

DAS BLAUE KLIMAWUNDER IN DER KRISE

BUND FAKTENCHECK-REIHE „MEER & KLIMA“ – TEIL 1

Das Meer ist der zentrale Taktgeber für unser Klima. Und gleichzeitig unser größter Verbündeter in der menschengemachten Klimakrise. Es entzieht der Atmosphäre riesige Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) und nimmt den Löwenanteil des durch den Treibhauseffekt entstehenden Wärmestaus auf. Ein wahres Wunderwerk, das den globalen Klimawandel abschwächt.

Doch die scheinbar grenzenlose Kapazität zur Aufnahme von CO₂ und Wärme ist trügerisch. Denn sie ist abhängig von der Gesundheit mariner Ökosysteme. Die Folgen der globalen Klimakrise, aber auch Raubbau durch uns Menschen schwächen die Wirkung des Klimapuffers Meer damit immer weiter ab. Und ohne ein Gegensteuern verschärft sich die Situation mit jedem weiteren Augenblick.

ZAHLEN UND FAKTEN

- ✓ Als natürliche Kohlenstoffsенke nimmt das Meer mehr als ein Viertel der menschengemachten CO₂-Emissionen auf – und verlangsamt dadurch den Klimawandel.
- ✓ Seit Beginn der Industrialisierung ist das Meer durch die CO₂-Aufnahme bereits um fast 30 Prozent saurer geworden. Das reduziert die Löslichkeit des Treibhausgases im Meerwasser und verringert so dessen Aufnahmekapazität.
- ✓ Seit den 1970er Jahren hat das Meer 90 Prozent der überschüssigen Wärme aus menschlichen Emissionen aufgenommen und damit die globale Erwärmung bedeutend abgemildert.
- ✓ Die immer schneller voranschreitende Erwärmung des Meerwassers schwächt dessen globale Strömungssysteme und damit auch die natürliche Funktion als Kohlenstoffsенke und -speicher.

FLIESSBANDARBEIT FÜR DAS KLIMA

Mehr als 70 Prozent unserer Erdoberfläche ist von Meer bedeckt. Damit nehmen die riesigen Wasserflächen den größten Teil der Sonneneinstrahlung unseres Planeten auf. In den obersten Wasserschichten wird diese Sonnenenergie schließlich in Wärme umgewandelt. Das Besondere dabei: die hohe Wärmekapazität von Wasser verhindert, dass es zu einem starken Temperaturanstieg kommt. Im Zusammenspiel mit einer effektiven Durchmischung des Wassers sorgt das dafür, dass das Meer sich nur sehr langsam und gleichmäßig erwärmt. Und entsprechend langsam wieder abkühlt.

Diese enorme Fähigkeit verleiht dem blauen Wunder eine stabilisierende Rolle im Klimageschehen. So gleicht es die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen der Atmosphäre aus und kann auch längerfristige klimatische Veränderungen teilweise abfangen. Gleichzeitig dämpft das Meer den Temperaturanstieg der Atmosphäre in Folge der dramatischen Zunahme unserer CO₂-Emissionen. Denn es nimmt den Großteil des aus dem Treibhauseffekt resultierenden Wärmestaus auf – und zwar 90 Prozent!

Ohne diese enorme Wärmespeicherkapazität würde sich unsere Atmosphäre also deutlich schneller erwärmen. Diese Pufferfunktion hat allerdings einen hohen Preis: selbst ohne einen weiteren Anstieg der CO₂-Konzentration in unserer Atmosphäre wird sich das Meer noch Jahrhunderte lang erwärmen. Das zeigt dessen ungemeine Bedeutung für unser Klima.

Das Meer nimmt jedoch nicht nur gigantische Mengen an Wärmeenergie auf. Es sorgt auch für dessen Transport über große Entfernungen. Gewaltige Meeresströmungen verteilen wie riesige Fließbänder warme und kalte Wassermassen rund um die Erde. Angetrieben wird diese „thermohaline Zirkulation“ von Winden sowie unterschiedlichen Salzgehalten und Temperaturen des Meerwassers. So strömt unentwegt warmes Oberflächenwasser vom Äquator in Richtung der Pole. Dort kühlt es ab und sinkt aufgrund der höheren Dichte in die Tiefe. Entlang des Meeresbodens breitet es sich schließlich wieder in Richtung Äquator aus und strömt zurück an die Oberfläche. Etwa 1.000 Jahre benötigt ein Wassertropfen für seine Reise durch diesen Kreislauf. Nebenbei reguliert das blaue Wunder damit Temperaturen und Wetter auf den Kontinenten. In Nordeuropa beispielsweise wäre es ohne diesen Zufluss von Wärme um etwa 10 Grad kälter.

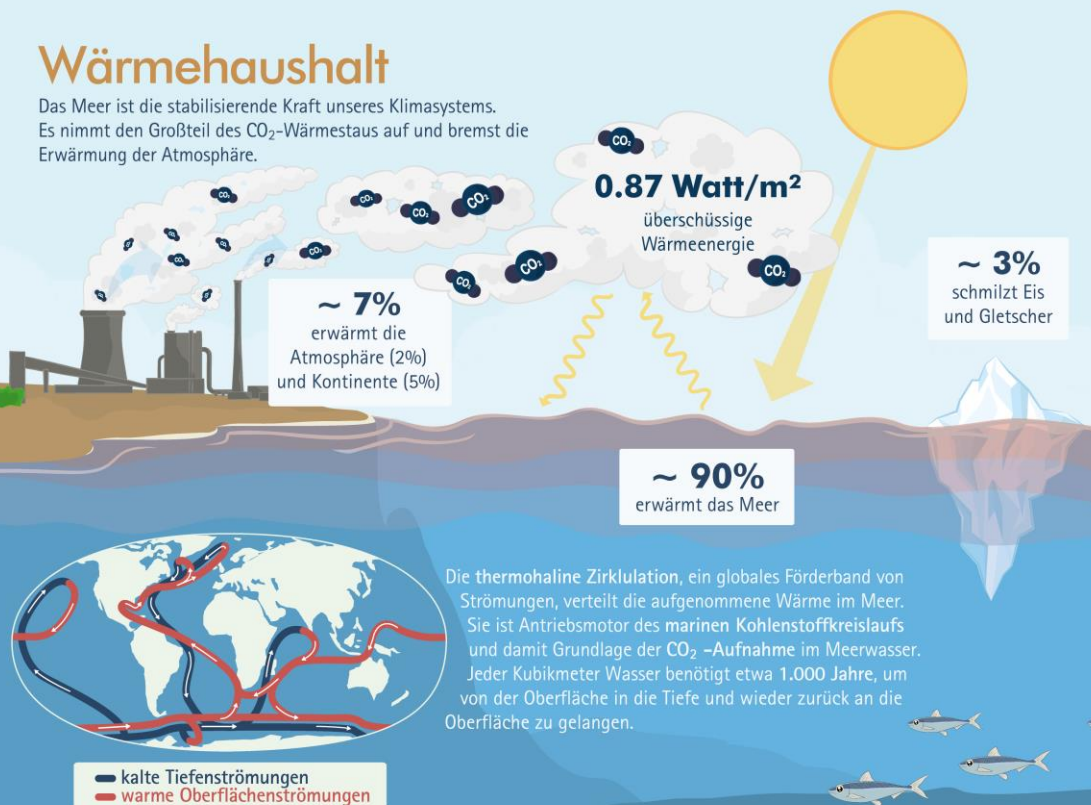
KOHLENSTOFFSPEICHER MEER: VON DER ATMOSPHÄRE IN DIE TIEFSEE

Welch bedeutende Rolle das Meer in unserem Klimasystem spielt wird auch mit Blick auf eines der wichtigsten Elemente unseres Planeten deutlich – dem Kohlenstoff. Kohlenstoff ist das chemische Rückgrat allen Lebens auf der Erde. Ohne ihn gäbe es weder Proteine noch DNA. Und damit auch keine Lebewesen. In Form von CO₂ ist der Kohlenstoff jedoch mit einer der größten Herausforderungen unserer Zeit verknüpft, dem Klimawandel. Seit der Industrialisierung ist die Konzentration des Treibhausgases in der Atmosphäre von 278 auf über 410 ppm (Teile pro Million) gestiegen. Ein steiler Anstieg um sage und schreibe 50 Prozent. Und bereits heute sind die Auswirkungen der damit in Gang gesetzten globalen Erwärmung spürbar. Der fortschreitende Meeresspiegelanstieg oder die Zunahme von Extremwetter-Ereignissen stellen dabei leider nur die Spitze des (schmelzenden) Eisbergs dar.

Auch hier hilft uns das blaue Wunder, indem es aktiv gegen die Ursache des Treibhauseffektes arbeitet. Mehr als ein Viertel der von uns Menschen weltweit verursachten CO₂-Emissionen

Wärmehaushalt

Das Meer ist die stabilisierende Kraft unseres Klimasystems. Es nimmt den Großteil des CO₂-Wärmestaus auf und bremst die Erwärmung der Atmosphäre.



Änderungen und Folgen

- Die globale Wassertemperatur steigt jedes Jahr um 0.015°C und bis 2100 um 1–4°C.
- Die Erwärmung des Meeres verlangsamt die thermohaline Zirkulation und schwächt damit den Kohlenstoffkreislauf.
- Warmes Oberflächenwasser verringert die vertikale Durchmischung und stört sowohl Nährstofftransport als auch Kohlenstoffkreislauf.
- Seit den 1950ern hat sich die Anzahl mariner Hitzewellen verdoppelt und bedroht klimarelevante Lebensräume.
- Die Meerese Erwärmung erhöht das Wasservolumen und lässt dadurch den Meeresspiegel bis 2100 um mindestens 17–26 cm ansteigen.
- Die Erwärmung des Meerwassers reduziert den Sauerstoffgehalt.

OBEN – Das Meer absorbiert 90 Prozent der überschüssigen Energie aus menschlichen Emissionen. Es ist ein regelrechter Puffer gegen den Klimawandel und bremst die Erwärmung unserer Atmosphäre. Die Kehrseite der Medaille: langfristig bedroht die immer schneller voranschreitende Erwärmung des Meeres dessen globale Strömungssysteme sowie klimarelevante Ökosysteme und deren Lebewesen – und damit auch die Fähigkeit des Meeres zur Aufnahme von Wärme und CO₂.

schluckt das Meer. Das sind bis zu 30 Millionen Tonnen. Tag für Tag. Diese gigantische Leistung macht das Meer zum größten natürlichen Kohlenstoffspeicher der Erde. Und verlangsamt gleichzeitig den Klimawandel.

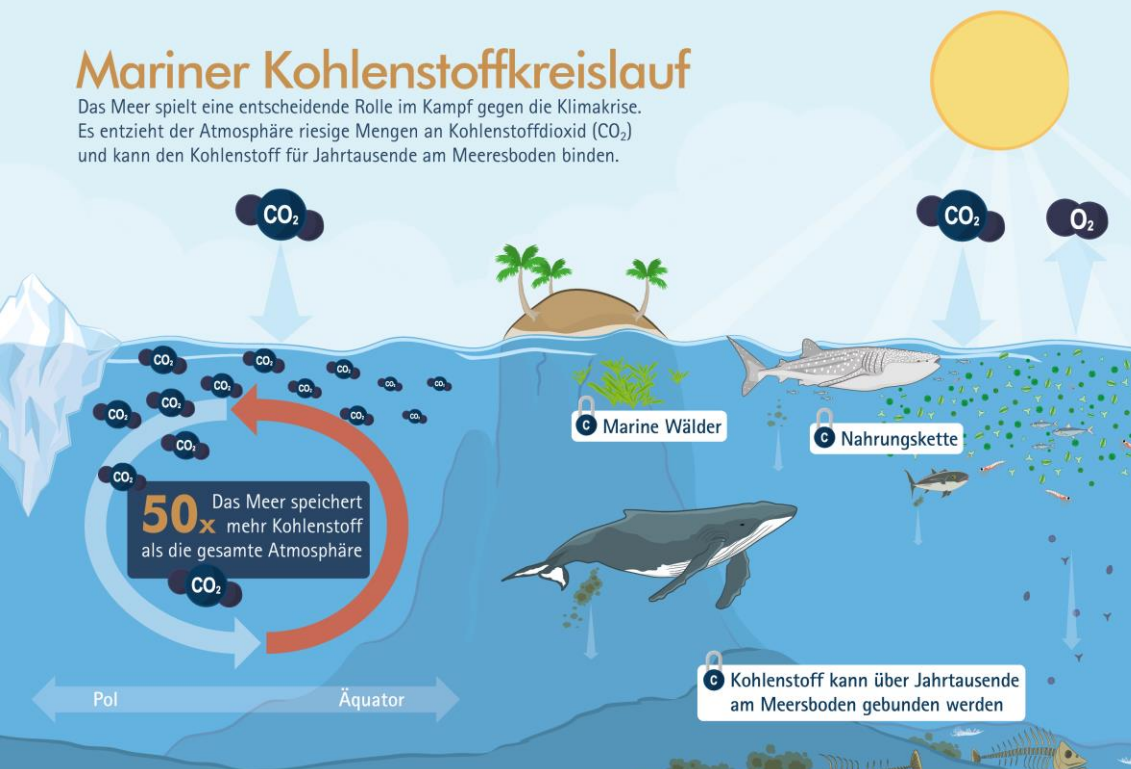
Hauptverantwortlich hierfür sind ständige Wechselwirkungen zwischen den Elementen Wasser und Luft. Aber auch die gigantischen Umwälzprozesse des Meerwassers sowie die kontinuierlichen Aktivitäten von Meerestieren und -pflanzen. Zusammen treiben sie einen Prozess an, der für die Aufnahme und Umverteilung von CO₂ in die Tiefen des Meeres sorgt – den marinen Kohlenstoffkreislauf:

- An der Grenze zwischen den Elementen Luft und Wasser kann das Meer CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen, indem es das Treibhausgas chemisch im Oberflächenwasser löst. Damit das funktioniert, muss der CO₂-Druck in der Luft größer als derjenige im Wasser sein – der Effekt ähnelt dem der Herstellung von Sprudelwasser. Zusätzlich hängt die Aufnahme des Treibhausgases im Wasser stark von dessen Temperatur ab. So kann kälteres Wasser (z.B. an den Polen) grundsätzlich mehr CO₂ aufnehmen als wärmeres (z.B. in tropischen Regionen).

- Die physikalische Kohlenstoffpumpe nutzt den globalen Kreislauf der Meeresströmungen, um das im Oberflächenwasser gelöste Treibhausgas in die Tiefen des Meeres zu transportieren. Dort reichert es sich mit der Zeit an. Entlang des Äquators gelangt es schließlich wieder zurück an die Oberfläche. Ein entsprechend langwieriger Prozess, dessen Auswirkungen sich erst nach und nach zeigen.
- Bei der biologischen Kohlenstoffpumpe binden Meerespflanzen und -Tiere CO₂, indem sie Biomasse aufbauen. Vergleichbar mit Wäldern an Land, nehmen marine Pflanzen CO₂ durch den Prozess der Photosynthese auf. Das passiert in lichtreichen Zonen nahe der Meeresoberfläche (z.B. durch Phytoplankton) und in Küstenregionen (z.B. durch Seegras und Großalgen). Mehr als 50 Prozent des für uns lebensnotwendigen Sauerstoffs ist auf die Photosynthese dieser Meerespflanzen zurückzuführen. Gleichzeitig bilden die Organismen die Nahrungsgrundlage für viele marine Tiere. Sterben Pflanzen und Tiere ab oder scheiden sie Stoffe aus, sinkt die organische Masse auf den Meeresboden. Dort zerfällt sie und wird über Jahrtausende in den Sedimenten gebunden. Ohne diese vertikale Pumpe wäre der CO₂-Gehalt in unserer Atmosphäre heute rund 150–200 ppm höher.

Mariner Kohlenstoffkreislauf

Das Meer spielt eine entscheidende Rolle im Kampf gegen die Klimakrise. Es entzieht der Atmosphäre riesige Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) und kann den Kohlenstoff für Jahrtausende am Meeresboden binden.



Physikalische Kohlenstoffpumpe

Biologische Kohlenstoffpumpe

Änderungen und Folgen

CO₂
Das Meer absorbiert jede Stunde über 1 Millionen Tonnen CO₂ und nimmt jährlich mindestens 25% unserer Emissionen auf.

pH ↓
Seit der Industrialisierung ist das Meer um etwa 30% saurer geworden und stört Wachstum und Fortpflanzung mariner Lebewesen.

🚫
Die Versauerung belastet auch das Phytoplankton – Grundlage der marinen Nahrungskette und der biologischen Pumpe.

CO₂
Erwärmung und Versauerung des Meeres sorgen für eine verringerte CO₂-Aufnahme im Meerwasser und schwächen die physikalische Pumpe.

🚢
Die bodenberührende Fischerei wälzt jährlich 20 Millionen km² Meeresboden um und setzt dabei mehr CO₂ frei als der weltweite Flugverkehr.

OBEN – Der marine Kohlenstoffkreislauf sorgt dafür, dass das Meer CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen und langfristig am Meeresboden festsetzen kann. Während die physikalische Kohlenstoffpumpe das Treibhausgas chemisch im Oberflächenwasser löst und über das globale Strömungssystem in die Tiefen des Meeres transportiert, ist die biologische Kohlenstoffpumpe maßgeblich für den vertikalen Transport von organischem Kohlenstoff und dessen Bindung am Meeresboden verantwortlich.

SOS: WENN DER SPEICHER ZUR QUELLE WIRD

So wie das Meer einen immensen Einfluss auf unser Klimasystem ausübt, so wird es umgekehrt auch von diesem selbst beeinflusst. Die dramatischen Folgen der Klimakrise machen auch vor den Pufferfunktionen des Meeres nicht Halt.

So ist das Meer durch die Aufnahme menschengemachter CO₂-Emissionen bereits um fast 30 Prozent saurer geworden. Das bedingt eine schlechtere Löslichkeit des Treibhausgases im Meerwasser. Es kann also weniger CO₂ aufnehmen und damit verbleibt immer mehr CO₂ in der Atmosphäre. Gleichzeitig schwächt der verringerte pH-Wert im Meer Phytoplankton-Arten mit Kalkschalen – und sägt damit an den Grundpfeilern der biologischen Kohlenstoffpumpe. Im saureren Wasser werden deren Schalen dünner und somit auch leichter. Das stört den Tiefentransport. Dadurch könnte in Zukunft deutlich weniger Kohlenstoff am Meeresboden gebunden werden.

Doch auch der Temperaturanstieg hat einen negativen Einfluss auf die Kohlenstoffsенke Meer. Durch die Erwärmung der Wasseroberfläche um durchschnittlich 0.015°C pro Jahr kann das Meer weniger CO₂ aufnehmen. Gleichzeitig verringert sich die vertikale Durchmischung des Meerwassers. Der dadurch gestörte Nährstofftransport könnte langfristig ebenfalls zu einer Schwächung des Phytoplanktons führen. Immer wieder bedrohen auch marine Hitzewellen klimarelevante Lebensräume und deren Lebewesen. Seit den 1950er Jahren haben sich diese Extremereignisse in Ihrer Häufigkeit verdoppelt. Außerdem gefährdet der mit der Erwärmung einhergehende Anstieg des Meeresspiegels die effektiven Kohlenstoffspeicher der Küstenregionen, wie Seegraswiesen oder Salzmarschen.

In ihrer Gesamtheit könnten diese Klimafolgen zukünftig sogar dazu führen, dass das Meer größere Mengen an CO₂ abgibt als es aufnimmt. Damit würde das blaue Klimawunder selbst zur CO₂-Quelle werden und zur globalen Erwärmung beitragen. Vor diesem Hintergrund gewinnen auch die Folgen menschlicher Aktivitäten im Meer an zusätzlicher Bedeutung. Denn durch Zerstörung und Verschmutzung mariner Ökosysteme greifen wir Menschen dramatisch in deren Fähigkeit zur CO₂-Bindung ein. Und sorgen gleichzeitig dafür, dass bereits gebundener Kohlenstoff wieder freigesetzt wird. Angesichts der globalen Klimakrise ist es daher essentiell, die natürlichen Klimafunktionen des Meeres zu erhalten und zu stärken. Nur ein gesundes Meer kann diese für das Leben auf unserem Planeten so wichtigen Funktionen bereitstellen. Doch dazu muss der Meeresnaturschutz endlich eine tragende Säule des Klimaschutzes werden.

DER BUND FORDERT

- Berücksichtigung der natürlichen Klimafunktionen des Meeres in allen relevanten politischen Entscheidungen auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene.
- Renaturierung der heimischen Kohlenstoffsенken in Nord- und Ostsee wie etwa Seegraswiesen und Salzmarschen auf mindestens die Hälfte ihrer ursprünglichen Ausdehnung.
- Integration klimarelevanter Ökosystemleistungen in Schutzgebiets-Management und maritimer Raumplanung – mindestens 50% nutzungsfreie Flächen in Schutzgebieten.
- Konsequenter Abbau schädlicher Subventionen (z.B. fossile Energieträger, Fischerei).

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

Friedlingstein et al. (2020). Global Carbon Budget 2020, Earth System Science Data, 12, 3269–3340, DOI: [10.5194/essd-12-3269-2020](https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020)

Watson et al. (2020). Revised estimates of ocean-atmosphere CO₂ flux are consistent with ocean carbon inventory, Nature Communications, 11, 4422, DOI: [10.1038/s41467-020-18203-3](https://doi.org/10.1038/s41467-020-18203-3)

von Schuckmann et al. (2021). Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 5, Journal of Operational Oceanography, DOI: [10.1080/1755876X.2021.1946240](https://doi.org/10.1080/1755876X.2021.1946240)

von Schuckmann et al. (2020). Heat stored in the Earth System: where does the energy go? Earth System Science Data, 12, 2013–2041, DOI: [10.5194/essd-12-2013-2020](https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020)

World Meteorological Organization (2021). Greenhouse Gas Bulletin 17, The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020, ISSN 2078-0796

MACHEN SIE MIT!

Der BUND setzt sich auf allen Ebenen für Umwelt und Natur ein. Engagieren Sie sich in einer von rund 2000 Ortsgruppen. Und unterstützen Sie unsere Arbeit mit einer Mitgliedschaft: <http://www.bund.net/mitgliedwerden>



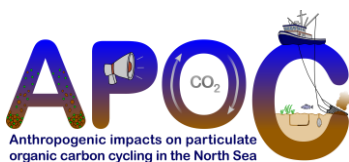
FRIENDS OF THE EARTH GERMANY

IMPRESSUM

Herausgeber: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)
Friends of the Earth Germany
Kaiserin-Augusta-Allee 5 • 10553 Berlin
Tel. (030) 27586-40 • Fax. (030) 27586-440 • info@bund.net • www.bund.net

Autor*innen/Gestaltung: BUND Meeresschutzbüro
Foto: Titelbild © NASA Earth Observatory | Grafiken © Diego Ruiz Jarrin
V.i.S.d.P.: Petra Kirberger
Stand: Mai 2022

Kontakt: BUND Meeresschutzbüro • Am Dobben 44 • 28203 Bremen
Tel. (0421) 790 02-32 • Nadja.Ziebarth@bund.net
www.bund.net/meere



Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben APOC wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03F0874E gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung