

# Forschungsthema des Monats Dezember 2013

## REKLIM Forschungsthema 4: Die Landoberfläche im Klimasystem

### **Kältere Böden in einer wärmeren Welt – Wie der Klimawandel die Emissionen von Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus Böden verändern kann**

*Ralf Kiese, Haiyan Lu, Jin Fu, Eugenio Diaz-Pinés, Rainer Gasche, Klaus Butterbach-Bahl*

*Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU) Garmisch Partenkirchen*

Die terrestrische Biosphäre mit ihren natürlichen und anthropogen geprägten Ökosystemen ist eine dominante Senke und/oder Quelle klimarelevanter Spurengase wie z. B. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) und bestimmt somit maßgeblich die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. So sind die Quellen von atmosphärischem N<sub>2</sub>O zu ca. 60 % biologischen Ursprungs, wobei global etwa 40-60 % aus landwirtschaftlich genutzten Böden und ca. 20-40 % aus Waldböden emittiert werden. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insbesondere auf die mikrobiellen Umsetzungsprozesse Nitrifikation und Denitrifikation zurückzuführen. Die Nitrifikation ist an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden und findet daher eher in gut durchlüfteten Böden statt. Während der Nitrifikation wird Ammonium durch nitrifizierende Bakterien zu Nitrit oder Nitrat oxidiert, wobei fakultativ N<sub>2</sub>O und NO als Zwischenprodukte entstehen. Unter Sauerstoffmangel-Bedingungen kann innerhalb des mikrobiellen Prozesses der Denitrifikation Nitrat unter Bildung und teilweise Freisetzung der obligaten Zwischenprodukte Nitrit, NO und N<sub>2</sub>O bis zum molekularen N<sub>2</sub> reduziert werden (Conrad 2002).

Böden unter Grünlandnutzung stellen erhebliche Kohlenstoff- und Stickstoffspeicher dar. Wegen ihrer weiten Verbreitung im Alpenraum, kommt ihnen eine große Bedeutung beim Klimaschutz zu. Die gegenwärtige Klimaerwärmung im Alpenraum ist etwa doppelt so stark wie im globalen Durchschnitt. Ob diese Klimaänderung die Kohlenstoff- und Stickstoffspeicher von Grünlandböden mobilisiert, so dass diese vermehrt als Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen, ist bisher nicht bekannt. Deshalb wurde vom KIT IMK-IFU im Rahmen von TERENO und REKLIM ein Freiland- experiment im bayrischen Ammer-Einzugsgebiets etabliert, in dem u. a. klimabedingte Veränderungen der Quell- und Senkenstärke der wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) erfasst werden. Hierzu wurden große Grünland-Bodenkerne (2.5 – 3.5 t Gewicht; 1m<sup>2</sup>; 1.4m hoch) mit Vegetation entlang eines natürlich gegebenen Höhengradienten von höher gelegenen zu deutlich niedriger gelegenen Standorten versetzt. Dieses Versetzen erhöht die Jahresdurchschnittstemperatur um etwa zwei Grad, verkürzt die winterliche Schneeperiode und simuliert damit die für kommende Jahrzehnte zu erwartende Klimawandelbedingungen (Abb.1).

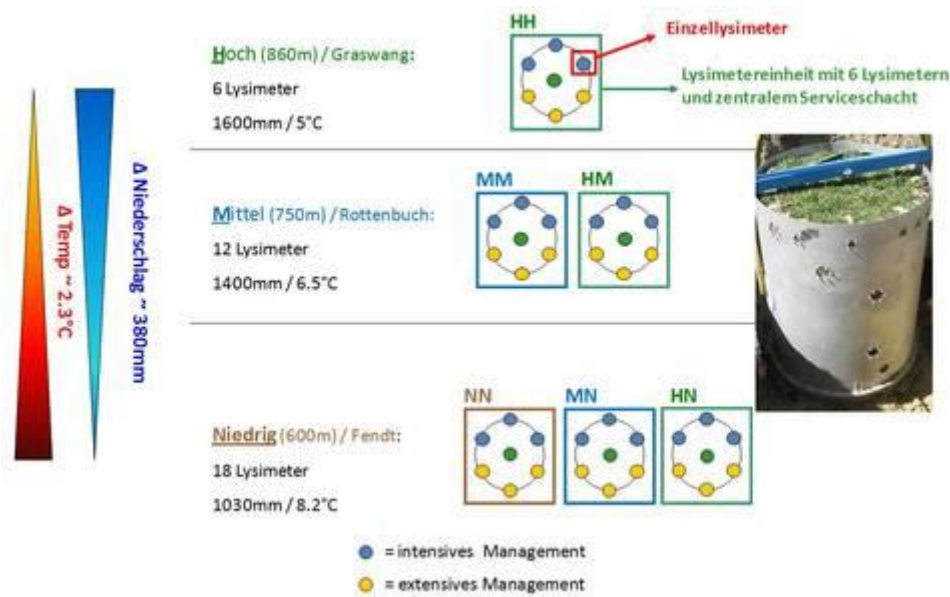


Abbildung 1: Versuchsdesign des in-situ Klimaänderungsexperiments, HH, MM, NN Kontrollen jeweils in hoher, mittlerer, niedriger Höhenstufe; HM, HN versetzte Bodenkerne von hoher in mittlere und niedrige Höhenstufe; MN versetzte Bodenkeren von mittlerer in tiefe Höhenstufe.

Im ersten Jahr waren die  $N_2O$  Emissionen unter Klimawandelbedingungen im Frühjahr und Sommer leicht erhöht, bei Betrachtung der Jahressumme insgesamt jedoch geringer als die Kontrollvariante am hoch gelegenen Standort. Dies ist auf häufigere und intensivere Frost-Tau Ereignisse in höheren Lagen zurückzuführen. Trotz der niedrigen Temperaturen im Winter und des biologischen Ursprungs von  $N_2O$  zeigen immer mehr Studien, dass die speziellen Bedingungen während Frost-Tau Ereignissen in temperaten und borealen Böden zu vergleichsweise hohen Emissionen führen, die sogar das jährliche  $N_2O$  Budget eines Standortes dominieren können (Abb. 2).

Da der Klimawandel in vielen Regionen die Schneehöhe und Dauer der Schneebedeckung von Böden reduzieren wird, ist zukünftig wegen des Fehlens der isolierenden Wirkung des Schnees mit einer Zunahme der Häufigkeit aber auch der Intensität von Frost-Tau Ereignissen und damit höheren  $N_2O$  Emissionen im Winter zu rechnen (Abb. 3)

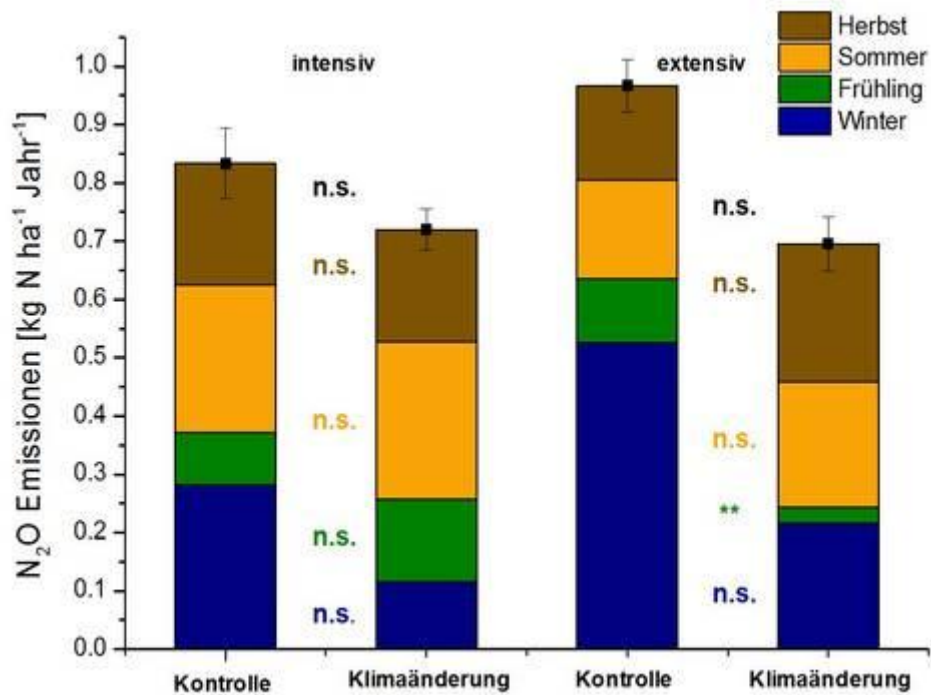


Abbildung 2: Wavelet Cross-Scalogram aus Vertikalwind und Methankonzentration und resultierender Methanfluss in 100 m Auflösung entlang des Flugpfades (Grafik: Stefan Metzger).

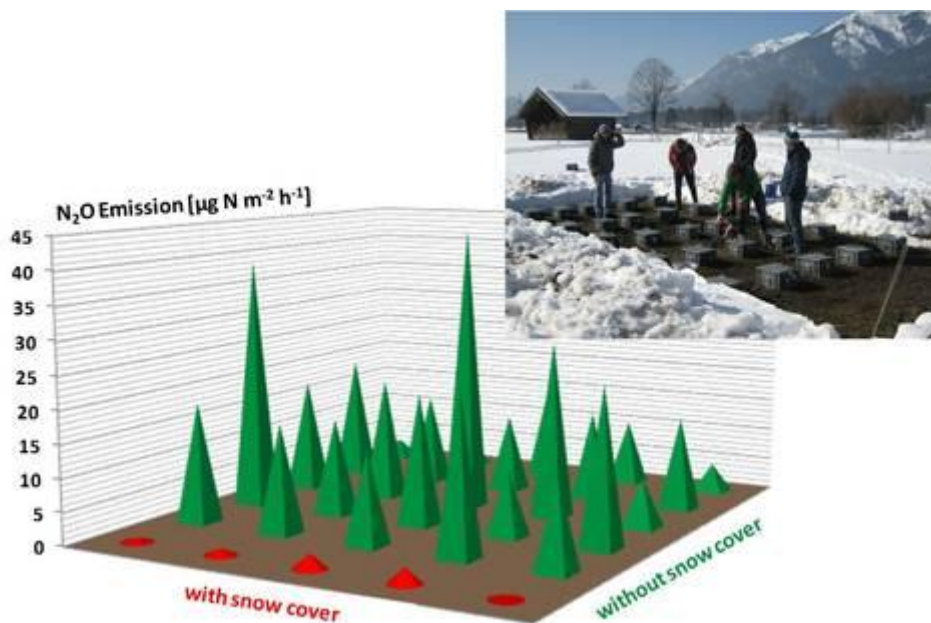


Abbildung 3: Räumliche Variabilität und Höhe von N<sub>2</sub>O Emissionen mit und ohne Schneebedeckung. Die Feldmessungen wurden im Rahmen der Projektstudie „Bodenökologie“ mit Studenten der Universität Freiburg durchgeführt.

## **Referenzen:**

Conrad R. (2002). Microbiological and biochemical background of production and consumption of NO and N<sub>2</sub>O in soil (S. 3-33). In: Gasche R, Papen H, Rennenberg H (HRSG): Trace gas exchange in forest ecosystems. Tree Physiology Volume 3: Trace gas exchange in forest ecosystems. Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London, 342 S.

de Bruijn A., Butterbach-Bahl K., Blagodatsky S., Grote R. (2009). Model evaluation of different mechanisms driving freeze–thaw N<sub>2</sub>O emissions. Agriculture, Ecosystems and Environment 133, 196–207.

Luo G.J., Brüggemann N., Wolf B., Gasche R., Grote R., Butterbach-Bahl K. (2012). Decadal variability of soil CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> fluxes at the Höglwald Forest, Germany. Biogeosciences 9, 1741–1763.