

Leibniz-Vorhaben im wettbewerblichen Verfahren (SAW-Verfahren) im Rahmen des Paktes für Forschung und Innovation 2009

Kurzlebige Bromverbindungen im Ozean und ihre Transportwege bis in die Stratosphäre (TransBrom)

Prof. Dr. Kirstin Krüger (Juniorprofessur)

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität Kiel, IFM-GEOMAR

Antrag im Rahmen der 5. Förderlinie:
„Frauen in wissenschaftlichen Leitungspositionen“



1. Motivation

Neueste Projektionen mit gekoppelten Klima-Chemie Modellen (Englisch: coupled Chemistry Climate Models, CCMs) sagen eine verzögerte Erholung der polaren stratosphärischen Ozonschicht erst für 2065-2070 vorher, statt wie bisher angenommen für 2050 (WMO, 2007). Das im letzten antarktischen Frühling (Okt. 2006) aufgetretene Ozonloch war das größte seit seiner Entdeckung 1985. Die im Frühjahr über den Polen auftretende chemische Ozonabnahme wird hauptsächlich durch anthropogene Chlor- und Bromfluorkohlenwasserstoffe verursacht. In den mittleren Breiten bestimmt ebenfalls die Zufuhr dieser Halogene den stratosphärischen Ozonhaushalt, wobei neuen Erkenntnissen zur Folge hier auch natürliche Halogenkohlenwasserstoffe, insbesondere kurzlebige marine Bromverbindungen, eine Rolle spielen. Der stratosphärische Bromeintrag wird seit neuestem weltweit mit etwa 5 ppt Gehalt als beste Annahme in CCMs berücksichtigt, um den stratosphärischen Ozonabbau der mittleren Breiten zu simulieren. Die Frage woher, wie schnell und in welchen Mengen dieses Brom in die Stratosphäre gelangt, ist bisher nicht geklärt und Gegenstand dieses WGL Antrags. Mit einem neuartigen Transportmodell und „Hot-Spot“ Messungen im tropischen Pazifik soll der tatsächliche Beitrag der marin Emissionen zum stratosphärischen Brom bestimmt werden.

Es wird vermutet, dass marine Emissionen von kurzlebigen Bromverbindungen, insbesondere Bromoform (CHBr_3) und Dibrommethan (CH_2Br_2) zur stratosphärischen und troposphärischen Ozonzerstörung beitragen. Ein großer Anteil der marin Emissionen entsteht in tropischen Regionen, wobei erhöhte Emissionen in Küsten- und Auftriebsgebieten beobachtet werden. Konvektionsprozesse in den Tropen können große Mengen der kurzlebigen Bromverbindungen sehr schnell bis zur Tropischen Tropopausenschicht (Englisch: Tropical Tropopause Layer, TTL) transportieren. Die Verweildauer der Spurengase in der TTL, bis die Spurengase die Stratosphäre erreichen, ist zurzeit mit großen Unsicherheiten behaftet (WMO, 2007). Im tropischen Westpazifik, ein Hauptkonvektionsgebiet und der Haupteintragsort troposphärischer Luftmassen in die Stratosphäre, existieren bisher keine Messungen kurzlebiger marin Bromverbindungen.

Der Einfluss der marin Bromverbindungen könnte sich in der Zukunft verstärken. Die maximalen Flüsse in den tropischen Ozeanen, die mit den Hauptkonvektionsgebieten in der Atmosphäre zusammenfallen, sind mit der biologischen Aktivität im Ozean verknüpft. Es ist daher vorstellbar, dass sich die marin Emission durch die Erderwärmung (CO_2 Erhöhung) und einer Umstellung der ozeanischen Zirkulation ändern. Ein sich veränderndes Klima führt ebenso zu einer anderen atmosphärischen Zirkulation, die einen direkten Einfluss auf die Transportwege der Spurengase hätte.

Das vorgestellte Thema ist ein aktueller Forschungsschwerpunkt in der Ozonforschung und erhielt im neuen WMO Ozon Assessment (2007) hohe Priorität. Es ist in sofern fest in internationalen Programmen verankert.

2. Forschungsziele

Ziel ist es den Anteil der kurzlebigen marinen Bromkohlenwasserstoffe am stratosphärischen Bromgehalt zu quantifizieren. Dafür müssen erstens die Emissionen des Ozeans bestimmt und zweitens die Transportwege mit einem konsistenten Modell bis in die Stratosphäre analysiert werden. Drittens sollen die Auswirkungen eines zukünftigen Klimawandels auf diese Transportwege in CCMs untersucht werden. Zur Bestimmung der Quellen und Emissionen in einem Hauptkonvektionsgebiet mit vermutlich starken marinen Quellen wird eine Schiffs-kampagne im tropischen Westpazifik, für den bisher keine ozeanischen Messungen kurzlebiger Bromverbindungen existieren, durchgeführt.

I. Messungen kurzlebiger Bromverbindungen in Ozean und Atmosphäre

II. Untersuchung des Luftmassen-Transports vom Ozean bis in die Stratosphäre

III. Auswertung zukünftiger Transportwege in Klimachemiemodellen

Die Forschungsziele sollen mit folgenden Methoden untersucht werden:

Ziele	Methoden		
	Messungen	Trajektorien-Rechnungen	CCM-Modellierung
Quantifizierung der kurzlebigen marinen Bromflüsse	X		
Bestimmung der Transportwege	X	X	X
Zukünftige Transportwege und Eintragsorte in die Stratosphäre			X

I. Um die marine Probenentnahme zu erhöhen wird eine Automatisierung des schon vorhandenen Analysensystems (a) beantragt. Mit einer Erweiterung der marinen Messstatistik sollen Bromverbindungen im Ozean und in der angrenzenden Deckschicht auf einer Schiffs-kampagne im Westpazifik (b) mit dem Forschungsschiff (FS) Sonne durchgeführt werden:

a) Automatisierung des Equilibrators:

Auf der Forschungsreise soll ein automatisierter Equilibrator für die Messung kurzlebiger Bromverbindungen eingesetzt werden. Zur Analyse halogenierter Verbindungen in Ozean und Atmosphäre werden zur Zeit hochkomplexe Systeme für die kontaminationsarme und zerstörungsfreie Probenaufbereitung eingesetzt, die gekoppelt an Gaschromatographen (GC) und Massenspektrometer (MS) eine Messgenauigkeit im fmol (10^{-15}) L⁻¹ Bereich erlauben. Zur Steigerung der Datenfrequenz soll ein automatisiertes Probengebersystem für Luft- und Equilibratorproben als Zuführung für das vorhandene GC/MS-System gebaut werden. Dabei wird auf Erfahrungen in der Abteilung der chemischen Ozeanographie zurückgegriffen, die für Automatisierungen mit einer in Kiel ansässigen Firma zusammenarbeitet. Die Bearbeitung des Probengebers mit Hilfe einer privaten Firma wird bevorzugt, da es sich um ein zeitlich und thematisch abgeschlossenes Vorhaben handelt, das für wissenschaftliche Arbeiten keinen Raum lässt.

b) Brom- und Radiosonden-Messungen im Westpazifik:

Der tropische Westpazifik ist ein Hauptkonvektionsgebiet und der Haupteintragsort troposphärischer Luftmassen in die Stratosphäre im Nordhemisphärischen (NH) Winter. Deshalb soll eine Schiffskampagne im westlichen Pazifik im NH-Winter 2009/2010 durchgeführt werden. Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Maritimen Kontinent, der auf Grund seiner großen, tropischen Schelfflächen als starke Quellregion vermutet wird. Es wird eine Fahrtbeteiligung mit FS Sonne beantragt, die sich in diesem Zeitraum in dem Zielgebiet befindet (östlicher Indik – Südchinesisches Meer – Westpazifik, siehe Abbildung 1). Auf dieser Forschungsreise werden neben den halogenierten Verbindungen in Luft und Meerwasser

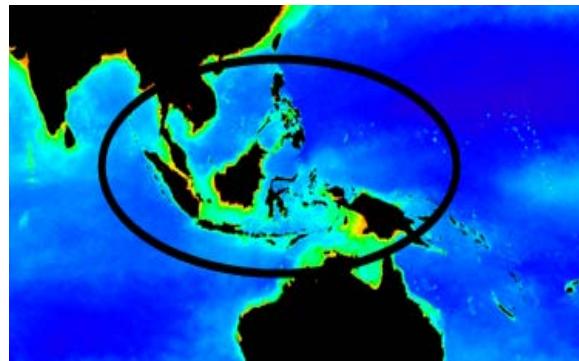


Abbildung 1: Geplanter Einsatz des Forschungsschiffs Sonne (links), das in den Jahren 2009 bis 2010 vom östlichen Indik bis zum Westpazifik (rechts) unterwegs sein wird.

ebenso Informationen über den Phytoplanktongehalt des Meerwassers und dessen Zusammensetzung (Chlorophyllsonde, Pigmentproben) gesammelt, um die marinen Quellen näher zu beleuchten. Ferner wird mit Hilfe von Radiosondenaufstiegen die Struktur der Atmosphäre untersucht, was zur Validierung des Transportmodells und der CCMs nötigt ist.

II a) Die Entwicklung und Anwendung eines konsistenten Transportmodells soll durchgeführt werden. Um die tatsächliche Menge mariner Bromkohlenwasserstoffemissionen in die Stratosphäre abzuschätzen, werden die Transportwege der Luftmassen vom Ozean bis in die Stratosphäre mit Hilfe eines Trajektorienmodells berechnet. Der neue Ansatz für die TTL, der für eine lange klimatologische Zeitreihe entwickelt und angewandt wurde (Krüger et al 2007a), soll im Rahmen dieses WGL Antrags für troposphärische Transportwege erweitert werden.

II b) Mit Hilfe dieses Modells soll zum einen der Beitrag, der schon bekannten tropischen, atlantischen Quellregionen (Quack et al., 2004, 2007a) zum stratosphärischen Brom, bestimmt werden. Zum anderen soll durch „Rückwärtsrechnungen“ des Luftmassentransports aus den Haupteintragsgebieten der Stratosphäre (Westpazifik/ Maritimer Kontinent) analysiert werden, welche marinen Quellregionen von besonderer Bedeutung sind.

III. Zukünftige Transportwege kurzlebiger Bromkohlenwasserstoffe und ihre Eintragsorte in die Stratosphäre werden mit CCMs bestimmt, die in Zukunft auch mit Ozeanmodellen gekoppelt sein werden (CCMVal Workshop in Leeds, UK, Juni 2007). Zur Beurteilung der Zukunftsprojektionen werden vergangene und gegenwärtige Klimasimulationen herangezogen, die mit Beobachtungen verglichen werden. Es wird eine Auswertung der weltweit vorhandenen CCMs durchgeführt, um mit Hilfe des vielseitigen Modellmittel-Ansatzes eine verlässlichere Aussage zu erhalten. Die CCM-Simulationen werden im Rahmen von CCMVal („CCM Validation“ eine Initiative von Stratospheric Processes And their Role in Climate (SPARC)) für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt (siehe www.pa.op.dlr.de/CCMVal). In 2010 ist ein begutachteter CCMVal Report zur Veröffentlichung geplant, in dem die hier vorgeschlagenen Untersuchungen zum Tragen kommen sollen.

3. Ablaufplan

Die folgenden Meilensteine sollen erreicht werden (siehe Tabelle 1): Die Messkampagne wird von Frau Dr. Birgit Quack in Zusammenarbeit mit einem Doktoranden, einem erfahrenen Techniker des IFM-GEOMAR und einer studentischen Hilfskraft durchgeführt. Die an Bord gewonnenen Phytoplankton- und „Dissolved Organic Matter“ (DOM)-Proben, sowie die Radiosondenaufstiege werden anschließend am IFM-GEOMAR gemessen bzw. ausgewertet. Die Finanzierung des WGL-Vorhabens ist in Tabelle 2 zusammengefasst.

Referenzen

- Krüger, K., S. Tegtmeier, and M. Rex, Long-term climatology of air mass transport through the Tropical Tropopause Layer (TTL) during NH winter. *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 813-823, 2008
- Quack, B., E. Atlas, G. Petrick, V. Stroud, S. Schauffler, and D. W. R. Wallace, Oceanic bromoform sources for the tropical atmosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23S05, 2004.
- Quack, B., E. Atlas, G. Petrick, and D. W. R. Wallace, Bromoform and dibromomethane above the Mauritanian upwelling: Atmospheric distributions and oceanic emissions. *J. Geophys. Res.*, 2007a.
- WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006, *Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 50*, 572 pp., Geneva, Switzerland, 2007.