

Climate-Focus-Paper

Zusammenfassung

Kohlenstoffspeicherung in Nord- und Ostsee

Teil 1: Kohlenstoffspeicher und -flüsse



© Julia Meyer - Time-Series Station Spekerog

Dieses Fact Sheet fasst die Hauptaussagen des Climate Focus Papers „Carbon storage in the North and Baltic Seas. Part 1: Carbon pools and fluxes“ zusammen, welches im Rahmen des CARBOSTORE-Projektes (Carbon Storage in German Coastal Seas, <http://www.carbostore.de>) entstand. Es gibt einen kurzen Überblick über die wichtigsten Kohlenstoffspeicher und -flüsse in Nord- und Ostsee, wobei der Schwerpunkt auf der Kohlenstoffspeicherung in der Wassersäule und im Sediment liegt. Ein zweites Climate Focus Paper befasst sich mit möglichen Veränderungen der Kohlenstoffspeicher in Nord- und Ostsee unter dem Einfluss von Klimawandel und anthropogenen Störungen. Alle Literaturquellen sind in dem dieser Zusammenfassung zugrunde liegenden Climate Focus Paper (Part 1) zu finden.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten haben die Ozeane zwischen 20 und 30% der gesamten anthropogenen CO₂-Emissionen absorbiert.

Seit Beginn der Industrialisierung vor mehr als 150 Jahren und seither stetig steigender CO₂-Emissionen hat sich der CO₂-Anteil in der Atmosphäre um ca. 50% erhöht; Folgen sind globale Erwärmung, Klimawandel und Versauerung der Ozeane. Ozeane und Kohlenstoffspeicher an Land haben bisher ca. 60% dieses emittierten CO₂ zu ungefähr gleichen Teilen aufgenommen. Ohne diese wichtige Pufferfunktion wäre der CO₂-Anteil in der Atmosphäre heute deutlich höher, und der Klimawandel würde schneller voranschreiten. Der aus der Atmosphäre aufgenommene Kohlenstoff wird im Wasser gebunden; Teile davon werden in tiefen Ozeanschichten oder in Meeresedimenten oft über Jahrhunderte gespeichert. Ozeane übernehmen deshalb eine äußerst wichtige Funktion in der Verlangsamung des Klimawandels.

Der größte Kohlenstoffspeicher ist gelöster anorganischer Kohlenstoff in der Wassersäule von Nord- und Ostsee.

Kohlenstoff gelangt über die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre in die Meere, aber auch durch Einträge aus terrestrischen Quellen wie Flüssen. Er tritt im Wasser und den Sedimenten in organischer und anorganischer, gelöster und partikulärer Form auf (z. B. in Plankton oder als gelöstes CO₂) (Abbildung 1). Gelöster anorganischer Kohlenstoff entsteht hauptsächlich durch Gesteinsverwitterung über sehr lange Zeiträume. Im Nordseewasser ist die Konzentration von gelöstem anorganischem Kohlenstoff in den letzten 15 Jahren um ca. 2,5% gestiegen, was jedoch hauptsächlich auf die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre zurückzuführen ist. Folgen sind zunehmende Versauerung und ein Rückgang der Aufnahmefähigkeit von atmosphärischem CO₂. In der Ostsee ist der Netto-Austausch von CO₂ mit der Atmosphäre sehr gering. Dort ist eine Veränderung bis jetzt noch nicht festgestellt worden.

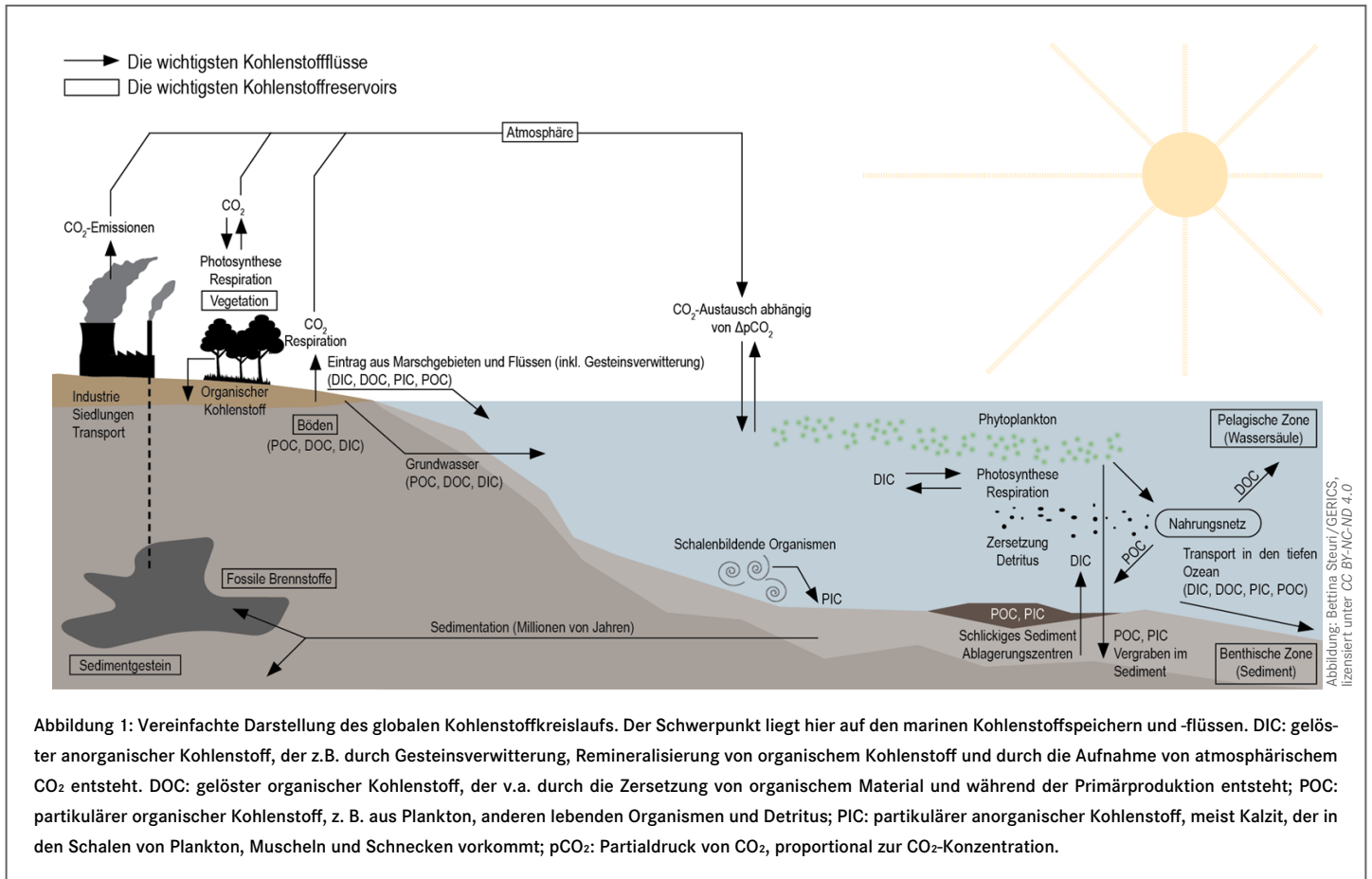


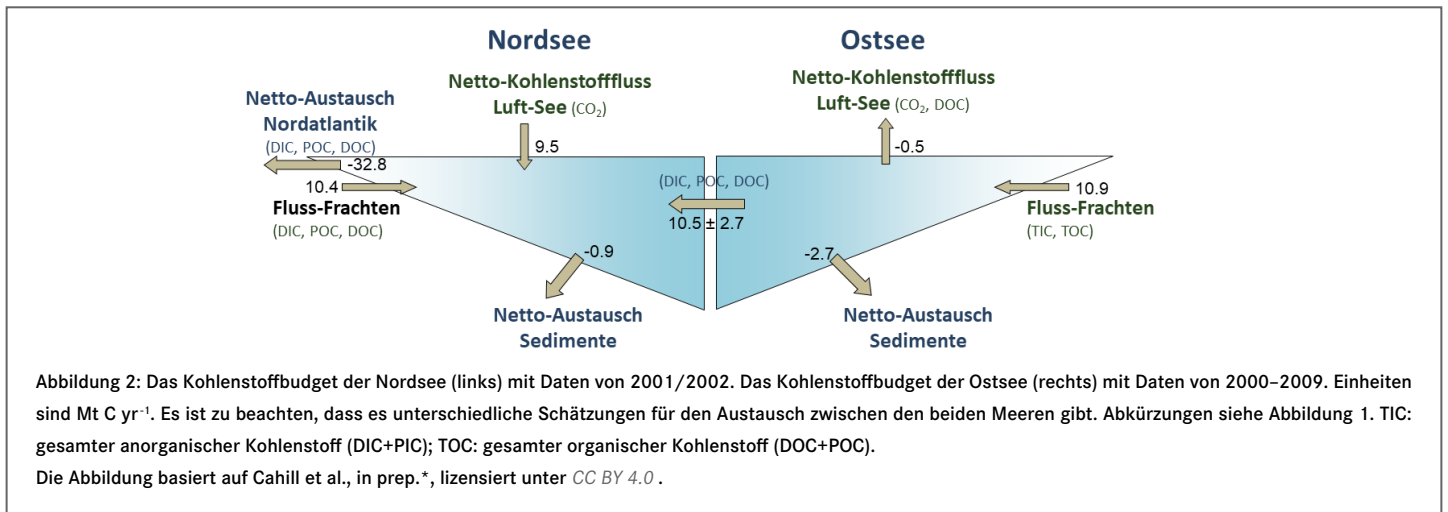
Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des globalen Kohlenstoffkreislaufs. Der Schwerpunkt liegt hier auf den marinen Kohlenstoffspeichern und -flüssen. DIC: gelöster anorganischer Kohlenstoff, der z.B. durch Gesteinsverwitterung, Remineralisierung von organischem Kohlenstoff und durch die Aufnahme von atmosphärischem CO₂ entsteht. DOC: gelöster organischer Kohlenstoff, der v.a. durch die Zersetzung von organischem Material und während der Primärproduktion entsteht; POC: partikulärer organischer Kohlenstoff, z. B. aus Plankton, anderen lebenden Organismen und Detritus; PIC: partikulärer anorganischer Kohlenstoff, meist Kalzit, der in den Schalen von Plankton, Muscheln und Schnecken vorkommt; pCO₂: Partialdruck von CO₂, proportional zur CO₂-Konzentration.

Derzeit ist die Nordsee eine Senke für atmosphärisches CO₂. Zunehmende CO₂-Emissionen und steigende Wassertemperaturen werden die Nordsee jedoch zu einer weniger effizienten Senke oder sogar zu einer Quelle für atmosphärisches CO₂ machen.

Die Nordsee gehört neben der Ostsee zu den Meeresregionen, die am stärksten von der globalen Erwärmung betroffen sind. Gase wie CO₂ lösen sich weniger effektiv in wärmerem Wasser. Simulationen zeigen, dass der Anstieg der Meeresoberflächentemperatur um ca. 1,5° C und eine zunehmende Versauerung die CO₂-Aufnahme im Nordseegebiet zwischen 1970 und 2006 bereits um ca. 50% verringert hat. Nach Angaben der UN-Climate Agency befindet sich die globale Erwärmung derzeit auf einem 2,7-Grad-Pfad, was bedeutet, dass sich die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Luft bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um 2,7° C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit erhöhen würde. Dies würde die Fähigkeit der Nordsee, CO₂ zu absorbieren, weiter verringern.

Die Meeresströmungen transportieren den meisten aufgenommenen Kohlenstoff effektiv aus der Nordsee heraus. Teile davon werden in tiefere Schichten des Nordatlantiks verbracht und dort über Jahrhunderte gespeichert.

Zwischen Wasser und Atmosphäre findet ein Austausch von CO₂ statt, der durch die Temperatur sowie durch biologische Prozesse wie Primärproduktion und Remineralisierung beeinflusst wird. Durch Primärproduktion und andere biologische Prozesse gebildetes organisches Material und dessen Abbauprodukte sinken in tiefere Wasserschichten und werden zu einem großen Teil mit der Küstenströmung vor Norwegen aus der Nordsee in den Nordatlantik transportiert. Ein weiterer Teil des organischen Kohlenstoffs lagert sich in den Sedimenten des Skagerrak und der Norwegischen Rinne ab. Durch die große Öffnung zum Nordatlantik hin wird das Nordseewasser ungefähr einmal pro Jahr ausgetauscht. Dabei wird mehr Kohlenstoff aus der Nordsee heraus als vom Nordatlantik in die Nordsee hinein transportiert (Abbildung 2).



Große Ablagerungszentren für organischen Kohlenstoff finden sich im Skagerrak und in der Norwegischen Rinne. Der dort akkumulierte Kohlenstoff stammt aus großen Bereichen der Nord- und Ostsee.

Der Meeresboden der Nordsee ist größtenteils sandig; dort wird kaum Kohlenstoff gespeichert. Es gibt nur wenige Gebiete mit schlickigen Sedimenten, in denen organischer Kohlenstoff effektiv gebunden wird, z.B. das „Helgoländer Schlickgebiet“ südöstlich von Helgoland oder der größere „Fladengrund“ bei Schottland. In den größten Ablagerungszentren der Nord- und Ostsee, dem Skagerrak und der Norwegischen Rinne mit Wassertiefen von bis zu ca. 700 Metern, wurde in den letzten 1000 Jahren ca. 1 Gt Kohlenstoff vergraben, was etwa 10% der heutigen jährlichen globalen CO₂-Emissionen entspricht. Alle Ablagerungszentren in der Nordsee speichern pro Jahr eine Kohlenstoffmenge, die vergleichbar ist mit etwa 10% der jährlichen Kohlenstoffaufnahme der Nordsee aus der Atmosphäre.

Die Kohlenstoffspeicherung in den Sedimenten des Wattenmeeres ist vernachlässigbar.

Das Wattenmeer wird hier als das Gebiet zwischen den Inseln und dem Festland definiert, das bei Flut von Wasser bedeckt ist. Damit sind die Salzwiesen, die ebenfalls Kohlenstoff binden, von der Betrachtung ausgeschlossen. Im Wattenmeer ist die Kohlenstoffspeicherung im Sediment vernachlässigbar, da der größte Teil des organischen Kohlenstoffs remineralisiert und entweder über die Priele in die südliche Nordsee exportiert oder als CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt wird. Bei dieser meist unter Sauerstoffmangel stattfindenden Remineralisierung entstehen zum Teil Stoffe, die der Versauerung entgegenwirken und so die Aufnahme von atmosphärischem CO₂ in der südlichen Nordsee begünstigen.

Die Nettoaufnahme von atmosphärischem CO₂ durch die Ostsee liegt ungefähr bei null.

Zwei Prozesse bewirken, dass der CO₂-Austausch mit der Atmosphäre in der Ostsee über das Jahr hinweg nahezu ausgeglichen ist: 1) Im Vergleich zur Nordsee wird in der Ostsee organisches Material effektiver aus der Wassersäule entfernt und dauerhaft im Sediment vergraben. Dies bedeutet, dass im Vergleich weniger

Material remineralisiert wird und der Anteil an gelöstem anorganischem Kohlenstoff im Wasser geringer ist, was die Ausgasung von CO₂ in die Atmosphäre reduziert.

2) Die Verwitterung karbonathaltigen Gesteins erhöht die Fähigkeit der Ostsee, CO₂ aus der Atmosphäre aufzunehmen.

Ohne diese beiden Faktoren wäre die Ostsee eine bedeutende Quelle für atmosphärisches CO₂.

Der Kohlenstoffeintrag aus den Flüssen spielt eine große Rolle im Kohlenstoffhaushalt der Ostsee.

Im Kohlenstoffbudget der Ostsee bildet der Eintrag von organischem und anorganischem Kohlenstoff durch die Flüsse die größte Komponente. Dabei entspricht die jedes Jahr in den Sedimenten gespeicherte Kohlenstoffmenge etwa einem Viertel der jährlichen Flusseinträge. Diese Speicherung erfolgt über lange Zeiträume, der Rest wird in die Nordsee exportiert. Die Kohlenstoffspeicherung im Sediment ist im Vergleich zur Nordsee recht hoch, da es kaum Gezeitenbewegungen und viel weniger Turbulenzen in der Tiefe gibt, und die Zersetzung organischen Materials durch die weit verbreitete Sauerstoffarmut in der tiefen Wassersäule und im Sediment verlangsamt ist.

Es ist nicht möglich, einen allgemeinen Trend für die künftige Entwicklung der Ostsee als Nettosenke oder -quelle für atmosphärischen Kohlenstoff aufzuzeigen, da die Unsicherheiten noch groß sind und es große regionale Unterschiede gibt.

Zukünftige Umweltveränderungen wie steigende Wassertemperaturen, erhöhter Süßwassereintrag aus Flüssen und eine zunehmende Schichtung des Wassers (was die Nährstoffversorgung aus tieferen Wasserschichten und somit die Primärproduktion limitiert), könnten die Aufnahmefähigkeit der Ostsee für atmosphärisches CO₂ verringern. Andererseits kann der Klimawandel die Verwitterung karbonathaltigen Gesteins noch fördern, was die CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre weiter begünstigen würde. Diese gegenläufigen Prozesse lassen jedoch keine Aussage über einen allgemeinen Trend bei der atmosphärischen CO₂-Speicherung zu. Erschwert wird dies noch durch große regionale Unterschiede in den hydrologischen Bedingungen der Ostsee (wie der fallende Salzgehalt von Süd nach Nord).

*Cahill, B., Neumann, T., Pätsch, J., Thomas, H., and Gräwe, U., in prep., Capturing carbon pools and fluxes across the North Sea – Baltic Sea continuum.