



Sachbericht zum Verwendungsnachweis TEIL I - Kurzbericht

sea4soCiety-1

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

August 2021 - Juli 2024

Zuwendungsempfänger: GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Förderkennzeichen: 03F0896C

Vorhabenbezeichnung: sea4soCiety

Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2021 – 31.07.2024

Datum: 31. Jan. 2025



1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

GEOMAR war an drei Arbeitspaketen (work packages, WPs) des sea4soCiety-Projekts beteiligt. In **WP1** sollten Sedimentkerne aus Küstengebieten der Nord- und Ostsee genommen werden, um die Akkumulation von organischem Kohlenstoff (OC) in Oberflächensedimenten mit und ohne Vegetationsbedeckung zu quantifizieren. Damit sollte erfasst werden, wieviel Kohlendioxid (CO₂) durch die Küstenvegetation fixiert und langfristig im Sediment gebunden wird. In **WP5** wurde untersucht, wieviel des sedimentären OC bei der Aufwirbelung von Sedimenten durch Bodenströmungen und die Fischerei mikrobiell abgebaut wird, so dass gebundenes CO₂ wieder in die Atmosphäre freigesetzt wird. In **WP6** sollten schließlich Erdsystemmodelle verwendet werden, um die CO₂-Aufnahme in der globalen Küstenvegetation und die Auswirkungen dieser Küstenökosysteme auf den CO₂-Gehalt der Atmosphäre abzuschätzen.

Der Stand der Forschung deutete zu Projektbeginn daraufhin, dass die OC-Akkumulationsraten in vegetationsbedeckten Sedimenten generell sehr hoch sind (Duarte & Krause-Jensen, 2017; McLeod et al., 2011). Allerdings war die Datenbasis für die deutschen Küstengebiete in der Nord- und Ostsee unzureichend, so dass keine klaren Aussagen zur CO₂-Bilanz dieser Ökosysteme möglich waren.

2. Ablauf des Vorhabens

WP1: GEOMAR nahm an insgesamt 6 Expeditionen in die deutschen Küstengebiete der Nord- und Ostsee teil, um Sedimentkerne zu bergen. Dabei wurden Seegraswiesen, Salzmarschen und benachbarte Gebiete ohne Vegetationsbedeckung beprobt. Die Sedimente werden anschließend mithilfe von Radioisotopen-Messungen (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs) datiert und chemisch analysiert, um die sedimentären OC-Akkumulationsraten zu bestimmen.

WP5: In einer Reihe von Laborexperimenten wurden Oberflächensedimente, die an der deutschen Ostseeküste geborgen wurden, in Ostseewasser suspendiert, um den beschleunigten OC-Abbau bei der Aufwirbelung von Sedimenten zu verfolgen und die CO₂-Freisetzung zu quantifizieren.

WP 6: Zunächst wurden die Daten zu den weltweit vorkommenden Küstengebieten mit Vegetationsbedeckung (Seegraswiesen, Salzmarschen, Mangroven) zusammengetragen und analysiert. Auf Basis dieser Daten wurden diese Küstengebiete in das Erdsystemmodell FOCI eingebunden, um die CO₂-Aufnahme in den vegetationsbedeckten Sedimenten zu simulieren und zu untersuchen, ob der CO₂-Partialdruck in der Atmosphäre (pCO₂) durch diese Küstenökosysteme signifikant beeinflusst wird. In verschiedenen Modellszenarien wurde zudem analysiert, ob die pCO₂-Werte durch eine Vergrößerung dieser Gebiete verringert werden könnten.

3. Wesentlichen Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

WP1: Die OC-Akkumulationsraten (AOC) in den Küstensedimenten der deutschen Nord- und Ostsee konnten in insgesamt 13 Sedimentkernen bestimmt werden. Anschließend wurden für jeden Vegetationstyp Mittelwerte mit den zugehörigen Standardabweichungen berechnet. Für die Nordsee wurden dabei die folgenden AOC-Werte (in $\text{g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) ermittelt: ohne Vegetation: 43 ± 5 (3), Seegraswiesen: 60 ± 25 (3), Salzmarschen: 89 ± 18 (3). Die Zahl in Klammern gibt dabei die Anzahl der datierten Sedimentkerne an. Für die Ostsee gilt entsprechend: ohne Vegetation: 14 (1), Seegraswiesen: 25 (1), Salzmarschen: 141 ± 30 (2).

Die AOC-Werte waren in den Salzmarschen und Seegraswiesen der Nord- und Ostsee deutlich höher als in den angrenzenden Gebieten ohne Küstenvegetation. Dabei konnten einige Sedimentkerne aus den Seegraswiesen der Ostsee aufgrund der hohen Sandgehalte und starken Durchmischung nicht datiert werden. Insgesamt zeigt der in WP1 erhobene Datensatz, dass die OC-Akkumulation und CO_2 -Aufnahme in Salzmarschen deutlich erhöht ist während für Seegraswiesen eine geringere Erhöhung gefunden wurde. Es scheint also zielführend zu sein, vor allem die Salzmarschen zu schützen und auszubauen, um die CO_2 -Aufnahme in den deutschen Küstenökosystemen aufrechtzuerhalten und ggfs. zu erhöhen.

WP5: Die Suspensionsexperimente zeigten, dass der mikrobielle OC-Abbau durch die Suspendierung von Sedimenten in sauerstoffhaltigem Ostseewasser nur wenig erhöht wird. Gleichzeitig wurden jedoch, besonders bei schlickigen Sedimenten, hohe Pyrit-Oxidationsraten beobachtet. Da bei diesem Prozess Säure freigesetzt wird, kann die Pyritoxidation signifikante CO_2 -Emissionen induzieren. Es scheint daher sinnvoll zu sein, die bodenberührende Fischerei in Schlickablagerungsgebieten streng zu regulieren, um die durch Schlickaufwirbelung verursachten CO_2 -Emissionen soweit wie möglich zu minimieren. In WP5 wurde eine enge Kooperation mit den Projekten APOC (BMBF) und KomSo (BfN) aufgebaut, in denen Konzepte zum Schutz von Schlickgebieten erarbeitet werden.

WP6: Die Modellergebnisse zeigten, dass die OC-Akkumulation und CO_2 -Aufnahme in Küstensedimente mit Vegetationsbedeckung nur einen sehr geringen Einfluss auf die atmosphärischen pCO_2 -Werte haben. Dementsprechend führt ein Ausbau dieser Ökosysteme nur zu geringen pCO_2 -Rückgängen. Ein kleiner aber signifikanter Effekt kann nur dann erzielt werden, wenn die anthropogenen CO_2 -Emissionen gleichzeitig stark reduziert werden, um die globale Erwärmung auf weniger als 2°C zu begrenzen.

TEIL II - Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung sowie die erzielten Ergebnisse im Einzelnen

WP1: OC Akkumulationsraten in Küstensedimenten

In insgesamt 6 Küstengebieten der Nord- und Ostsee wurden Sedimentkerne genommen, um die Akkumulationsraten von organischem Kohlenstoff in Oberflächensedimenten zu bestimmen (s. Abb. 1). Dabei wurden, falls möglich, jeweils Seegraswiesen und Salzmarschen und angrenzende Gebiete ohne Vegetationsbedeckung beprobt.

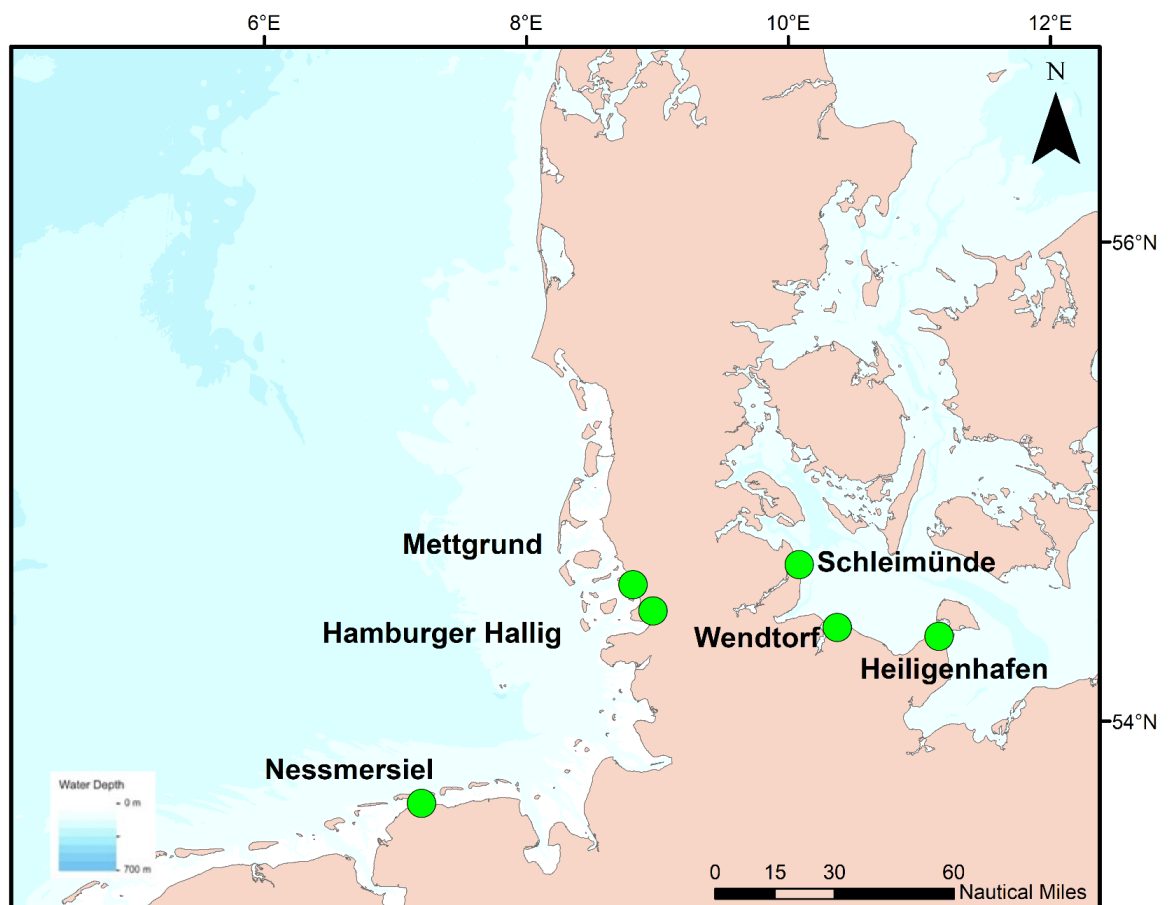


Abb.1 Untersuchungsgebiete in WP1

Die Kerne aus den trockenfallenden Küstengebieten der Nordsee und den Salzwiesen der Ostsee wurden bei Ebbe (Niedrigwasser) mithilfe eines Handbohrgeräts genommen. Dabei wurden 1 Meter lange Sedimentkerne geborgen. In den auch bei Niedrigwasser mit Wasser bedeckte Seegraswiesen und Gebieten ohne Vegetation der Ostsee wurden die Kerne entweder vom Schiff aus mithilfe von Kerngeräten oder von Tauchern genommen.

Die so gewonnenen Kerne wurden am GEOMAR in 2 - 5 cm mächtigen Tiefenintervallen beprobt. In diesen Proben wurden die Aktivitäten der Radioisotope ^{210}Pb und ^{137}Cs , die Wassergehalte (Porosität) und die Konzentrationen an organischem Kohlenstoff (OC) bestimmt. Die Tiefenprofile der Radioisotope und der Porosität wurden anschließend ausgewertet, um die Sedimente zu datieren und die Sedimentakkumulationsraten zu berechnen (in g Trockensubstanz pro m^2 Meeresboden und Jahr). Aus diesen Massenakkumulationsraten und den OC-Konzentrationen (in g C pro g Trockensubstanz) wurden dann die OC-Akkumulationsraten (AOC) berechnet (in g C pro m^2 Meeresboden und Jahr).

In den Nordseegebieten konnte die AOC-Werte an allen Stationen bestimmt werden (s. Tab. 1). An den Ostseestationen war das nicht immer möglich. Die Wetterbedingungen waren so schlecht, dass im Schleimünde-Gebiet nur die Salzmarschen beprobt werden konnten. Im Wendtorf-Gebiet konnten nur sehr kurze und sandige Sedimentkerne geborgen werden (weniger als 10 cm Länge), so dass eine Datierung nicht möglich war (s. Tab. 1, n.d.).

Tab. 1. Akkumulationsraten von organischem Kohlenstoff in Küstensedimenten ($\text{g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$)

	Ohne Vegetation	Seegraswiesen	Salzmarschen
Nordsee			
Nessmersiel	38	32	109
Hamburger Hallig	47	74	79
Mettgrund	44	75	78
Ostsee			
Schleimünde	n. d.	n. d.	120
Wendtorf	n. d.	n. d.	n. d.
Heiligenhafen	14	25	163

Insgesamt bestätigen die in WP1 erhobenen Daten, dass auch an den deutschen Küsten die OC-Akkumulation in Oberflächensedimenten durch die Küstenvegetation signifikant erhöht wird.

Für die Nordsee konnte, aufgrund der relativ guten Datenlage, die OC-Akkumulation in den Seegraswiesen und Salzmarschen entlang der deutschen Küstengebieten abgeschätzt werden. Dazu wurden die entsprechenden vom BfN angegebenen Flächen (Seegraswiesen: 192 km^2 , Salzmarschen: 197 km^2) verwendet (Koplin et al., 2024). Um den Beitrag der Vegetation zur OC-Akkumulation abzuschätzen, wurden von den mittleren OC-Akkumulationsraten in Seegraswiesen ($60 \pm 25 \text{ g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) und Salzmarschen ($89 \pm 18 \text{ g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) die Akkumulationsrate in den angrenzenden Gebieten ohne Vegetationsbedeckung abgezogen ($43 \pm 5 \text{ g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$). Diese Differenzen wurden dann mit den jeweiligen Flächen multipliziert. Auf diese Weise wurde die durch die lokale Vegetation verursachte OC-Akkumulationsrate in Seegraswiesen der deutschen Nordsee als ca. 3264 Tonnen OC pro Jahr abgeschätzt. Für die Salzmarschen resultiert ein höherer Wert von ca. 8832 Tonnen OC pro Jahr. Beide Werte sind und mit hohen Fehlern behaftet (ca. ± 5000 Tonnen OC pro Jahr). Zudem müssen sie als Minimalabschätzungen gewertet werden, da der OC-Export aus den Vegetationsgebieten in andere Bereiche der Nordsee nicht berücksichtigt wurde. Dennoch

weisen sie daraufhin, dass die Vegetation nur einen geringen Beitrag zur OC-Akkumulation in Nordseesedimenten leistet, die im Wesentlichen in den Schlickablagerungsräumen fern der Küsten stattfindet (z.B. Skagerrak) und beckenweit bei ca. 1.43 Millionen Tonnen OC pro Jahr liegt (Diesing et al., 2021).

WP5: CO₂-Freisetzung bei der Aufwirbelung von Küstensedimenten

Es wurden insgesamt 6 Experimente durchgeführt, um festzustellen wieviel CO₂ bei der Aufwirbelung von Oberflächensedimente aus 0 - 10 cm Sedimenttiefe freigesetzt werden kann. Dabei wurden Küstensedimente der Ostsee verwendet, die in den Gebieten Heiligenhafen (ohne Vegetation), Aschau (Seegraswiese) und Eckernförder Bucht (ohne Vegetation) geborgen wurden. Diese Sedimente wurden in natürlichem Ostseewasser suspendiert, das an den jeweiligen Stationen genommen wurde. Dabei wurde jeweils ein Suspensionsexperiment mit sauerstoffhaltigem und mit sauerstofffreiem Wasser durchgeführt. In jedem dieser Experimente wurde die Änderung der Wasserzusammensetzung über einen Zeitraum von ca. 30 Tagen verfolgt. Anhand der chemischen Daten (Konzentrationen von gelöstem Sauerstoff, Nitrat, anorganischem Kohlenstoff, Alkalinität, Sulfat, Calcium) konnten die OC-Abbauraten, die Raten der Pyritoxidation und der Karbonatlösung unter aeroben und anaeroben Bedingungen quantifiziert werden.

Die Auswertung der Daten bestätigte, dass die OC-Abbauraten in Gegenwart von Sauerstoff höher sind als unter anaeroben Bedingungen. Allerdings wurde nur eine geringe Erhöhung der Abbauraten beobachtet, die nur zu geringfügigen CO₂-Freisetzungen führt. Gleichzeitig wurde beobachtet, dass der im Sediment vorliegende Pyrit in Gegenwart von Sauerstoff sehr viel schneller oxidiert als die organische Substanz. Bei diesem Prozess werden große Mengen an Säure freigesetzt, die zu einer starken Versauerung des Wassers führt, wodurch große CO₂-Mengen in die Atmosphäre freigesetzt werden können. Das gilt vor allem für die feinkörnigen und schlickigen Sedimente, die in den Stillwasserbereichen der Ostsee abgelagert werden (z.B. Eckernförder Bucht), da sie besonders hohe Pyritgehalte aufweisen. Die Ergebnisse dieser Experimente wurden in einem Manuskript zusammengefasst, das bei der Zeitschrift Nature Communications Earth & Environment zur Publikation eingereicht wurde. Vor kurzem wurde dieses Manuskript zur Veröffentlichung angenommen, so dass mit einer baldigen Publikation gerechnet werden kann. Die bisherigen Arbeiten zeigten, dass durch die fischerei-induzierte Aufwirbelung von Sedimenten nur relativ wenig CO₂ freigesetzt wird (Zhang et al., 2024). Dabei wurde nur die Beschleunigung des OC-Abbaus berücksichtigt. Die Arbeiten in WP5 zeigen jedoch, dass durch die Pyritoxidation ca. zehnmal mehr CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt wird, als durch den aeroben OC-Abbau. Die in WP5 durchgeführten experimentellen Arbeiten werden daher wahrscheinlich zu einer Neubewertung der bodenberührenden Fischerei führen.

WP 6: Modelle und Szenarien

Zunächst wurden auf Basis der verfügbaren Datensätze die Karten mit der geographischen Verteilung von Küstengebieten mit Vegetationsbedeckung (CVE: coastal vegetated ecosystems) erstellt. Da die Auflösung des verwendeten Erdsystemmodells FOCI nicht fein

genug ist, um diese Gebiete aufzulösen, wurde für jede Gitterzelle an der Küste auf Basis der Daten definiert, welcher Anteil der im Modell abgebildeten Küstenfläche mit Vegetation bedeckt ist. Diese Anteile variieren je nach Lokation zwischen 0 (keine Vegetation) und 1 (vollständige Vegetationsbedeckung). Zudem wurde für jede dieser Gitterzellen definiert, welcher Vegetationstyp vorherrscht (Mangroven, Salzmarschen, Seegraswiesen), um dann die Anteile der Flächen zu berechnen, die von dem jeweiligen Vegetationstyp bedeckt sind (F_c). Weiterhin wurde den unterschiedlichen Vegetationstypen eine charakteristische sedimentäre Akkumulationsrate (AOC) zugeordnet, die aus der verfügbaren Literatur abgeleitet wurde:

Seegraswiesen:	42 g C m ⁻² yr ⁻¹
Salzmarschen:	245 g C m ⁻² yr ⁻¹
Mangroven:	184 g C m ⁻² yr ⁻¹

Der AOC-Wert für die Seegraswiesen liegt in dem Bereich, der auch an der deutschen Nord- und Ostseeküste beobachtet wurde (Tab. 1). Der AOC-Wert für die Salzmarschen ist dagegen deutlich höher als der in Tab. 1 angegebene Wertebereich. Die flächenintegrierte OC-Akkumulation (FOC, in g yr⁻¹) wurde dann für jeden Vegetationstyp wie folgt berechnet:

$$FOC = AOC F_c A_c$$

Dabei ist die A_c die Meeresbodenfläche in der betrachteten Gitterzelle. Die globale Akkumulation wurde schließlich als Summe der FOC-Werte bestimmt. Bei der Interpretation der WP6-Ergebnisse sollte berücksichtigt werden, dass nur die OC-Akkumulation in den vegetationsbedeckten Küstensedimenten bilanziert wurde. Der OC-Export in benachbarte Meeresgebiete und in den offenen Ozean wurde nicht berücksichtigt. Die im folgenden vorgestellten Ergebnisse sollten daher als Minimalabschätzungen gewertet werden.

Mit diesem Ansatz wurden zunächst zwei Simulationen mit dem FOCI-Modell am Supercomputer HLRN in Berlin durchgeführt, bei denen die Entwicklung der atmosphärischen pCO₂-Werte für den Zeitraum von 1850 bis 2014 berechnet wurde. Im ersten dieser Modellläufe wurde die Küstenvegetation vernachlässigt ($F_c = 0$ für alle Gitterpunkte), während im zweiten Modelllauf die oben definierte Küstenvegetation eingeführt wurde. Damit sollte untersucht werden, ob die Küstenvegetation einen signifikanten Einfluss auf die globalen pCO₂-Werte hat. Die Ergebnisse zeigten, dass nur für den Zeitraum bis zum Jahr 1950 ein kleiner aber signifikanter Effekt nachweisbar ist. Nach 1950 wurden die pCO₂-Werte so stark durch die anthropogenen Emissionen überprägt, dass der Einfluss der Küstenvegetation nicht mehr nachweisbar war. Diese Simulationsergebnisse zeigen, dass die globale Küstenvegetation nur einen sehr geringen Einfluss auf den CO₂-Gehalt der Atmosphäre hat.

Anschließend wurden 8 weitere Simulationen mit dem FOCI-Modell für den Zeitraum von 2015 bis 2100 durchgeführt. Dabei wurden die pCO₂-Werte zunächst ohne Vegetationsbedeckung und mit heutiger Bedeckung berechnet. In zwei zusätzlichen

Simulationen wurde dann die Vegetationsfläche um 30 % und 400 % erhöht, um beurteilen zu können, ob der zukünftige Anstieg der atmosphärische pCO₂ durch den Ausbau der Küstenvegetation begrenzt werden kann. Da der Einfluss der Küstenvegetation auch von den Klimabedingungen abhängt ist, wurden diese Simulationen für jeweils zwei unterschiedliche IPCC-Szenarien (Shared Socioeconomic Pathways, SPPs) durchgeführt:

SSP1-2.6: Die Erwärmung wird durch Emissionsreduktion und globale Kooperation auf 2°C begrenzt.

SSP3-7.0: Die Emissionen werden kaum begrenzt, so dass die globale Temperatur um 4°C ansteigt.

Die Ergebnisse dieser Simulationen sind in der folgenden Abbildung dargestellt (Abb. 2).

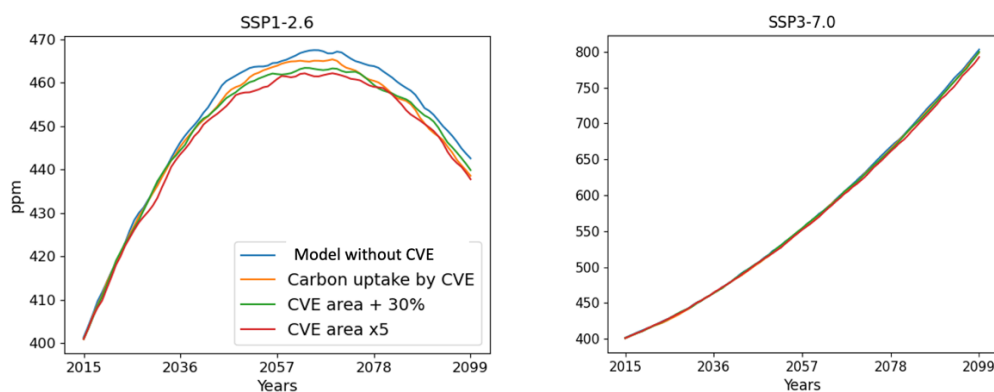


Abb. 2: Einfluss der Küstenvegetation (CVE) auf die Entwicklung der atmosphärischen pCO₂-Werte (in ppm).

Die Ergebnisse bestätigen, dass die heutige Küstenvegetation nur einen geringen Einfluss auf die Entwicklung der pCO₂-Werte hat (Verringerung des pCO₂-Anstiegs um maximal 2 ppm). Durch den Ausbau der Küstenvegetation kann dieser Effekt etwas verstärkt werden (um maximal 5 ppm), wenn die anthropogenen Emissionen gleichzeitig stark vermindert werden, so dass der globale Temperaturanstieg auf 2°C begrenzt wird (SSP1-2.6). Ohne aktive Klimapolitik (SSP3-7.0) kann selbst mit einer Vergrößerung der Vegetationsfläche um den Faktor 5 kein signifikanter Einfluss auf die zukünftigen pCO₂-Werte erzielt werden.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der bei weitem überwiegende Teil der Projektmittel wurde für das im Projekt beschäftigte Personal eingesetzt. Diese Mittel wurden wie geplant verausgabt. Bei den Sachmittel konnte Geld eingespart werden, da ein Teil der Radioisotopenanalysen von einem Partnerinstitut in Taiwan im Rahmen einer wissenschaftlichen Kooperation durchgeführt wurde, ohne dass dafür Projektmittel eingesetzt werden mussten. Daher wurden die Sachmittel nicht vollständig ausgegeben. Geringfügige Umwidmungen von Mitteln fanden in enger Abstimmung mit dem PtJ und der GEOMAR Drittmittelabteilung statt. Die Details sind dem Zahlungsnachweis zu entnehmen.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Alle in der Vorhabenbeschreibung von GEOMAR genannten Projektziele wurden erreicht. Die Arbeiten wurden dabei wie geplant durchgeführt.

4. Voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die in **WP1** gewonnen Daten und Erkenntnisse bieten eine wichtige Basis für die Bewertung der CO₂-Aufnahmefähigkeit von mit Vegetation bedeckten Küstengebieten und Sedimenten in der deutschen Nord- und Ostsee. Sie werden dabei helfen, die Klimawirksamkeit von möglichen Maßnahmen, wie Schutz und Ausbau der Küstenvegetation, realistischer als bisher einschätzen zu können. Die WP1-Ergebnisse sind besonders für zukünftige maritime Projekte relevant, die im Rahmen des Aktionsplan Natürlicher Klimaschutz (ANK) der Bundesregierung durchgeführt werden sollen.

Mit den in **WP5** gewonnen Erkenntnissen können die durch die bodenberührende Fischerei verursachten CO₂-Emissionen wesentlich besser eingeschätzt werden als bisher. Das ist besonders für das KomSo-Projekt und weitere ANK-Projekte von Bedeutung, in denen die Klimaeffekte der Fischerei und mögliche Handlungsoptionen, wie z.B. der Schutz von Schlickgebieten, bewertet werden sollen.

Die Arbeiten im **WP6** zur CO₂-Aufnahme in den globalen Küstengebieten ist für die CDRmare-Mission der DAM und andere Projekt wichtig, in denen verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der CO₂-Aufnahmefähigkeit der Meere und des Meeresbodens untersucht und bewertet werden.

5. Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Nach unserem Kenntnisstand wurden während der Projektlaufzeit an anderen Stellen keine wesentlichen Erkenntnisse gewonnen, die für unsere Arbeiten von unmittelbarer Bedeutung waren.

6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Zur Veröffentlichung eingereichte Publikationen:

Kalapurakkal, H. T., Dale, A. W., Schmidt, M., Taubner, H., Scholz, F., Wolschke, H., M., Fuhr., & Wallmann, K. (accepted with minor revisions). Bottom trawling of muddy sediments enhances pyrite oxidation and carbon dioxide emissions. *Communications Earth and Environment*

Geplante Publikationen:

Kalapurakkal. et al. Quantification of carbon burial rates in coastal vegetated ecosystems of the German North Sea.

Kalapurakkal. et al. Quantification of carbon burial rates in coastal vegetated ecosystems of the German Baltic Sea.

Parametrization of coastal vegetated ecosystems in Earth system models and assessment of their potential for CDR.

Vorträge:

Biogeochemical Processes Triggered by Sediment Resuspension in Coastal Blue Carbon Ecosystems - Vortrag bei der Ocean Science Meeting Konferenz in New Orleans im Februar 2024.

Master- und Doktorarbeiten:

Masterarbeit von Ardhendu Sekhar Moharana – „Using ^{210}Pb , ^{137}Cs and grain size distributions to reconstruct sedimentation rates and deposition patterns in the Wadden Sea (2024)

Die Dissertation von Habeeb Thanveer Kalapurakkal wird im Sommer 2025 fertiggestellt.

Literaturquellen, die in diesem Bericht zitiert/benutzt wurden

Diesing, M., Thorsnes, T., & Bjarnadottir, L. R. (2021, Mar). Organic carbon densities and accumulation rates in surface sediments of the North Sea and Skagerrak [Article]. *Biogeosciences*, 18(6), 2139-2160. <https://doi.org/10.5194/bg-18-2139-2021>

Duarte, C. M., & Krause-Jensen, D. (2017). Export from Seagrass Meadows Contributes to Marine Carbon Sequestration. *Frontiers in Marine Science*, 4, Article 13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00013>

Koplin, J., Peter, C., & Pogoda, B. (2024). *Blue-Carbon-Potenziale der deutschen Nord- und Ostsee. Status und Trends vor dem Hintergrund des Klimaschutzes*. <https://doi.org/10.19217/skr699>

McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Bjork, M., Duarte, C. M., Lovelock, C. E., Schlesinger, W. H., & Silliman, B. R. (2011, Dec). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂ [Review]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560. <https://doi.org/10.1890/110004>

Zhang, W., Porz, L., Yilmaz, R., Wallmann, K., Spiegel, T., Neumann, A., Holtappels, M., Kasten, S., Kuhlmann, J., Ziebarth, N., Taylor, B., Ho-Hagemann, H. T. M., Bockelmann, F.-D., Daewel, U., Bernhardt, L., & Schrum, C. (2024, 2024/10/28). Long-term carbon storage in shelf sea sediments reduced by intensive bottom trawling. *Nature Geoscience*. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01581-4>