komplexen biologischen Effekte auf die Wasser-Sediment-Grenzschicht und der fehlenden Modularität in gekoppelten Modellsystemen können derzeit in Modellen nur wenige, ausgewählte Einflussfaktoren für die betrachteten Arten untersucht werden. Die starke Vereinfachung der komplexen biologischen Prozesse wirkt sich zwangsläufig auch auf die Modellqualität aus. Wechselwirkungen zwischen Sediment und Makrobenthos werden ebenfalls vernachlässigt. Somit werden das Wachstum und zeitabhängige Abundanz sowie die räumliche Verteilung in bisherigen Modelluntersuchungen der SPM-Dynamik nicht berücksichtigt. Die Integration der makrobenthischen Reaktion als einen zeitabhängigen Einflussfaktor in die SPM Transportformulierungen verbleibt damit als entscheidende Entwicklungsaufgabe.

3 Methoden

MOSSCO-Synthese nutzt im Wesentlichen die in der ersten Projektphase (MOSSCO) entwickelten Konzepte und Modell-Infrastrukturen. Es kommen also primär numerische Modelle zum Einsatz. Neben der numerischen Modellierung wurden auch grundlegende Modellierungskonzepte erarbeitet. Bisher wurden in MOSSCO die biologischen Effekte einzelner Makrofauna-Arten auf den Sedimenttransport linear überlagert. Diese Beschränkung sollte in MOSSCO-Synthese behoben werden, indem mit Projektpartnern ein neuer, auf Verhaltensweisen basierender Modellansatz zur Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Makrofauna-Gemeinschaften und Sediment entwickelt wird. Die neu implementierten Modellansätze wurden anhand des Nordsee Setups validiert und die biologisch modulierte Partikeldynamik bzw. die Sedimentbilanz im küstennahen Bereich untersucht.

4 Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde das in der ersten Projektphase (MOSSCO I) entwickelte dreidimensionale SPM-Modell der südlichen Nordsee (SNS-Modell) verfeinert, validiert und Langzeitsimulationen (Referenzdekade 2002 – 2013) durchgeführt. Anschließend wurden die Ergebnisse anhand von insgesamt 236 Satellitenbildern aus den Jahren 2006 – 2012 validiert. Dazu wurde die mittlere SPM-Konzentration aus den oberen 5 Metern der Modellergebnisse extrahiert und mit dem entsprechenden Satellitenbild verglichen (Abbildung 1). Zusätzlich wurde das Modell mit den Daten von verschiedenen Messstationen in der südlichen Nordsee und den deutschen Ästuaren verglichen. Die Abbildungen Abbildung 2 - Abbildung 4 zeigen exemplarisch den Küstengradienten der SPM-Konzentration 3, 50 und 70 Kilometer vor der niederländischen Insel Rottumerplaat. Das Modell ist grundsätzlich gut geeignet, großskalige Effekte abzubilden. Lokale Effekte, zum Beispiel in den Ästuaren, werden erwartungsgemäß aufgrund der relativ groben Auflösung des Modellgitters jedoch nicht ausreichend genau abgebildet. Hierfür werden Modelle mit deutlich höherer Auflösung benötigt, die dann aber auch einen deutlich höheren Rechen- und Speicherbedarf haben. Das SNS-Modell stellt somit einen guten Kompromiss für die küstenferneren und größerskaligen Effekte dar.

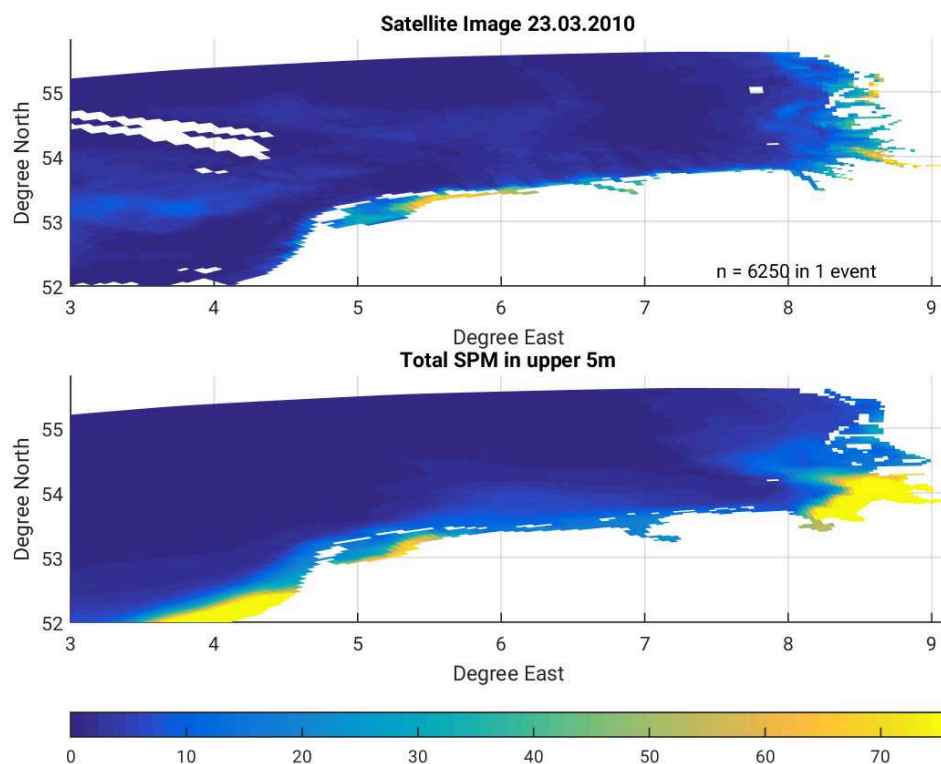


Abbildung 1 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (unten) und dem Satellitenbild (oben)

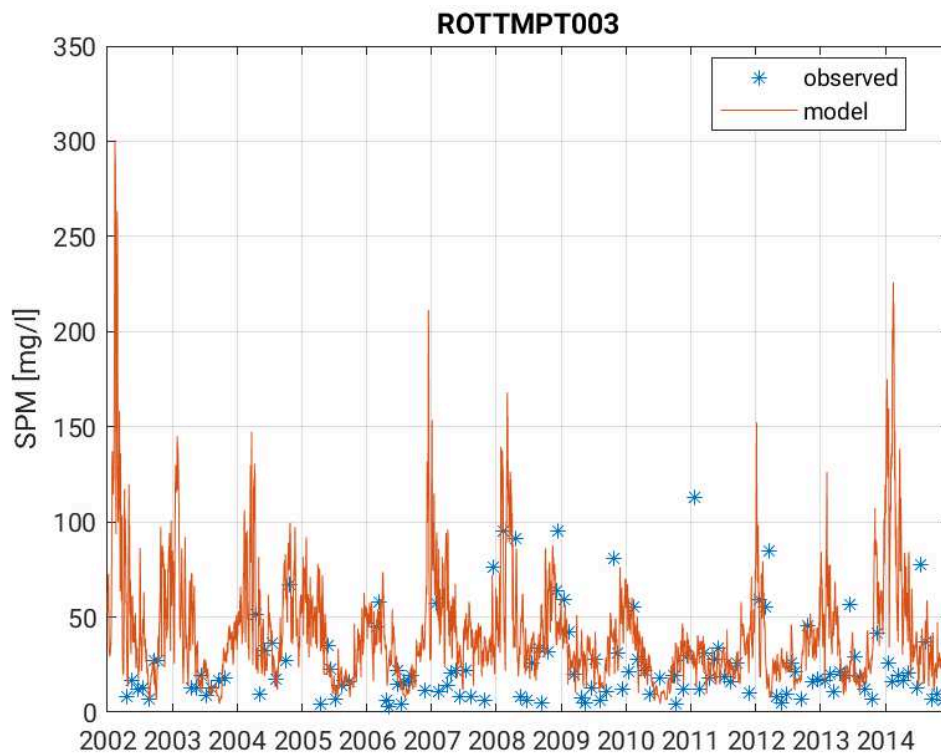


Abbildung 2 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 3 (3 Kilometer vor der Küste)

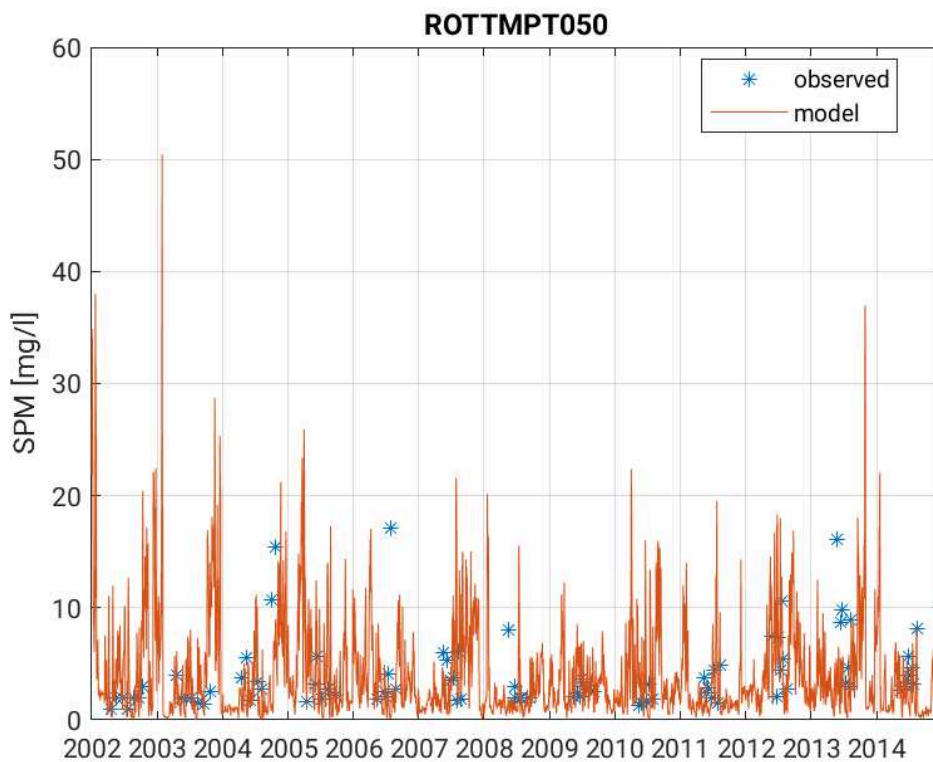


Abbildung 3 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 50 (50 Kilometer vor der Küste)

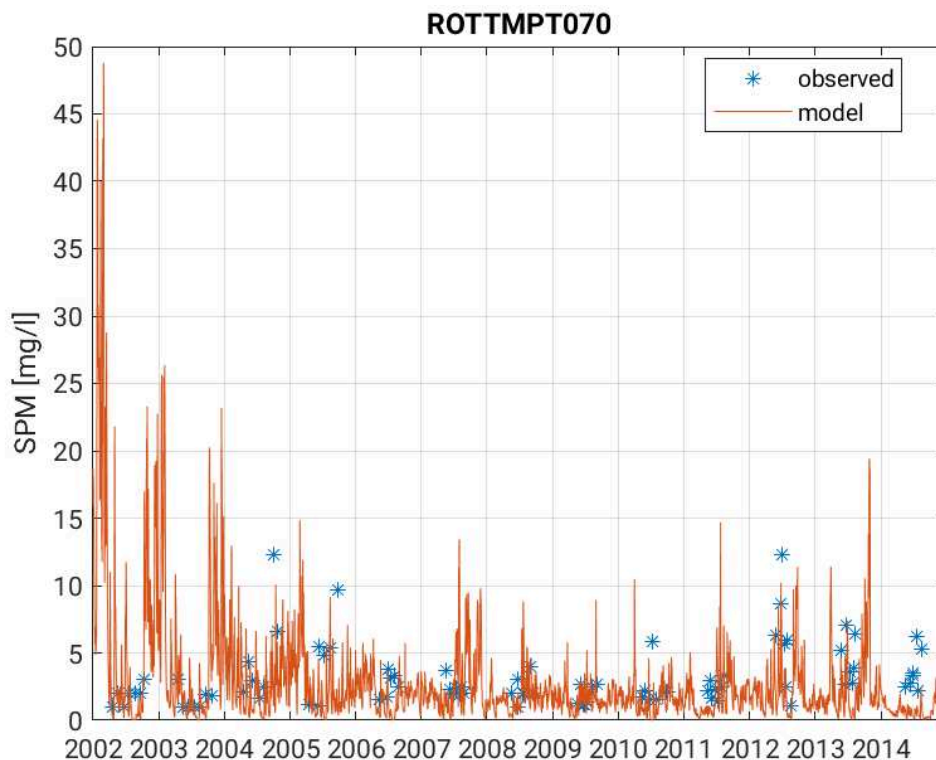


Abbildung 4 Vergleich der SPM-Konzentration aus dem SNS-Modell (blaue Sterne) und den Messwerten (rote Linie) der Station Rottumerplaat 70 (70 Kilometer vor der Küste)

4.1 Einflüsse von Makrofaunengemeinschaften auf die Sedimentdynamik

Je nach Art und Individuendichte können Makroinvertebraten, wie zum Beispiel Muscheln oder Würmer, die Erosion des Wattbodens durch Bioturbation erheblich verstärken und damit auch den SPM-Gehalt in der Wassersäule erhöhen. Dieser Effekt konnte in MOSSCO für die südliche Nordsee exemplarisch anhand der Muschelart *Fabulina fabula* nachgewiesen werden (Nasermoaddeli et al., 2018). *Fabulina fabula* ist in der Nordsee bis in Tiefen von etwa 55 m weit verbreitet und gräbt sich mehrere Zentimeter tief in das Sediment ein. Aus Monitoringdaten wurden Verbreitungskarten von *Fabulina fabula* erstellt (Abbildung 5) und anschließend in einem dreidimensionalen Modell der südlichen Nordsee (SNS) unterlegt.

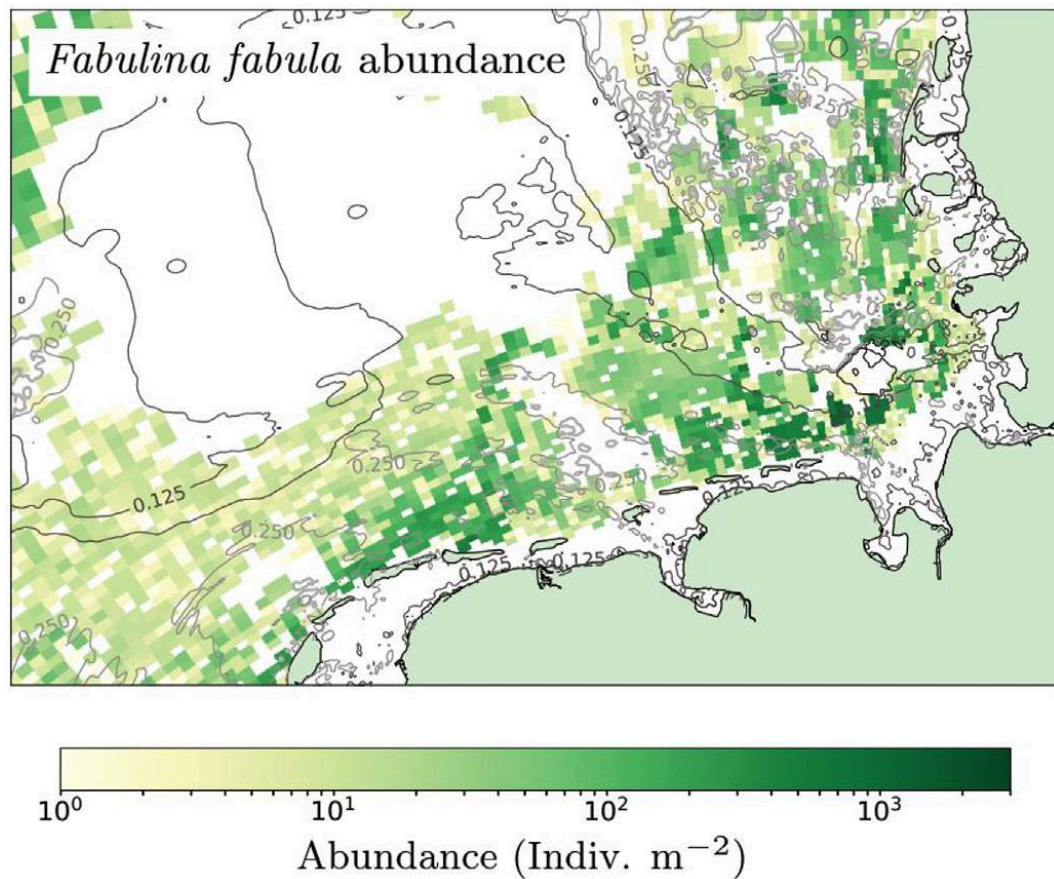


Abbildung 5 Abundanz von *Fabulina fabula* (grün), in Schwarz ist die mittlere Korngrößenverteilung in Millimetern eingezeichnet (aus Nasermoaddeli et al., 2018).

Zur Abbildung des Sedimenthaushalts wurden im Modell vereinfachend nur drei Korngrößen angelegt, die unterschiedliche Schlufffraktionen repräsentieren. Anschließend wurden mit dem Modell Vergleichsrechnungen mit und ohne biologischen Einfluss gerechnet. Es zeigte sich, dass im Gegensatz zu rein physikalischen Modellläufen unter Einfluss von *Fabulina fabula* die SPM-Gehalte in der südlichen Nordsee regional deutlich höher waren. Insbesondere die Konzentration der feineren Sedimentfraktionen, die aufgrund ihrer geringen Sedimentationsgeschwindigkeit weit transportiert werden können, war durch den biologischen Einfluss erhöht (vgl. Abbildung 6).

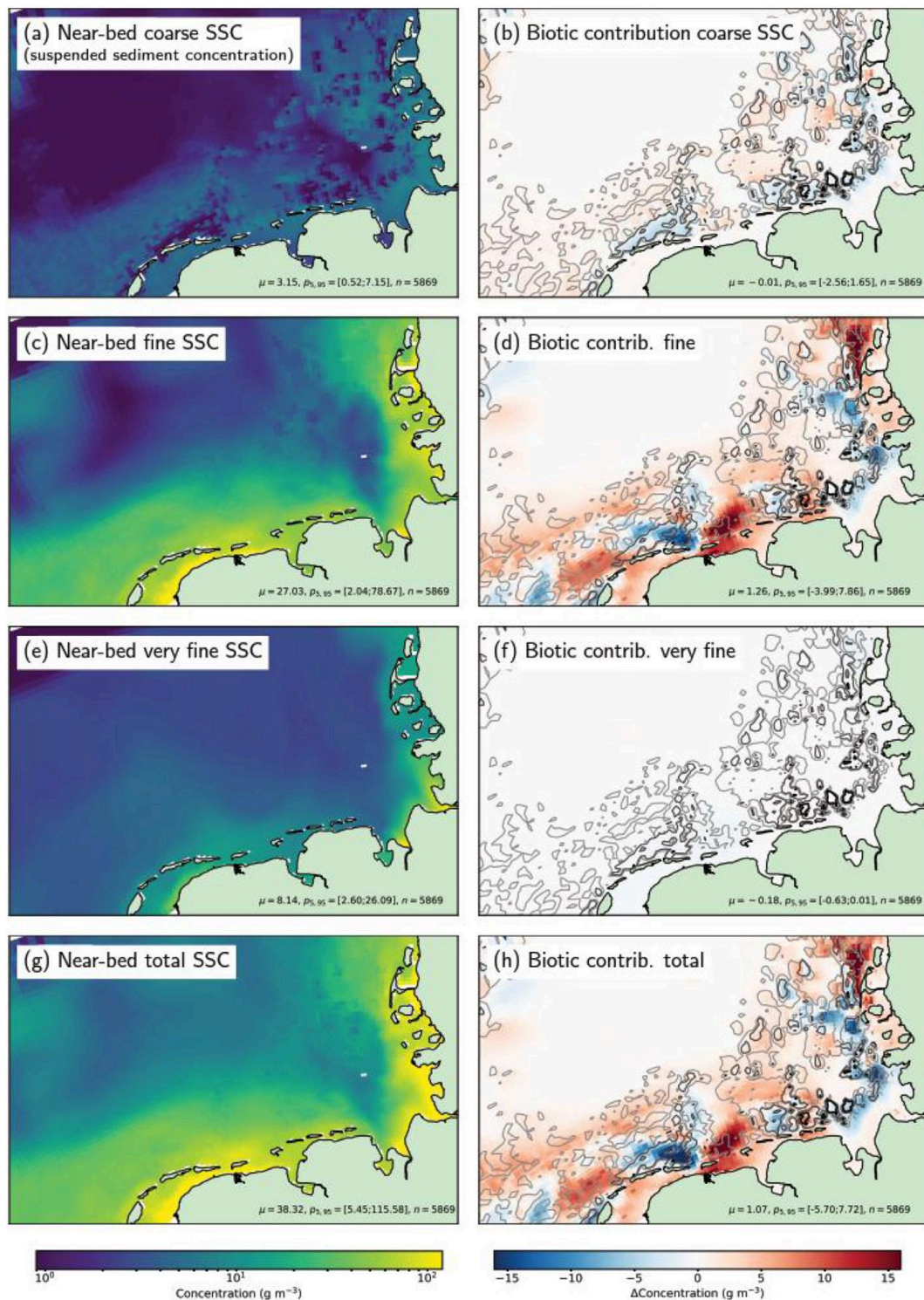


Abbildung 6 Berechnete bodennahe Schwebstoffkonzentration (SPM) während eines Sturmereignisses im Februar 2010 (linke Spalte). Die Abbildungen in der rechten Spalte zeigen die Veränderung durch *Fabulina fabula*. Rote Flächen zeigen eine Zunahme, blaue Flächen eine Abnahme der SPM-Konzentration (aus Nasermoaddeli et al., 2018).

Die Ergebnisse verdeutlichen die grundsätzliche technische Umsetzbarkeit und vor allem die Notwendigkeit dieser Art von Multimodellkopplungen.

Es zeigte sich jedoch auch, dass die Verfügbarkeit von Daten ein großes Problem darstellt. Eine Untersuchung des IfAÖ (Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH) stellte die relevante wissenschaftliche Literatur sowie die verfügbare Datengrundlage zusammen (IfAÖ, 2014). Im weiteren Projektverlauf stellte sich heraus, dass die verfügbare veröffentlichte Datenbasis nicht ausreichend ist, um numerische Modelle mit entsprechenden Daten auf Artniveau anzutreiben. Auf Basis der durchgeführten Analysen lässt sich auch folgern, dass eine datenbasierte Vorgabe der Makrofaunaverteilung, die in der Natur räumlich und zeitlich stark variabel ist, nicht umsetzbar ist. Als ein möglicher Weg zeigen sich im Rahmen des Projektes getestete Trait-basierte Ansätze.

4.2 Quantifizierung des biologisch modulierten SPM-Budgets und Sedimentdynamik im küstennahen Bereich

Die Untersuchungen zu *Fabulina fabula* zeigen, dass der biogene Einfluss erwartungsgemäß sehr heterogen ist und starken zeitlichen sowie räumlichen Schwankungen unterliegt. Auch die Korngröße des betrachteten Sediments hat einen starken Einfluss auf das Ergebnis, da feine Fraktionen sehr weit transportiert werden können, sobald sie einmal resuspendiert wurden. Zur Quantifizierung des biologischen Einflusses auf den SPM-Gehalt wurde daher ein 1D-Ansatz zur Berechnung gewählt. Dies hat den Vorteil, dass die Simulationen im Gegensatz zu 3D-Modellen extrem schnell gerechnet werden können und somit eine Vielzahl von Parametern im Sinne einer Sensitivitätsstudie getestet werden können. Darüber hinaus lässt der vereinfachte 1D-Ansatz eine Standardisierung der Testbedingungen zu, so kann der biologische Einfluss auf den SPM-Haushalt ohne äußere Einflüsse, wie zum Beispiel regionale Effekte oder besondere meteorologische Bedingungen, untersucht werden.

Um den Einfluss der biologischen Modulation auf den SPM-Gehalt abzubilden, wurde ein Modellansatz gewählt, der sowohl den erosionsfördernden Einfluss von Makroinvertebraten als auch den sohlstabilisierenden Einfluss von Mikrophytobenthos (MPB) berücksichtigt (Paarlberg et al., 2005). Durch diesen erweiterten Ansatz kann die kombinierte Wirkung von zwei antagonistischen Prozessen auf den SPM-Gehalt untersucht werden. Zum einen fördert die Bioturbation von Makroinvertebraten die Erosion und erhöht damit den SPM Gehalt in der Wassersäule, zum anderen wird die Sohle durch MPB an der Sedimentoberfläche stabilisiert, was vor allem auf die verklebende Wirkung der extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) im MPB zurückzuführen ist. Für die Untersuchung wurde in MOSSCO die Möglichkeit eingerichtet, feste Individuendichten für *Fabulina fabula* bzw. Konzentrationen für MPB vorzugeben. Anschließend wurden insgesamt 270 Simulationen mit verschiedenen Randbedingungen gerechnet. Dabei wurden 6 verschiedene MPB Konzentrationen (0, 10, 20, 30, 40, 50 µg Chlorophyll/g Sediment) und 9 *Fabulina fabula*-Dichten (0, 125, 250, 375, 500, 625, 750, 875, 1000 Individuen/m²) für 5 verschiedene Kornfraktionen (12, 24, 47, 94, 188 µm) getestet.

Die Abbildungen Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen exemplarisch die SPM-Konzentration über zwei Spring-Nipp-Zyklen bei den getesteten MPB-Konzentrationen und ohne den Einfluss von *Fabulina fabula*. Es zeigt sich deutlich, dass vor allem die feine Größenklasse (12 µm) stark

beeinflusst wird, während sich die SPM-Konzentration der gröberen Klasse (188 μm) kaum noch verändert. Dies ist vor allem auf die höhere Sedimentationsgeschwindigkeit zurückzuführen, da resuspendiertes Material sehr schnell wieder zu Boden fällt und somit kaum zur Änderung der SPM-Konzentration beitragen kann. Die 12 μm Klasse sedimentiert dagegen nur sehr langsam, was zu langanhaltenden Änderungen der SPM-Konzentration führt, sobald das Material resuspendiert wurde. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist die erosionshemmende Wirkung des MPB. Während ohne MPB (0 $\mu\text{g/g}$) die SPM-Konzentration stark schwankt, wird diese bei höheren MPB Konzentrationen immer kleiner. Bei 50 $\mu\text{g/g}$ MPB liegt die SPM-Konzentration durchgehend bei fast 0 mg/l. Dies zeigt die Fähigkeit des MPB, die Sedimentoberfläche regelrecht zu verkleben und somit die Erosion zu vermindern.

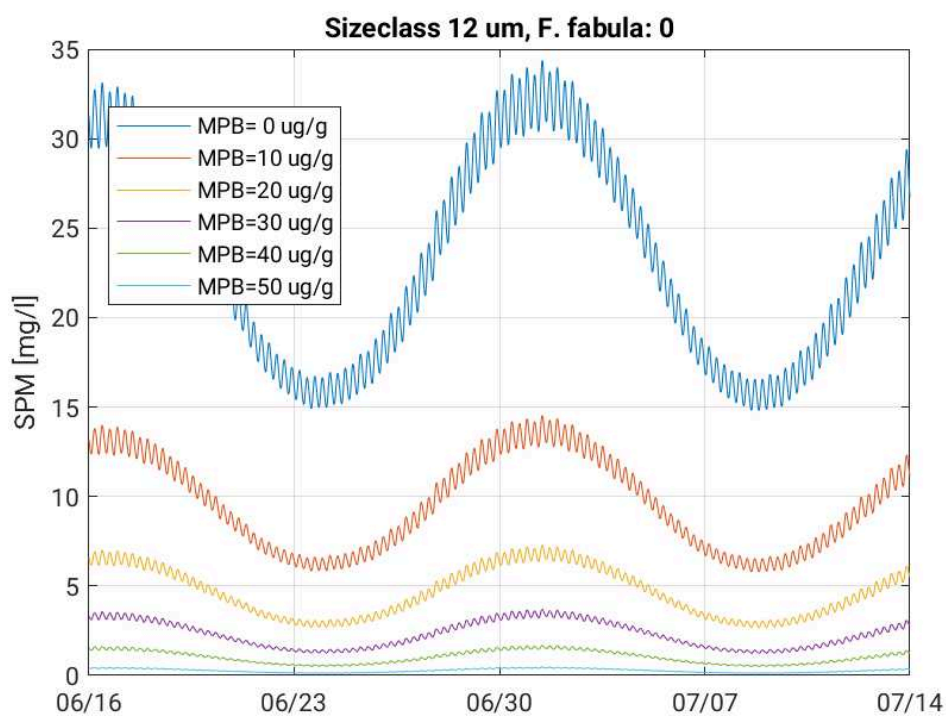


Abbildung 7 SPM-Konzentration der 12 μm Klasse bei Mikrophytobenthos-Konzentrationen zwischen 0 und 50 $\mu\text{g/g}$ Sediment und gleichzeitiger Abwesenheit von *Fabulina fabula*

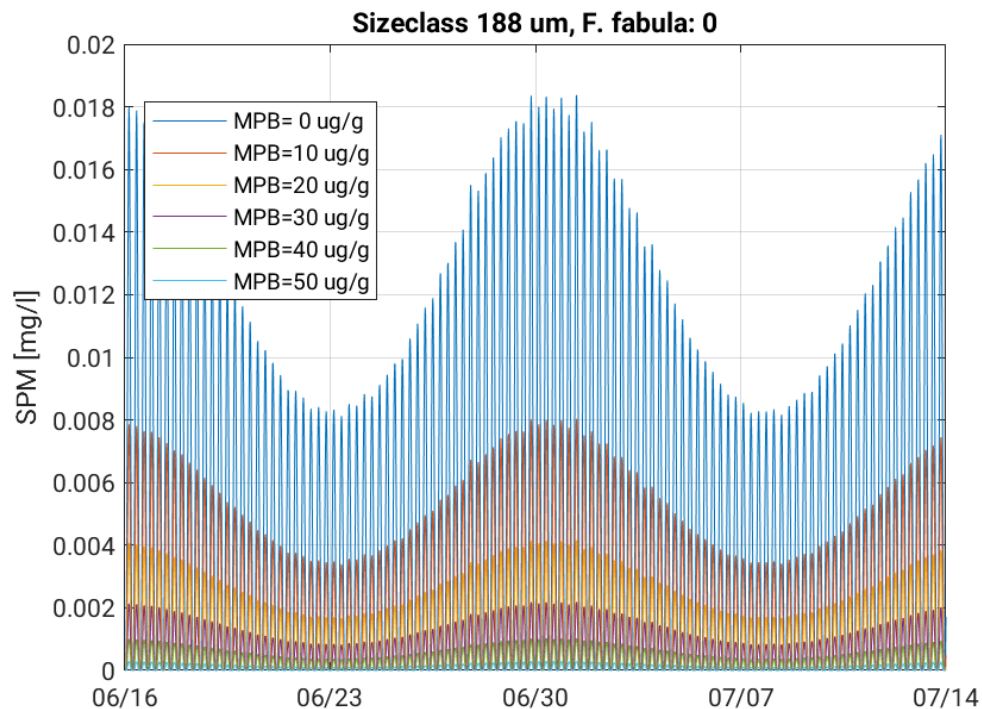


Abbildung 8 SPM-Konzentration der 188 μm Klasse bei Mikrophytobenthos-Konzentrationen zwischen 0 und 50 $\mu\text{g/g}$ Sediment und gleichzeitiger Abwesenheit von *Fabulina fabula*

Im Folgenden wurde der Einfluss auf den SPM-Gehalt als Summe aller fünf betrachteten Fraktionen ausgewertet. Dabei machten die beiden feinsten Fraktionen (12 und 24 μm) knapp 98% des gesamten SPM aus. Abbildung 9 zeigt die maximale Veränderung der SPM-Konzentration (max Wert – min Wert) über die beiden ausgewerteten Spring-Nipp-Zyklen in Abhängigkeit von der MPB-Konzentration und der *Fabulina fabula*-Dichte. Hier zeigt sich, dass die Schwankungsbreite des SPM-Gehaltes von <1 mg/l (keine *Fabulina fabula*, hohe MPB-Konzentration) bis über 700 mg/l (hohe *Fabulina fabula*-Dichten, kein MPB) reichen kann. Der Faktor 700 unterstreicht den extrem wichtigen Einfluss der Biologie auf den Sedimenttransport - und damit auch auf morphologische Eigenschaften - wie die Erosion (vgl. auch Abbildung 10). Dies kann zu einer biologisch induzierten, regionalen Sortierung der Korngrößen führen, in diesem Fall also einer Abnahme von feinen, schluffigen Anteilen. An Standorten mit hohem Mikrophytobenthosanteil wird durch das Verkleben der Sohle diesem Effekt entgegengewirkt.

Ein Effekt, den das hier implementierte Modell derzeit nicht abbilden kann, ist der Fraßdruck von benthischen Organismen auf das Mikrophytobenthos. Sogenannte Weidegänger, wie zum Beispiel Schnecken, ernähren sich von Detritus und dem mikrobiologischen Rasen an der Sedimentoberfläche, dies führt zu einer lokalen Abnahme der erosionshemmenden Wirkung durch MPB.

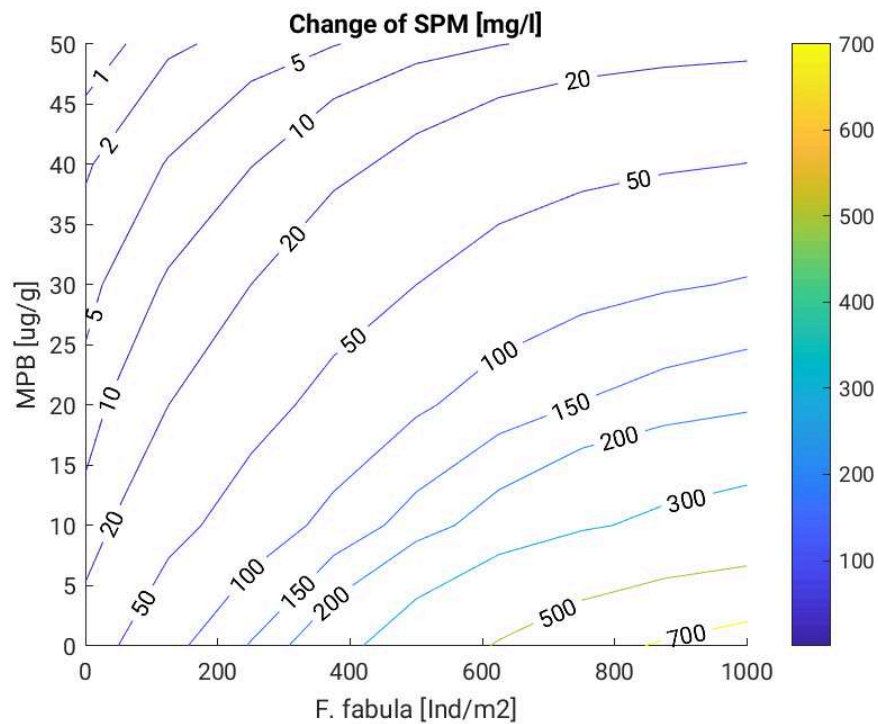


Abbildung 9 Maximale Veränderung des SPM-Gehaltes in der Wassersäule über zwei Spring-Nipp-Zyklen in Abhängigkeit von der Individuendichte von *Fabulina fabula* und des Mikrophytobenthosanteils

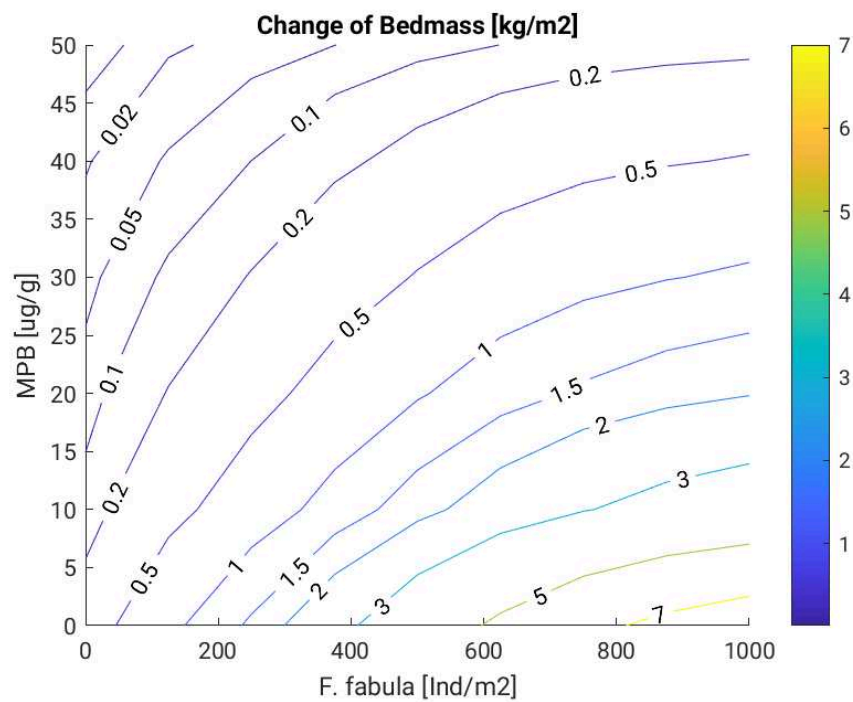


Abbildung 10 Maximale Veränderung der Sedimentmasse über zwei Spring-Nipp-Zyklen in Abhängigkeit von der Individuendichte von *Fabulina fabula* und des Mikrophytobenthosanteils

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes wurde der biologische Einfluss auf den Schwebstofftransport untersucht. Dazu wurden die in der ersten Projektphase entwickelten Kopplungsmöglichkeiten für numerische Modelle verwendet.

Zunächst wurde die Wirkung von Makrozoobenthos auf den Schwebstoffgehalt untersucht. In einem dreidimensionalen Modell der südlichen Nordsee wurde neben einem SPM-Modell zusätzlich ein biologisches Modell gekoppelt, welches die Bioturbation von dem Beispielorganismus *Fabulina fabula* abbildet (Nasermoaddeli et al., 2018). Es zeigte sich, dass die Bioturbation regional einen deutlichen Einfluss hatte, und in der Folge die SPM-Konzentration in der Wassersäule anstieg.

In einem zweiten Modell wurde anschließend der numerische Ansatz zusätzlich um ein Mikrophytobenthos (MPB)-Modul erweitert. Die Wirkung von MPB kann als gegenläufig zu der von Makrozoobenthos angesehen werden, während Letzteres eher die Erosion verstärkt und damit den Schwebstoffgehalt erhöht, wird durch MPB die Erosion vermindert. Verantwortlich dafür sind sogenannte Extrazelluläre Polymere Substanzen (EPS), die das Sediment verkleben. Die Ergebnisse zeigen, dass eine biogene Veränderung des SPM-Gehaltes um den Faktor 700 durchaus möglich ist. Dies verdeutlicht, wie wichtig es ist, grundlegende biologische Einflussgrößen bei der Berechnung des Schwebstofftransports zu berücksichtigen.

Konventionelle Modelle können diesen biologischen Effekt nicht oder nur indirekt über regional unterschiedliche Erosionskoeffizienten abbilden. Insbesondere in großen Modelldomains, die sehr unterschiedliche Habitate abdecken, kann das zu methodischen Fehlern führen. Die ausgedehnten Wattgebiete der deutschen Bucht bieten als Flachwasserbereich ideale Wachstumsbedingungen für Mikrophytobenthos. Muscheln und andere Makroinvertebraten dagegen kommen aufgrund ihrer lichtunabhängigen Lebensweise auch in größeren Tiefen vor. Hieraus ergibt sich - allein durch die Tiefe und dem damit einhergehenden Lichtangebot - eine Zonierung von erosionsfördernden und erosionshemmenden Mechanismen. Weitere wichtige Treiber für die Verteilung von Mikrophytobenthos und verschiedenen Arten von Makroinvertebraten können zum Beispiel Temperatur, Korngrößenverteilung und Strömungsgeschwindigkeit sein.

Das Projekt zeigte jedoch auch, wie schwer es ist, an belastbare Daten zur Verteilung von Makroinvertebraten in der Deutschen Bucht zu kommen. Nur für wenige Arten liegen gleichzeitig Daten zur Verteilung und zu ihrem Bioturbationspotential vor. Beides ist notwendig, um das implementierte Modell anzutreiben. Hier müssen in Zukunft andere Wege gefunden werden, wie Makroinvertebraten in Modellen parametrisiert werden können. Eine relativ einfache Möglichkeit wäre, die Faunengemeinschaften der Deutschen Bucht (Rachor, Nehmer, 2003) als Ganzes zu parametrisieren. Für die insgesamt 10 Faunengemeinschaften müssen so „nur“ jeweils ein artübergreifender Parameter für die Individuendichte und das Bioturbationspotential gefunden werden und im Modell hinterlegt werden. Eine andere Möglichkeit, das Bioturbationspotential für einzelne Arten zu bestimmen, sind eigenschaftsbasierte (Trait based) Modelle, bei denen das Bioturbationspotential einer Art aus seiner Lebensweise abgeschätzt wird (Queirós et al., 2013).

6 Literaturverzeichnis

Andersen, T. J., Pejrup, M. (2011): Biological Influences on Sediment Behavior and Transport. In: Treatise on Estuarine and Coastal Science, Elsevier, S. 289–309.

Friedrichs, M. et al. (2009): Impact of macrozoobenthic structures on near-bed sediment fluxes. In: Journal of Marine Systems, 75, 3-4, S. 336–347.

Friedrichs, M., Graf, G. (2009): Characteristic flow patterns generated by macrozoobenthic structures. In: Journal of Marine Systems, 75, 3-4, S. 348–359.

Graf, G., Rosenberg, R. (1997): Bioresuspension and biodeposition. A review. In: Journal of Marine Systems, 11, 3-4, S. 269–278.

IfAÖ (2014): Biologische Beeinflussung des Sedimenttransportes: Aufbereitung zum Stand des Wissens. IfAÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH.

Le Hir, P. et al. (2007): Sediment erodability in sediment transport modelling. Can we account for biota effects? In: Continental Shelf Research, 27, 8, S. 1116–1142.

Nasermoaddeli, M. H. et al. (2018): A model study on the large-scale effect of macrofauna on the suspended sediment concentration in a shallow shelf sea. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science, 211, S. 62–76.

Paarlberg, A. J. et al. (2005): Biological influences on morphology and bed composition of an intertidal flat. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science, 64, 4, S. 577–590.

Queirós, A. M. et al. (2013): A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. In: Ecology and evolution, 3, 11, S. 3958–3985.

Rachor, E., Nehmer, P. (2003): Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee. Online verfügbar unter <https://epic.awi.de/id/eprint/23808/>.

Bundesanstalt für Wasserbau
Hamburg, März 2019

<keine Unterschrift>



Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe
Tel. +49 (0) 721 97 26-0 · Fax +49 (0) 721 97 26-45 40

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg
Tel. +49 (0) 40 81 908-0 · Fax +49 (0) 40 81 908-373

www.baw.de