

Zusammenfassung

Erstellung eines globalen Katasters für N₂O-Emissionen aus Böden tropischer Regenwälder unter Verwendung eines biogeochemischen Modells

STICKSTOFFDIOXID (N₂O) ist ein stark klimawirksames Spurengas und trägt zu etwa 6% zum beobachteten, anthropogen verursachten Treibhauseffekt bei. Es wird vermutet, dass Böden, insbesondere tropische Waldböden, die bedeutendste natürliche Quelle für atmosphärisches N₂O darstellen. Zahlreiche Studien haben außerdem gezeigt, dass die Höhe von N₂O-Emissionen tropischer Waldböden sowohl räumlich als auch zeitlich stark variiert. Die Kopplung von Geographischen Informationssystemen (GIS) mit detaillierten, prozess-orientierten Modellen wird deshalb als eine viel versprechende Methode zur Berechnung von N₂O-Emissionskatastern angesehen, da sie sowohl die grundlegenden mikrobiellen Umsetzungsprozesse als auch deren ökologische Steuergrößen berücksichtigt. Vor allem mit täglicher Auflösung operierende Modelle, wie das in dieser Studie eingesetzte ForestDNDC-tropica, sind in der Lage, die beobachteten intra- und inter-annuellen Schwankungen von N₂O-Emissionen zu simulieren. Zur Kalibrierung und Validierung dieser Modelle werden aber zeitlich hoch aufgelöste N₂O-Emissionsmessungen benötigt, die jedoch bisher nur in sehr begrenztem Umfang verfügbar sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden deshalb zunächst zeitlich hoch aufgelöste Datensätze des Boden-Atmosphäre-Austausches von N₂O, Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) sowie wichtiger ökologischer Einflussgrößen in tropischen Regenwäldern Kenias und Süd-West Chinas mittels eines vollautomatischen Messsystems erhoben. Hierbei konnten signifikante Unterschiede der regionalen Quellstärke von C- und N-Spurengasen zwischen den Messflächen und auch unterschiedlichen Waldtypen festgestellt werden. Allerdings wurden ebenfalls Gemeinsamkeiten beobachtet, wie etwa das Auftreten von kurzzeitigen N₂O Emissionsspitzen mit den ersten Regenfällen nach der Trockenzeit, Substratlimitierungen der N₂O-Emissionen sowie eine starke Abhängigkeit der N₂O Emissionen von der Bodenfeuchte. Die erhobenen Messdaten sind in ihrer Qualität für diese Tropenregionen einzigartig, da zum einen keine Messungen für diese Gebiete vorlagen und zudem erstmals der Boden-Atmosphäre-Austausch von N₂O, CH₄ und CO₂ in sehr hoher zeitlicher Auflösung aufgezeichnet wurde.

In Verbindung mit bereits existierenden Datensätzen vergleichbarer Qualität wurden die neu erhobenen Daten für eine Neukalibrierung des ForestDNDC Modells mittels einer parallelisierten Bayesischen Kalibrierung genutzt. Durch umfassende Validierungs- und Sensitivitätsstudien konnte die Güte des verbesserten biogeochemischen Modells für die Simulation von N_2O -Emissionen aus tropischen Waldökosystemen aufgezeigt werden. Die neue Modellversion wurde in Verbindung mit einer neu entwickelten GIS Datenbank der weltweiten tropischen Regenwaldgebiete zur Berechnung eines globalen N_2O -Emissionskatasters eingesetzt. Für die Jahre 1991 – 2000 wurden N_2O -Emissionen in täglicher Auflösung simuliert, wobei sowohl ausgeprägte räumliche als auch zeitliche Muster der N_2O -Quellstärken zu Tage traten.

Basierend auf den vorgestellten Berechnungen wurde die globale Quellstärke für N_2O -Emissionen aus tropischen Regenwaldböden von bisher $1.2 - 3.6 \text{ Tg N yr}^{-1}$ auf 1.3 Tg N yr^{-1} revidiert. Hierbei gilt es allerdings zu beachten, dass einige der bisherigen Abschätzungen auf zum Teil deutlich größeren Regenwaldgebieten basieren, die in dieser Arbeit verwendete Fläche hingegen denen aktuellerer Studien entspricht. Die durch die Eingangsdaten bedingte Unsicherheitsspanne des N_2O -Emissionskatasters wurde mit Hilfe des Latin Hypercube Verfahrens auf $0.9 - 2.4 \text{ Tg N yr}^{-1}$ berechnet.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Arbeit ist die im globalen Maßstab sowohl saisonale als auch inter-annuell simulierte Variabilität der N_2O -Emissionen aus den Böden tropischer Regenwälder, die sich zwar zum Teil aus Beobachtungen im Rahmen von Feldmessungen ergibt, auf globaler Ebene jedoch durch statistische Skalierungsmethoden bisher nicht herausgearbeitet werden konnte. Es wurden weiterhin signifikante räumliche und zeitliche Variabilitäten der N_2O Emissionen im kontinentalen Maßstab beobachtet. So variierten die pedogenen N_2O -Emissionen aus afrikanischen Tropenwäldern zwischen den Jahren 1993 und 1994 um 90%. Diese starken Variationen der kontinentalen N_2O -Quellstärken sollten deshalb auch durch inverse Modellierungsverfahren aufgezeigt werden können.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass ForestDNDC-tropica die weltweit in Freilandmessungen beobachtete Heterogenität des N_2O -Spurengasaustausches realistisch nachbilden kann. Weiterhin zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deutlich, dass die GIS-gekoppelte biogeochemische Modellierung ein exzellentes Werkzeug für die Berechnung kontinentaler und globaler Emissionskataster ist. Der vorgestellte Ansatz ermöglicht den Übergang vom bisherigen statischen Konzept der Emissionskataster hin zu einer dynamischeren Betrachtungsweise des N_2O -Spurengasaustausches, bei der auch Klima- und Landnutzungsänderungen berücksichtigt werden können. Allerdings wurde in dieser Studie ebenfalls die Notwendigkeit weiterer detaillierter Messkampagnen deutlich, welche für die Kalibrierung prozess-orientierter Modelle unverzichtbar sind.