

Climate-Focus-Paper

Zusammenfassung

Kohlenstoffspeicherung in Nord- und Ostsee

Teil 2: Kohlenstoffspeicher und -flüsse unter dem Einfluss des Klimawandels und anthropogener Störungen

Satellite image, view of the North Sea. Pictures: ESA/Hereon/KOF

Dieses Fact Sheet fasst die Hauptaussagen des Climate Focus Papers „Carbon storage in the North and Baltic Seas. Part 2: Carbon pools and fluxes under climate change impacts and anthropogenic pressures“ zusammen, welches im Rahmen des CARBOSTORE-Projektes (Carbon Storage in German Coastal Seas, <http://www.carbostore.de>) entstand. Es stellt mögliche Veränderungen der Kohlenstoffspeicher in Nord- und Ostsee unter dem Einfluss von Klimawandel und anthropogenen Störungen überblicksartig dar (siehe auch Abbildung 1). Das erste Climate Focus Paper beschreibt die wichtigsten Kohlenstoffspeicher und -flüsse in Nord- und Ostsee, wobei der Schwerpunkt auf der Kohlenstoffspeicherung in der Wassersäule und im Sediment liegt. Alle Literaturquellen sind in dem dieser Zusammenfassung zugrunde liegenden Climate Focus Paper (Part 2) zu finden.

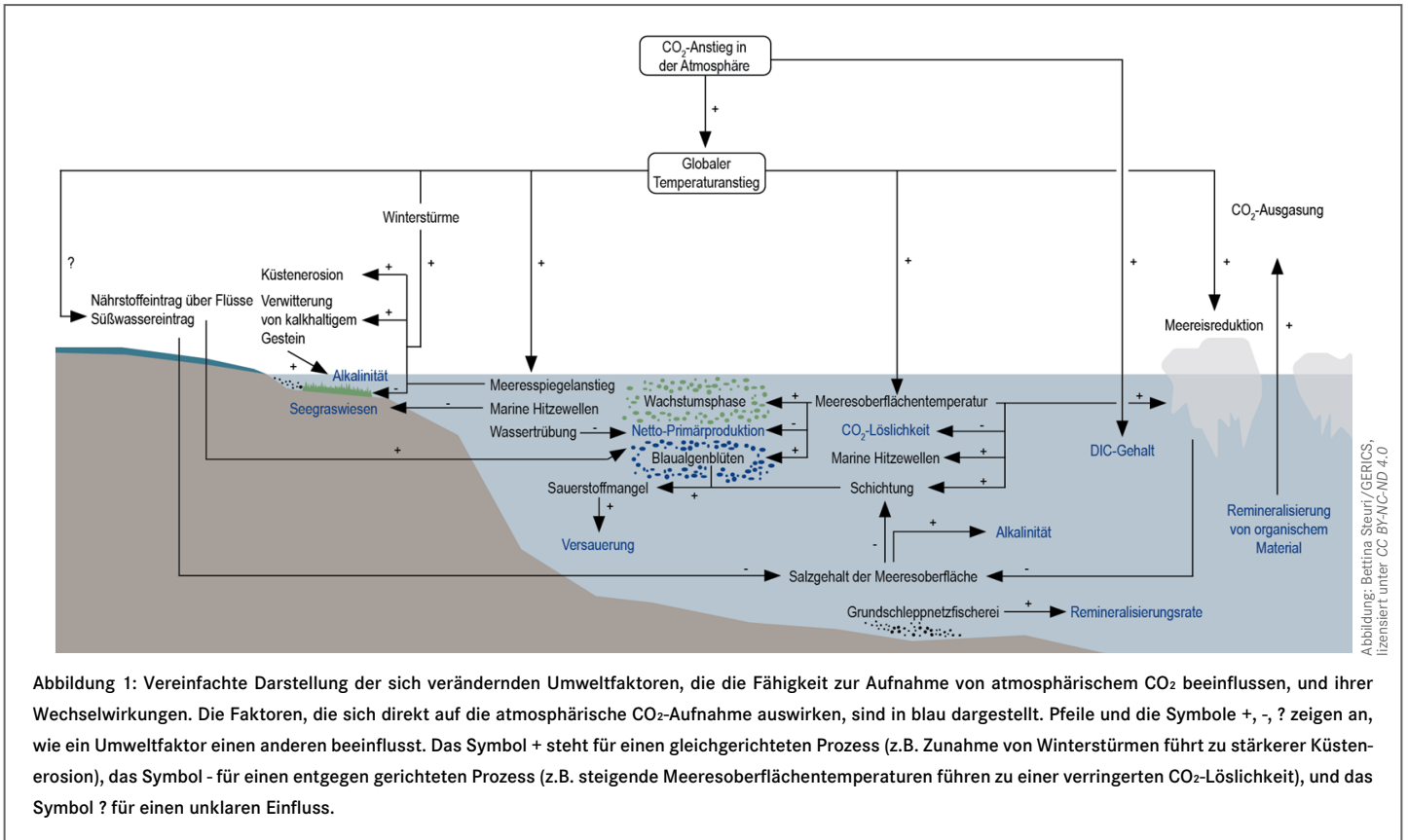
Die Hauptursache für die Veränderung der Kohlenstoffspeicher in der Wassersäule von Nord- und Ostsee ist die steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, wodurch CO₂ ins Wasser gedrückt wird. Steigende Meeresoberflächentemperaturen verringern jedoch die Aufnahmekapazität für atmosphärisches CO₂.

Anthropogene CO₂-Emissionen lassen den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre ansteigen. Die Meere nehmen jedoch große Mengen davon auf und wirken so als Puffer, was die globale Erwärmung verlangsamt. Mit zunehmender CO₂-Aufnahme (und der dadurch ansteigenden Versauerung) verringert sich jedoch diese Pufferwirkung. Steigende Meeresoberflächentemperaturen führen zu einer verringerten CO₂-Aufnahmefähigkeit, da die Löslichkeit von CO₂ in Wasser temperaturabhängig ist. Für die Nordsee wird bis zum Ende des 21. Jh. ein Anstieg der Meeresoberflächentemperatur zwischen 0,6 °C und 2,9 °C und für die Ostsee zwischen 1,4 °C und 4 °C vorhergesagt (im Vergleich zum Zeitraum 1991-2020), je nachdem, ob ein niedriges oder hohes Emissionsszenario zugrunde liegt. Steigende Was-

sertemperaturen fördern über die Wasserlöslichkeit von CO₂ hinaus Prozesse, die mehrheitlich wiederum die CO₂-Aufnahmekapazität des Wassers reduzieren. Beispiele für diese Prozesse sind eine verstärkte Schichtung von oberflächennahem Wasser und dadurch meist verringerte Primärproduktion sowie Sauerstoffmangel. Ein weiteres Beispiel ist der Rückgang des Meereises in der nördlichen Ostsee, wodurch das Ausgasen von CO₂ verstärkt werden könnte.

Für die Nord- und Ostsee wird im 21. Jh. ein Rückgang des Salzgehalts vorhergesagt. Ein geringerer Salzgehalt wird zu einer geringeren Aufnahmekapazität für atmosphärisches CO₂ führen.

Der Salzgehalt der Nordsee wird im 21. Jahrhundert aufgrund des sinkenden Salzgehalts des einfließenden Atlantikwassers voraussichtlich abnehmen. Klimaszenarien zeigen für die Ostsee nur minimale Änderungen in der Zukunft, deshalb wird dessen Einfluss auf die Kohlenstoffdynamik auch sehr gering sein. Im Allgemeinen führt die Entsalzung zu einer Verringerung der CO₂-Aufnahmekapazität.



Der Bau von Offshore-Windparks in weiten Teilen der westlichen Ostsee könnte zusätzlich zu einem Rückgang des Salzgehaltes in Meeresbodennähe führen, da der sporadische Zustrom von salzigem und sauerstoffreichem Wasser aus der Nordsee behindert wird.

Der Anstieg des Meeresspiegels wirkt sich unterschiedlich auf die Fähigkeit der Meere aus, atmosphärisches CO₂ aufzunehmen. Für die Nordsee werden 60–70 cm Meeresspiegelanstieg bis 2100 erwartet (hohes Emissionsszenario). Im Wattenmeer kann dies hohe Fluten begünstigen. Die Folgen sind verstärkte Erosion, die zusätzlichen terrestrischen Kohlenstoff ins Meer transportiert, was durch Remineralisierung zu mehr anorganischem Kohlenstoff im Wasser führt. Dies verringert letztlich die Aufnahmefähigkeit von atmosphärischem CO₂. In der Ostsee wird aufgrund der noch andauernden Hebung der umgebenden Landmassen seit Ende der letzten Eiszeit ein geringerer (oder sogar negativer) Meeresspiegelanstieg von -20 cm im Norden bis 60 cm im Süden erwartet (hohes Emissionsszenario). Der Meeresspiegelanstieg wird deshalb im Norden einen eher geringen Einfluss auf die Kohlenstoffspeicherung haben. Im Süden führt er zu teilweise gegenläufigen Prozessen hinsichtlich der CO₂-Aufnahmefähigkeit aus der Atmosphäre. Die durch den Meeresspiegelanstieg verstärkte Küstenerosion wird die Verwitterung karbonathaltigen Gesteins begünstigen. Die daraus resultierende stärkere Aufnahmekapazität von atmosphärischem CO₂ könnte ein dominanter Faktor sein.

Die zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeiten in der Nordsee- und Ostseeregion kann unterschiedliche Folgen für die marine Kohlenstoffspeicherung haben.

Modellerggebnisse sagen für die Nordseeregion eine abnehmende durchschnittliche Windgeschwindigkeit für die Zukunft voraus, jedoch eine leichte Zunahme der Winterstürme. Für die Ostsee gibt es große Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Veränderung der Windgeschwindigkeiten; jedoch wird auch hier eine Zunahme extremer Windgeschwindigkeiten, vor allem im Winter, erwartet. Die Verlängerung der sommerlichen Wachstumsphase des Phytoplanktons aufgrund geringerer Windgeschwindigkeiten wird die Aufnahme von atmosphärischem CO₂ erhöhen. Die prognostizierte Zunahme von Winterstürmen kann jedoch zu verstärkter Erosion von Küstenlebensräumen und zu verringerter Kohlenstoffspeicherung, z.B. in Seegraswiesen, führen.

Eine zunehmende Wassertrübung in Nord- und Ostsee könnte zu einem Rückgang der Phytoplanktonproduktion und der CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre führen.

Seit den 1950er Jahren hat die Wassertrübung in der zentralen und südlichen Nordsee deutlich zugenommen, in der Ostsee aufgrund des hohen Anteils terrestrischer organischer Substanz im Brackwasser noch stärker. Die Zunahme der Wassertrübung in der Nordsee ist unter anderem auf eine erhöhte Schwebstoffkonzentration zurückzuführen, die durch Veränderungen der Lebensgemeinschaften am Meeresboden und der Wettermuster, einen verstärkten

Export aus den südöstlichen englischen Ästuaren und eine verstärkte Küstenerosion verursacht wird. Eine prognostizierte Zunahme der Sturmstärke wird die Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule weiter erhöhen und damit die Trübung verstärken. Dies könnte zu einem Rückgang der Phytoplanktonproduktion und der Aufnahme von atmosphärischem CO₂ führen.

Die anthropogenen Nährstoffeinträge durch Flüsse sind in den letzten Jahrzehnten in beiden Meeren zurückgegangen. Modellsimulationen mit stark rückläufigen Nährstoffeinträgen zeigen eine langfristige Zunahme des gelösten anorganischen Kohlenstoffs in der Ostsee, während sich in der Nordsee die Kohlenstoffspeicher kaum verändern.

Sehr hohe Nährstoffeinträge in die Meere beeinflussen die Kohlenstoffspeicherkapazität, z.B. durch Erhöhung der Primärproduktion, was andererseits jedoch zu Eutrophierung und Sauerstoffmangel führen kann. Die Flusseinträge von Nitrat und Phosphat sind aber aufgrund verschiedener Maßnahmen seit Jahrzehnten rückläufig. CARBOSTORE-Modellsimulationen mit stark reduzierten Nährstoffeinträgen zeigen keine wesentliche Veränderung des Kohlenstoffgehalts im Nordseewasser, während in der Ostsee der anorganische gelöste Kohlenstoff im Wasser erhöht ist, was, zumindest kurzfristig, die Aufnahmefähigkeit für atmosphärisches CO₂ reduziert. Es wird angenommen, dass diese Effekte auch in der Zukunft auftreten werden. Langfristig könnte eine signifikante Nährstoffreduktion in der Ostsee die CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre jedoch verstärken, da sauerstoffarme Gebiete abnehmen könnten.

Für die nördliche Ostsee wird ein zunehmender Süßwassereintrag vorhergesagt, wodurch sich ihre Fähigkeit zur Aufnahme von atmosphärischem CO₂ verringert.

Bedingt durch sich verändernde Niederschlags- und Verdunstungsmuster aufgrund des Anstiegs der Lufttemperaturen wird insbesondere für die nördliche Ostsee ein erhöhter Süßwassereintrag über die Flüsse erwartet. Dadurch wird der Eintrag von organischem Material aus terrestrischen Quellen zunehmen, was die bakterielle Remineralisierung und damit die Bildung von anorganischem Kohlenstoff anregt, der als CO₂ in die Atmosphäre entweichen kann.

Die Grundschieppnetzfisherei verringert die Fähigkeit der Meere, atmosphärisches CO₂ zu absorbieren.

Studien haben gezeigt, dass in den letzten zwei Jahrzehnten weltweit mehr als 0,34–0,37 Gt CO₂ pro Jahr durch die Grundschieppnetzfisherei in die Atmosphäre freigesetzt wurden. Dies entspricht etwa 1% der jährlichen globalen CO₂-Emissionen. Die Grundschieppnetzfisherei wühlt die Sedimente auf und fördert so die Remineralisierung von organischem Material, was den Gehalt an gelöstem anorganischem Kohlenstoff in der Wassersäule erhöht und letztlich die Aufnahmekapazität für CO₂ aus der Atmosphäre verringert. Im Falle der Nordsee kann es aber auch zu einem zusätzlichen Nährstoffeintrag in die Wassersäule mit zunehmender Primärproduktion führen. Dies würde die Aufnahmefähigkeit von atmosphärischem CO₂ erhöhen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Aufnahmekapazität von atmosphärischem CO₂ und die Kohlenstoffspeicherung im Meer von vielen Umweltveränderungen abhängt. Die Nordsee ist derzeit eine Senke für atmosphärisches CO₂. Steigende CO₂-Emissionen und Wassertemperaturen werden die Nordsee jedoch zu einer weniger effizienten Senke oder sogar zu einer Quelle für atmosphärisches CO₂ machen. Es ist nicht möglich, einen allgemeinen Trend für die zukünftige Entwicklung der Ostsee als Nettosenke oder -quelle für atmosphärischen Kohlenstoff zu bestimmen, da es noch viele Unsicherheiten und große regionale Unterschiede gibt.

Menschliche Einflüsse (wie steigende CO₂-Emissionen, Nährstoffeinträge durch Flüsse, Grundschieppnetzfisherei, massiver Ausbau von Windparks) führen wahrscheinlich mehrheitlich zu einer Verringerung der CO₂-Aufnahmefähigkeit der Meere. Es wird davon ausgegangen, dass natürliche Prozesse, auf die der Mensch keinen direkten Einfluss hat, dominieren werden. Dennoch müssen die anthropogenen Belastungen minimiert werden, um die Kohlenstoffspeicherkapazität der Nord- und Ostsee zu stabilisieren.