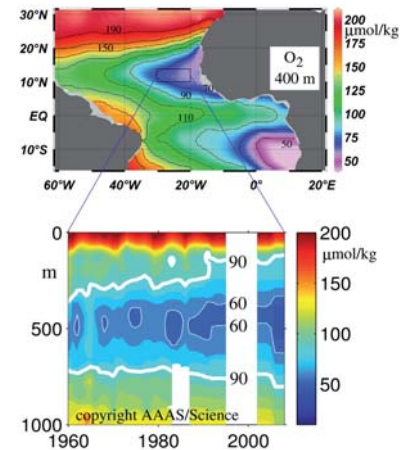


Meerwasserchemie und Klima

In den heutigen tropischen Ozeanen nimmt in bestimmten Tiefen der Sauerstoffgehalt ab, während in den immer wärmer werdenden ozeanischen Oberflächenschichten der Gehalt an CO_2 zunimmt. Diese Veränderungen in der Meerwasserchemie wirken sich direkt auf die im Meer lebenden Organismen aus. Genau gegenläufig war die Situation vor etwa 34 Millionen Jahren, als die Vereisung der Antarktis begann. Durch die Bildung des antarktischen Eisschildes wurden große Mengen von Wasser im Eis gebunden und der Meeresspiegel sank weltweit ab.

Schon länger ist bekannt, dass der Sauerstoffgehalt in den Ozeanen nicht gleichmäßig verteilt ist. Jeweils an den östlichen Rändern der tropischen Ozeane existieren in Tiefen zwischen 200 und 800 m Zonen mit reduzierten Sauerstoffgehalten, so genannte Sauerstoffminimumzonen. Das liegt daran, dass die Sauerstofflöslichkeit in wärmerem Wasser generell abnimmt. Eine anhaltende Temperaturzunahme, die durch den ansteigenden CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre mitverursacht wird, wird also vermutlich zu einer allgemeinen Abnahme des Sauerstoffgehalts in den Ozeanen führen. Hinzu kommt, dass das Absinken von sauerstoffreichem Wasser in den polaren Regionen geringer ausfällt und folglich die tiefen Schichten der Ozeane weniger belüftet werden. In den subtropischen und subpolaren Meeresgebieten werden die Änderungen höher ausfallen als in den tropischen Regionen. In den polnahen Breiten konnte die Sauerstoffabnahme bereits mit Hilfe von Beobachtungsdaten nachgewiesen werden.



Sauerstoffverteilung im Atlantik und Zeittiefenschnitt der Sauerstoffverteilung im tropischen Ostatlantik (Quelle: www.ifm-geomar.de)

Für die tropischen Gebiete liegen viel weniger Messdaten vor. Daher wählte eine internationale Forschergruppe unter Leitung von Dr. Lothar Stramma vom Kieler Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (Ifm-Geomar) einzelne Gebiete mit höherer Datenmenge aus und ergänzte sie mit aktuellen Messungen.¹ Die größte Sauerstoffabnahme im Tiefenbereich zwischen 300 und 700 m wurde im tropischen Nordostatlantik beobachtet, während im östlichen Indischen Ozean die Sauerstoffabnahme eher gering ausfiel.

Ob die beobachteten Änderungen in den Sauerstoffgehalten mit der globalen Klimaerwärmung im Zusammenhang stehen, ist noch zu klären. Einige wenige Messungen können die Variabilität der Änderungen in den Ozeanen, die unterschiedliche Zeitskalen umfassen, nicht direkt abbilden. Die beobachteten Änderungen können auch durch natürliche Prozesse, die auf kürzeren Zeitskalen auftreten, verursacht haben.

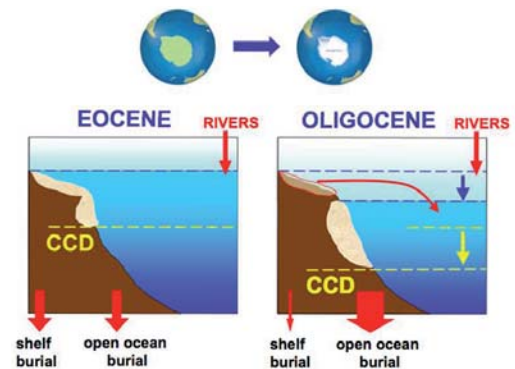
Allerdings stimmt das Ergebnis der Forschergruppe mit Ergebnissen von Modellrechnungen überein, die auch für die Zukunft eine weitere Abnahme prognostizieren. Sollte sich der Trend fortsetzen, so wird dies besonders die untersuchten tropischen Regionen betreffen, denn hier sind die Sauerstoffgehalte im Meerwasser generell niedrig und ein weiteres Absinken kann zu existentiellen Problemen für marine Organismen führen.

Im Gegensatz zu einem warmen Ozean, dem Versauerung droht, bedeutet ein kalter Ozean gute Lebens- und Wachstumsbedingungen für viele Meeresbewohner. Als vor 34 Millionen Jahren die Vereisung der Antarktis begann, wurde viel Wasser durch die Bildung der Eisdecke gebunden und der Meeresspiegel legte Gesteine des Kontinentalschelfs frei, die Kalziumkarbonat (Kalk) enthielten. Über Regen- und Flusswasser wurden erhebliche Mengen von Kalzium- und Karbonat-Ionen aus den freigelegten Gesteinen ausgewaschen und im Meerwasser angereichert. Korallen, Muscheln oder Einzeller wie die Coccolithophoren und Foraminiferen bauen Kalziumkarbonat in ihren Organismus ein. Dadurch wird der Gehalt von Kohlendioxid im Meerwasser und in der Atmosphäre gesenkt. Diese Prozesse bewirkten, dass sich die so genannte „Kalzit-Kompensationstiefe“ (engl. *Calcite Compensation Depth*, CCD) in tiefere Wasserschichten verlagerte. Langfristig veränderte sich der globale Kohlenstoffkreislauf, denn der Gehalt an Kohlendioxid in der Atmosphäre sank stark ab.

Diese Zusammenhänge konnten Wissenschaftler des GKSS-Forschungszentrums Geesthacht gemeinsam mit Kollegen vom National Oceanography Centre in Southampton (UK) anhand von Modellrechnungen rekonstruieren.² Daraus lassen sich auch Szenarien für die Zukunft entwickeln. So könnte ein klimabedingter Meeresspiegelanstieg bewirken, dass die hier modellierten Prozesse entgegengesetzt ablaufen und die CCD weiter nach oben verlagert wird. Dies würde zur Neubildung von karbonathaltigen Riffen führen, wenn die Kalzit-verarbeitenden Organismen die momentan beobachtete Versauerung der Meere (s.o.) abpuffern können. Die Versauerung führt dazu, dass die natürliche Karbonatsättigung des Meerwassers herabgesetzt wird. Das betrifft z.B. Steinkorallen und andere Organismen, die Skelette oder Schalen aus Kalziumkarbonat produzieren. Sie könnten langsamer wachsen und zerbrechlicher werden.

Mehr Informationen:

- ¹ www.ifm-geomar.de/index.php?id=4193, Originalarbeit: Stramma, L., G.C. Johnson, J. Sprintall, V. Mohrholz (2008) Expanding oxygen-minimum zones in the Tropical Oceans. *Science*, 320, 655-657; www.sfb754.de (SFB 754 „Klima - Biogeochemische Wechselwirkungen im Tropischen Ozean“); Hans O. Pörtner (o.J.): CO₂ „nur“ ein Klimafaktor? Wirkungen auf Meerestiere. In: Hempel, G., Hempel, I. und Schiel S. (Hrsg.) *Faszination Meeresforschung. Ein ökologisches Lesebuch*. Hauschild Bremen
- ² www.gkss.de/public_relations/press_releases/004956/index_0004956.html#de?chunk=1, Originalarbeit: Merico, A., Tyrrel, T. & Wilson, P.A. (2008) Eocene/Oligocene ocean de-acidification linked to Antarctic glaciation by sea-level fall. *Nature*, 452 (979-982), 24 April 2008



Durch die Bildung der antarktischen Eiskappe vor ca. 34 Millionen Jahren wurde der Meeresspiegel weltweit abgesenkt und weite Schelfbereiche freigelegt. Dadurch verlagerte sich die *Calcite Compensation Depth* (CCD) in tiefere Wasserschichten. Der Begriff „Kalzit-Kompensationstiefe“ bezeichnet eine Wassertiefe, in der sich der Eintrag von Kalziumkarbonat und dessen Auflösung im Gleichgewicht befindet. Verschiebt sich die CCD in die Tiefe, wird Kohlenstoff verstärkt in Sedimenten am Meeresgrund eingelagert und der atmosphärische Anteil an Kohlendioxid nimmt ab. Zusätzlich wirkt dieser Prozess der Versauerung des Meeres entgegen (Grafik: Dr. Agostino Merico, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, Quelle: www.gkss.de)