

Ocean Acidification in the Baltic Sea

Involved Processes, Metrology of pH in Brackish Waters, and Calcification under Fluctuating Conditions

Dr. Jens Daniel Müller, Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestr. 15,
Rostock/D

Der pH-Wert natürlicher Gewässer ist von besonderer Bedeutung, um den Zustand und die Veränderung von Säure-Base Gleichgewichten, biogeochemische Umsetzungsprozesse und physiologische Bedingungen für Organismen zu beschreiben. Im Meerwasser dominiert das CO₂-System die stattfindenden Säure-Base-Reaktionen. Die Untersuchung dieses marinen CO₂-Systems hat in Zeiten des Klimawandels an Bedeutung gewonnen, da die Ozeane einen Großteil der anthropogenen CO₂-Emissionen aufnehmen. Die CO₂-Aufnahmekapazität der Meere wird von der Alkalinität bestimmt, die ein Maß für die Pufferkapazität des Meerwassers darstellt. Bei unveränderter Alkalinität führt die CO₂-Aufnahme zu einer vorhersagbaren Verringerung sowohl des pH-Wertes als auch des Sättigungsgrades von Kalziumkarbonat. Dieser Prozess wird als Ozeanversauerung bezeichnet und gefährdet weltweit die Stabilität mariner Ökosysteme. Für die Ostsee ist es derzeit nicht möglich die Versauerung zu quantifizieren, da es an adäquater pH-Messtechnik und ausreichenden pH-Messungen in der Vergangenheit mangelt. Außerdem erschweren ausgeprägte pH-Fluktuationen die Bestimmung langfristiger Trends. Diese Arbeit soll das Verständnis möglicher Versauerungsprozesse in der Ostsee verbessern. Dafür wurden zurückliegende Versauerungsszenarien bewertet, die Grundlagen für hochgenaue pH-Messungen im Brackwasser gelegt und der Einfluss von pH-Fluktuationen auf Kalzifizierer untersucht.

Im ersten Schwerpunkt dieser Arbeit wurde eine regionale Trendanalyse der Alkalinität durchgeführt. Anders als im offenen Ozean wurde in großen Teil der Ostsee über die letzten 20 Jahre ein deutlicher Alkalinitätsanstieg festgestellt. Dieser Alkalinitätsanstieg wirkte der Versauerung durch die Aufnahme von CO₂ deutlich entgegen. Er erhöhte außerdem die Aufnahmekapazität für CO₂ und stabilisierte den Sättigungsgrad von Kalziumkarbonat. Neben den sich teilweise ausgleichenden, langfristigen Trends des atmosphärischen CO₂-Gehaltes und der Alkalinität, wurden im ersten Schwerpunkt Prozesse identifiziert, welche die ausgeprägte Variabilität des pH-Wertes in der Ostsee verursachen. In Hinblick auf die Komplexität dieser Prozesse belegen die Ergebnisse des ersten Schwerpunktes, dass es für eine verlässliche Beschreibung des Versauerungsgeschehens unumgänglich ist genaue und präzise pH-Messungen mit großer zeitlicher und räumlicher Auflösung zu etablieren.

Spektrophotometrische Messungen mit pH-Indikatorfarbstoffen stellen derzeit die verlässlichste Methode zur pH-Bestimmung in Meerwasser dar. Im zweiten Schwerpunkt dieser Arbeit wurde daher die wissenschaftliche Grundlage für die Anwendung dieser Methode in Brackwassergebieten wie der Ostsee geschaffen. Dafür wurden eine Reihe koordinierte Experimente durchgeführt. Diese umfassten sowohl (i) die pH-Bestimmung von niedrig-salinen TRIS-Pufferlösungen in Kooperation mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, als auch (ii) die Charakterisierung des pH-Indikatorfarbstoffes meta-Kresolpurpur anhand dieser Pufferlösungen. Die umfangreichen Arbeiten erlauben erstmals die Rückführbarkeit von pH-Messungen im Brackwasser auf einen primären pH Standard, sowie eine eindeutige Bestimmung der Protonenkonzentration auf der sogenannten totalen Skala. Weiterhin wurde sichergestellt, dass spektrophotometrische pH-Messungen durch das Auftreten von Schwefelwasserstoff und gelöstem organischem Material selbst bei hohen, ostseetypischen Konzentration nicht beeinträchtigt werden. Um die räumlich-zeitliche Abdeckung mit pH-Messungen im Ostseeraum zu erhöhen, wurde in Kooperation mit einem Industriepartner ein automatisiertes spektrophotometrisches pH-Messsystem entwickelt.

Abschließend behandelt diese Arbeit im dritten Schwerpunkt die potentiellen Auswirkungen von Ozeanversauerung auf kalkbildende Organismen in der Ostsee. Die unter der Leitung von Benthosökologen am Geomar in Kiel durchgeführten Studien quantifizieren ausgeprägte tageszeitlicher Fluktuationen im CO₂-System, die durch die Photosyntheseaktivität benthischer Makroalgen verursacht werden. Es wurde festgestellt, dass assoziiert lebende Kalkbildner in der Lage sind die tagsüber vorherrschenden, guten Kalzifizierungsbedingungen zu nutzen, um selbst unter versauerten Bedingungen hohe Kalzifizierungsraten aufrecht zu erhalten. Makroalgenhabitate könnten demnach besonders schützenswerte Lebensräume für Kalkbildner in Zeiten globaler Ozeanversauerung darstellen.

Zusammenfassend beleuchtet diese Arbeit am Beispiel der Ostsee die Komplexität des Ozeanversauerungsgeschehens in Meeresgebieten, die von landbasierten Prozessen beeinflusst sind und legt die wissenschaftlichen Grundlagen für ein zuverlässiges Versauerungsmonitoring in Brackwassergebieten weltweit, ohne das eine aussagekräftige Bewertung von Änderungen in deren Säure-Base-Haushalt nicht möglich ist.