

## 7 Zusammenfassung

Methan ist der am höchsten konzentrierte leichtflüchtige Kohlenwasserstoff im Arabischen Meer. Bei den NMHC ist Ethen der vorherrschende Kohlenwasserstoff und kann als Leitsubstanz der Alkene angesehen werden. Ethan und Propan weisen nur sehr geringe Konzentrationen auf.

Die geringen Konzentrationen und die niedrigen Windgeschwindigkeiten während der Intermonsunphasen führen im Vergleich zu anderen Untersuchungen zu niedrigen Ethan- und Propanemissionsraten aus dem Arabischen Meer in die Atmosphäre. Sie steigen selbst zu Beginn des Auftriebs vor der omanischen Küste nur auf Werte, die etwa den bisherigen minimalen Abschätzungen von DONAHUE und PRINN (1990) vom Pazifik entsprechen. Im Auftriebsgebiet vor der omanischen Küste sind die erhöhten Alkanemissionen (inkl. Methan) allein auf den physikalischen Prozess des vertikalen Transports von erhöhten Alkankonzentrationen aus tieferen Schichten an die Oberfläche zurückzuführen.

Die Ethen- und Propenemissionen aus dem Arabischen Meer liegen ebenfalls unterhalb der bisherigen Abschätzungen. Die Einstufung des ozeanischen Beitrags zu den Gesamtemissionen der NMHC in die Atmosphäre ist nach wie vor schwierig, da die ozeanischen Emissionen sehr abhängig von den untersuchten Meeresgebieten und/oder Jahreszeiten sind.

Die Verteilungen der  $C_1$ – $C_3$ -Kohlenwasserstoffkonzentrationen zeigen grundsätzliche Unterschiede zwischen den Alkanen und Alkenen in der horizontalen und vertikalen Verbreitung. Die Maximalkonzentrationen der Alkene befanden sich im obersten Wasserkörper bis maximal 50 m Wassertiefe, während die Maximalkonzentrationen der Alkane zwischen 35 und 150 m Tiefe auftraten. Die horizontale Verbreitung der Konzentrationen weist die Maxima der Alkene im zentralen und südlichen Arabischen Meer aus. Im Gegensatz dazu zeigten sich die Maximalkonzentrationen der Alkane im Gebiet erhöhter biologischer Aktivität im nördlichen Arabischen Meer. Dies lässt auf unterschiedliche Quellen und/oder Senken der Alkene und Alkane schließen.

Die Genese der Alkene ist vermutlich auf die photochemische Bildung aus dem DOC an der Wasseroberfläche zurückzuführen. Auch eine Kombination der photochemischen Bildung mit einer Alkenbildung durch das Phytoplankton kann die beobachteten Konzentrationsverteilungen der Alkene erklären. Die Bildung der Alkane scheint dagegen im Zusammenhang mit dem Zooplankton zu stehen.

In einer hoch auflösenden Darstellung der Methankonzentrationsverteilung lassen sich kleinräumige Konzentrationsunterschiede in Abhängigkeit von der Wassermasse erkennen. Erstaunlich ist die saisonal relativ konstante Konzentrationsverteilung von Methan trotz der starken saisonalen Unterschiede der Primärproduktionsraten, die aber durch eine saisonal gleichbleibend hohe Zooplanktonpopulation erklärbar ist.

Mit Hilfe der Signaturen der stabilen Kohlenstoffisotope des Methans ist es gelungen, ein Modell zur Methanbilanzierung im Arabischen Meer zu erstellen. Aus der großen Anzahl von Messungen der Konzentrationen und der Signaturen der stabilen Kohlenstoffisotope konnten repräsentative Mittelwerte für verschiedene Tiefenzonen entlang eines Nord-Süd-Schnittes gebildet werden. Dadurch ist es erstmals gelungen, die Raten der Produktion und der Oxidation von Methan im Meerwasser zu bestimmen. Die wichtigsten Ergebnisse der Methanbilanz im Arabischen Meer sind:

- Im Oberflächenwasser ist die Produktions- und Oxidationsrate deutlich höher als in der Schicht der Maximalkonzentration. Die jährliche Methanproduktion und -oxidation beträgt
  - 6,8–13,2 (Produktion) bzw. 2,6–9,5  $\mu\text{mol m}^{-3}$  (Oxidation) im Tiefenbereich von 0–80 m,
  - 0,8–5,8 bzw. 0,1–1,6  $\mu\text{mol m}^{-3}$  im Tiefenbereich von 120–150 m,
  - 0,1–1,9 bzw. 0,1–2,0  $\mu\text{mol m}^{-3}$  im Tiefenbereich von 200–800 m.
- Die Produktionsraten korrelieren gut mit der Verteilung des Zooplanktons.
- Es gibt eine gegenüber dem Wasser-Luft-Austausch relevante Oxidation im Oberflächenwasser.
- Die aus der Methanoxidation errechnete Umsatzzeit ist im Oberflächenwasser erheblich niedriger als bisher angenommen und beträgt meist deutlich weniger als ein Jahr.
- Ein hoher Fraktionierungsfaktor  $\alpha$  bei der Methanoxidation erscheint wahrscheinlich.
- Die Korrelation der Oxidationsraten mit den Produktionsraten ist besser als mit den Konzentrationen.

Aus der besseren Korrelation der Oxidationsraten mit den Produktionsraten als mit den Konzentrationen lässt sich schließen, dass die Oxidationsraten im Oberflächenwasser auch bei einer verminderten Methanemission in die Atmosphäre steigen sollte. Ein Ausblick auf die zukünftige Rolle des Ozeans im globalen Methanhaushalt der Atmosphäre zeigt, dass der Ozean unter der Voraussetzung einer steigenden Oxidationsrate bei weiter ansteigenden atmosphärischen Methankonzentrationen zur Senke für atmosphärisches Methan werden kann. Dies ist in einer vereinfachten Berechnung allerdings erst bei einer Verdreifachung des aktuellen atmosphärischen Methangehaltes der Fall. Da dies aus heutiger Sicht wenig realistisch erscheint, muss der Ozean auch in Zukunft, trotz einer relevanten Methanoxidation im Oberflächenwasser, als geringe Quelle für Methan in der Atmosphäre gelten.