MAMap – Ein neuer flugzeuggetragener Sensor zur flächenhaften Ermittlung von Methan- und CO2-Emissionen

Torsten Sachs [1], Tretner, A.[1], Gerilowski, K.[2], Krings, T.[2], Buchwitz, M.[2], Bovensmann, H.[2], Erzinger, J.[1] & Burrows, J.[2]

[1] Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sekt. 4.2 Anorganische und Isotopengeochemie, Torsten.Sachs@gfz-potsdam.de

[2] Institut für Umweltphysik, Universität Bremen, Otto-Hahn-Allee 1, 28334 Bremen

Etwa 5–8 % der Landfläche der Erde sind von arktischer Tundra bedeckt, die als dominantes terrestrisches Ökosystem der Arktis durch ihre Interaktion mit der Atmosphäre und der Cryosphäre eine wichtige Rolle im globalen Klimasystem spielt. Gleichzeitig sind Tundra-Ökosysteme durch ihre Anpassung an die klimatischen Gegebenheiten und durch das Vorkommen von Dauerfrostboden (Permafrost) extrem sensibel. Durch die in der Arktis bereits stattfindende, relativ zum globalen Mittel stärkere Erwärmung, finden Veränderungen statt, die zur Zeit nicht zufriedenstellend verstanden und vor allem nicht gut quantifiziert werden können. Dieses liegt unter anderem in der sehr lückenhaften Datenlage und dem daraus direkt folgenden mangelnden Prozessverständnis begründet.

Die Mengen des klimawirksamen Treibhausgases Methan und die Prozesse, die an deren Freisetzung aus Permafrostbeeinflussten Tundra-Ökosystemen beteiligt sind, stellen ein derzeit hochaktuelles Beispiel sowohl für die mangelhafte Datenlage als auch für unzureichendes Prozessverständnis dar. Bisherige Studien zur Methanfreisetzung aus arktischer Tundra wurden fast ausschließlich auf sehr kleinen räumlichen Skalen (bis ca. 1 m^2) mittels geschlossener Kammersysteme durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anschließend auf die regionale oder globale Skala extrapoliert. Dieses Vorgehen führte zu erheblichen Unsicherheiten in den globalen Abschätzungen, da der Gasaustausch zwischen terrestrischen Ökosystemen und der Atmosphäre sowohl zeitlich als auch räumlich hochgradig variabel ist. Dieses gilt nicht nur aber auch für Methan und vor allem in den Ökosystemen der hohen nördlichen Breiten, die durch extrem kleinskalige räumliche Heterogenität charakterisiert sind (Abb. 1). Sowohl für CO_2 als auch für Methan gilt außerdem, dass zwar teilweise lange Datenreihen mit hoher zeitlicher Auflösung vorliegen (z. B. durch kontinuierliche Eddy Kovarianz Messungen), die räumliche Abdeckung aber nach wie vor unzureichend ist, insbesondere in schwer zugänglichen Gebieten wie den ausgedehnten russischen und nordamerikanischen Tundrenflächen.

Neuere Ergebnisse aus sibirischer Tundra [1] zeigen beispielsweise, dass gemessene Emissionen auf der Ökosystemskala nicht nur leicht eine Größenordnung geringer sein können als die üblicherweise publizierten Emissionen aus Punktmessungen, sondern dass sich vor allem auch die dominierenden Steuerfaktoren je nach betrachteter Skala (und angewandter Messmethodik) unterscheiden können. So werden Methanemissionen auf der Ökosystemskala (Hektar bis Quadratkilometer) neben den bekannten bodenbürtigen Steuerfaktoren (z. B. Bodentemperatur) entscheidend durch die Eigenschaften der atmosphärischen Grenzschicht gesteuert. Vor allem die Stärke der atmosphärischen Turbulenz und die Luftdruckentwicklung spielen hier eine wichtige Rolle. Bisherige Standardmethoden schließen solche Einflussfaktoren designbedingt aus, so dass wichtige Transportprozesse nicht erkannt und bei Modellansätzen folglich nicht beachtet wurden. Das führt dazu, dass aktuelle Methanemissionsmodelle solche Daten, die auf größeren Skalen gewonnen wurden, nicht befriedigend reproduzieren können.

Viele Unsicherheiten, die mit der mangelnden räumlichen Repräsentativität vorhandener Messungen in Methan emittierenden Gebieten verbundenen sind, sowie Unzulänglichkeiten aktueller Prozessmodelle aufgrund fehlenden Prozessverständnisses auf größeren räumlichen Skalen könnten durch den vom Deutschen GeoForschungsZentrum und dem Institut für Umweltphysik der Universität Bremen gemeinsam entwickelten, flugzeuggetragenen Sensor „Methane Airborne Mapper“ (MAMap) entscheidend reduziert werden. MAMap ist ein 2-Kanal Spektro-

meter, das in der Lage ist, gleichzeitig Methan, CO_2 und O_2 Konzentrationen in der Atmosphäre mittels Absorptionsspektrometrie zu detektieren. Dabei deckt MAMap die relevanten Bereiche des nahen und kurzwelligen Infrarotabsorptionsbereiches der untersuchten Gase (~760 nm für O_2, ~1600 nm für CO_2, ~1660 nm für CH_4) mit einer spektralen Auflösung von 0.46 nm für O_2 und 0.82 nm für CH_4 und CO_2 ab. Die Bodenpixelgröße variiert mit Flughöhe und Geschwindigkeit und beträgt bei 1 000 m Höhe und 200 km/h Geschwindigkeit ca. 35 × 25 m. Gegenwärtig wird über Land bei niedriger Albedo eine Präzision von 1 % der atmosphärischen Hintergrundkonzentration erreicht.

MAMap kann nicht nur Informationen über räumlich ausgedehnte, unzugängliche Ökosysteme liefern und somit Unsicherheiten in regionalen und globalen Abschätzungen gegenwärtiger „diffuser" Methanquellen reduzieren, sondern auch neue Einblicke in auf kleiner Fläche sehr stark emittierende aber räumlich unregelmäßig verteilten anthropogenen, geogenen oder biogenen Quellen wie Deponien, Schlammvulkane oder destabilisierte Gashydrate an Kontinentalhängen, oder auf den sibirischen Schelfgebieten, geben (siehe Vortrag Hubberten). In multiskaligen Messdesigns wie beispielsweise in den derzeit entstehenden TERENO Observatorien mit boden- oder turmbasierten Messungen, sowie flugzeug- und satellitengetragenen Sensoren können Prozesse auf verschiedenen relevanten räumlichen und zeitlichen Skalen untersucht werden. Hier kann MAMap als Bindeglied zwischen boden- und satellitengestützten Untersuchungen zu einem besseren mesoskaligen (~1 – 100 km²) Prozessverständnis beitragen (Abb. 1).

Literatur

[1] Sachs, T., Wille, C., Boike, J. & Kutzbach, L. (2008): Environmental controls on ecosystem-scale CH_4 emission from polygonal tundra in the Lena River Delta, Siberia – J. Geophys. Res., 113, G00A03, doi:10.1029/2007JG000505.

Abb. 1: Starke räumliche Heterogenität wie im sibirischen Lenadelta (Bildmitte), erfordert Messungen auf mehreren relevanten Skalen (links) unter Zuhilfenahme verschiedener Methoden (rechts). Dargestellt sind von unten nach oben Messungen mittels geschlossener Kammersysteme (Punktmessungen), mikrometerologische Eddy Kovarianz Messungen (Hektar bis Quadratkilometer), flugzeugbasierte Fernerkundung (z. B. MAMap) und satellitengestützte Fernerkundung für globale Messungen.