

Forschungsthema des Monats November 2013

REKLIM Forschungsthema 3: Regionale Klimaänderungen in der Arktis

Flugzeuggetragene Messungen von Methanemissionen aus Permafrostgebieten (AIRMETH)

Etwa ein Viertel der Landfläche der nördlichen Hemisphäre ist von Dauerfrostboden (Permafrost) geprägt. Vor allem in reliefarmen Gebieten führt der gefrorene Untergrund dazu, dass Schmelz- und Niederschlagswasser nicht abfließen können und große Flächen in den arktischen und subarktischen Tiefländern durch feuchte polygonale Tundra (auch als „Polygonmoore“ bezeichnet) charakterisiert sind. In diesen Feuchtgebieten entstehen während des saisonalen Auftauens der oberen Bodenschichten durch mikrobiellen Abbau organischer Substanz Treibhausgase wie Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2). Nach aktuell publizierten Schätzungen könnten bis zu 1700 Gt organischen Kohlenstoffs im Permafrost gespeichert sein. Vor dem Hintergrund einer sich schneller und stärker als andere Regionen erwärmenden Arktis wird befürchtet, dass damit einhergehendes tieferes Auftauen oder weitflächige Degradation von Permafrost an den südlichen Randbereichen zur Zersetzung und Freisetzung dieses Kohlenstoffs führen könnte. Passiert dies großflächig, könnte es einem signifikanten, bisher nicht in Simulationen berücksichtigten, zusätzlichen Eintrag von Treibhausgasen in das Klimasystem gleichkommen. Quellen und Senken von Treibhausgasen, insbesondere von Methan, sind von vielen verschiedenen Standorteigenschaften abhängig und daher sehr heterogen verteilt. Die bisherigen, zumeist sehr kleinräumigen Messverfahren, eignen sich gut für räumlich hochaufgelöste Prozessstudien oder Dauermessungen, erlauben aber kaum repräsentative Aussagen zu regionalen Treibhausgasemissionen aus Permafrostgebieten und sind zudem nur an sehr wenigen Untersuchungsstandorten etabliert. Dies führt zu großen Unsicherheiten in den gegenwärtigen Abschätzungen globaler Treibhausgasemissionen aus natürlichen Feuchtgebieten und wahrscheinlich zu einer deutlichen Überschätzung insbesondere der bottom-up Gesamtemissionen.

Um aktuelle Treibhausgasflüsse in den zirkumpolaren Permafrostlandschaften großflächig zu quantifizieren, können seit Kurzem Flugzeugmessungen einen wichtigen Beitrag liefern. Im Rahmen der von AWI und GFZ gemeinsam durchgeführten AIRMETH-Kampagnen (Airborne Measurements of Methane Flux) wurde 2012 und 2013 erstmals die mikrometeorologische Eddy Kovarianz Methode eingesetzt, um die turbulenten Wärme-, Feuchte-, Methan- und CO_2 -Flüsse zwischen Tundra und Atmosphäre über weiträumigen Gebieten wie der Arktischen Küstenebene Alaskas und dem Mackenziedelta direkt quantifizieren zu können (Abb. 1). Die Eddy Kovarianz Methode beruht auf der hochfrequenten Messung von z.B. Gaskonzentrationen und 3D-Windvektoren. Diese hochfrequenten Daten werden in einen Mittelwert und einen fluktuierenden Anteil zerlegt (Reynolds Zerlegung), wobei die Kovarianz der instantanen Abweichungen des Vertikalwindes und der Gaskonzentration von ihrem jeweiligen Mittelwert proportional zum vertikalen Fluss sind. Um das gesamte Turbulenzspektrum abzudecken, wird bei bodenbasierten Messungen über eine bestimmte Zeit (üblicherweise 30 min) und bei

Flugzeugmessungen über eine bestimmte Strecke (bei AIRMETH über mindestens 10 km) gemittelt.

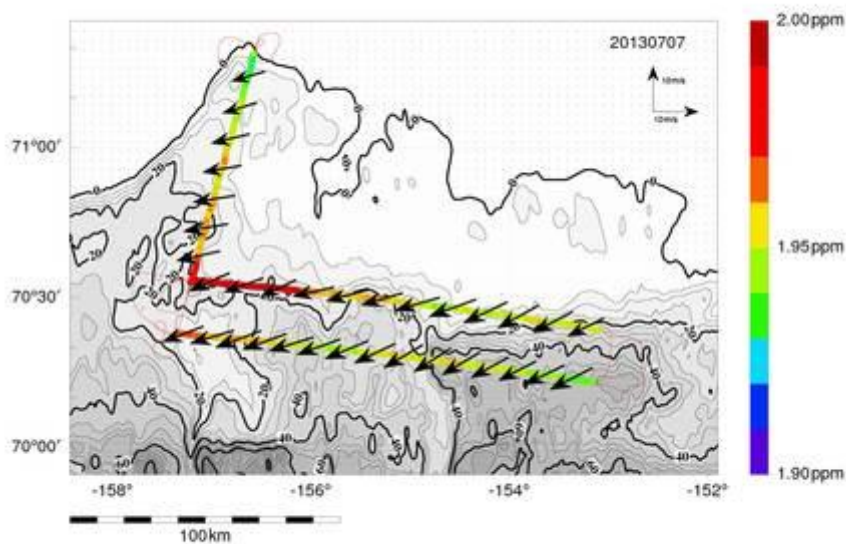


Abbildung 1: Beispiel eines Messfluges zur großflächigen Quantifizierung von Treibhausgasflüssen. Hier dargestellt sind Methankonzentrationen entlang des Flugpfades sowie Windrichtung und -geschwindigkeit (Grafik: Jörg Hartmann)

Während Messungen am Boden nur geringe räumliche Abdeckung liefern aber kontinuierlich möglich sind, stellen großflächige Flugzeugmessungen immer nur einen kurzen zeitlichen Ausschnitt dar. Um Flugzeugmessungen räumlich und zeitlich extrapolieren zu können, müssen daher regional gültige Prozesse identifiziert werden, die die räumlichen Muster der Flüsse erklären können. Um diese Flüsse aber in Beziehung zu den kleinräumig variablen biophysikalischen und meteorologischen Treibern setzen zu können, muss zunächst eine bessere räumliche Auflösung als mit der herkömmlichen Reynolds Zerlegung erreicht werden. Mittels Wavelet Zerlegung der Turbulenzdaten kann die nötige räumliche Auflösung der Flussmessung von etwa 100 m erreicht werden (Abb. 2). Anschließend werden zu jeder Messung die biophysikalischen Oberflächeneigenschaften des Quellgebietes bestimmt und mit Hilfe stochastischer Entscheidungsbäume eine Antwortfunktion zwischen Treibern und gemessenen Flüssen abgeleitet, mit der regionale Karten des Wärme-, Feuchte- und Treibhausgasaustausches generiert werden können [Metzger et al., 2013]. Die ersten Ergebnisse zeigen mittlere Methanflüsse in der Fläche von $10 - 20 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, während die wenigen publizierten Daten aus bodenbasierten Messungen um Barrow zwei- bis fünffach höhere Emissionen zeigen.

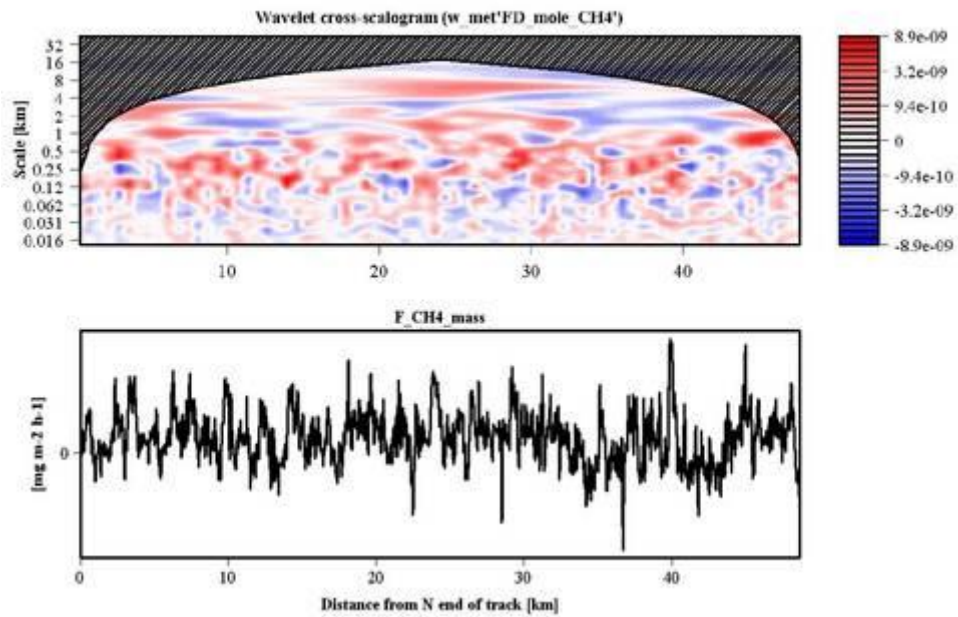


Abbildung 2: Wavelet Cross-Scalogram aus Vertikalwind und Methankonzentration und resultierender Methanfluss in 100 m Auflösung entlang des Flugpfades (Grafik: Stefan Metzger).

Referenz:

Metzger, S. et al. (2013), Spatially explicit regionalization of airborne flux measurements using environmental response functions, *Biogeosciences*, 10(4), 2193-2217, doi:10.5194/bg-10-2193-2013.