

► Project *brief*

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

2023/42

Modellierung naturräumlicher und managementbedingter Effekte auf Lachgasemissionen aus Fruchtfolgen von Rohstoffpflanzen (THG EMOBA)

Rene Dechow¹, Jarno Rouhiainen¹

- **Landnutzungsbedingte Lachgasemissionen sind relevante Treibhausgasemissionen (THG) bei Fruchtfolgen nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) und müssen für die Bewertung von THG-Einsparpotenzialen von Bioenergielinien quantifiziert werden.**
- **Wir haben biogeochemische und stochastische Modellansätze, die für die Quantifizierung landnutzungsbedingter Lachgasemissionen entwickelt wurden, an umfangreichen Datensätzen getestet und auf gängige NAWARO-Fruchtfolgen in verschiedenen Bodenklimaräumen Deutschlands angewendet.**
- **Unsere Sensitivitätsuntersuchungen machen deutlich, dass insbesondere die Unsicherheiten von Bodendaten relevant für die Genauigkeit modellierter Lachgasemissionen mit biogeochemischen Modellen sind.**
- **Die deutschlandweit gerechneten Szenarien zu Produktivität und THG-Emissionen zeigen, dass die THG-Minderungspotenziale von Bioenergieanlagen stark von Witterungs- und Bodenbedingungen beeinflusst werden.**

Hintergrund und Zielsetzung

Bei der Nutzung von Energie- und Betriebsmitteln, für den Anbau nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) und bei deren Konversion zu nutzbaren Energieträgern (z. B. Biogas, Biotreibstoff) entstehen Treibhausgase (THG). Davon sind insbesondere direkte und indirekte Lachgasemissionen aus den Anbauflächen nicht leicht zu quantifizieren. Sie entstehen über mikrobielle Abbauprozesse, deren Intensität vom Zusammenspiel natürlicher Bedingungen, zum Beispiel Witterung, Bodeneigenschaften und den angewendeten Anbaumethoden, abhängt.

Es gibt Modellansätze unterschiedlicher Komplexität, die dieses Zusammenspiel beschreiben und dadurch Abschätzungen der THG-Emissionen ermöglichen. Über biogeochemische prozessorientierte Modelle können auch Ernteerträge und Nitratauswaschung von NAWARO-Systemen quantifiziert werden. Nur wenn man alle entstehenden THG-Emissionen kennt und in Relation zum erbrachten Energieertrag setzt, kann man den Nutzen von NAWARO-Systemen bewerten und Maßnahmen zur Minderung von THG konzipieren.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden prozessbasierte Modelle verwendet, um regionalisierte Schätzungen direkter Lachgasemissionen typischer NAWARO-Fruchtfolgen in Deutschland zu quantifizieren. Mithilfe des BIOGRACE II Tools, einem Werkzeug zur Berechnung von THG-Bilanzen für die Energiegewinnung

aus Biomasse, und unterschiedlichen THG-Indikatoren, war somit eine Bewertung regionalspezifischer THG-Bilanzen möglich. Modelle sind immer vereinfachte Beschreibungen der Realität. Je komplexer sie sind, desto größer ist ihr Datenbedarf, und desto größer werden ihre Unsicherheiten. Dies schränkt auch ihre Eignung zur Bewertung und Optimierung von NAWARO-Systemen ein. Im Projekt THG EMOBA untersuchten wir deshalb, wie Datenverfügbarkeit und Modellkomplexität die Abschätzung landnutzungsbedingter Lachgas-Emissionen beeinflussen.

Vorgehensweise

Wir haben zunächst einen Datensatz erstellt, der die verfügbaren und für eine Modellierung geeigneten Daten zu Feldexperimenten von 29 Ackerstandorten mit 344 Versuchsvarianten in Deutschland zusammenführt. Die Daten, mit Messungen direkter Lachgasemissionen, Nitratgehalten im Boden und Ernteerträgen, wurden auf Qualität und Plausibilität geprüft. Datenlücken wurden über Algorithmen zur Vorhersage von Eigenschaften aus Bodendaten (Pedotransferfunktionen), Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und Veröffentlichungen geschlossen.

Anschließend haben wir mit diesem Datensatz biogeochemische Modelle (DNDC-CAN, HUME) und stochastische Ansätze

(MODE, GNOC) bezüglich ihrer Eignung, beobachtete Lachgasemissionen und Ernteerträge abzubilden, evaluiert. Um insbesondere zu testen, wie sensitiv sich die Modelle bei unsicheren Eingangsdaten verhalten, wurden die lokal verfügbaren Daten, zur Beschreibung von Boden- und Witterungsbedingungen, durch Datensätze ersetzt, die national verfügbar sind, aber lokal höhere Unsicherheiten aufweisen. Das Resultat dieser Analyse ist für die großräumige Anwendung dieser Modelle von essentieller Bedeutung.

Zur Berechnung regionaler THG-Potenziale in Deutschland wurden repräsentative Standorte aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft ausgewählt (BZE-LW, Jacobs et al. 2018). Als Basis dafür dienen Bodenklimaregionen, wie sie von nach Roßberg et al. (2007) definiert wurden. Für diese Standorte haben wir regionalspezifische Lachgasemissionen von typischen NAWARO-Fruchtfolgen berechnet. Durch Kombination mit system-spezifischen Standardemissionen der verwendeten Verfahren zur Bioenergiegewinnung konnten flächen- und ertrags-spezifische THG-Indikatoren ermittelt werden.

Ergebnisse

Unsere Sensitivitätsuntersuchungen zeigten, dass biogeochemische Modelle sensitiver als stochastische Modelle auf Unsicherheiten der nationalen Datensätze zu Bodeneigenschaften und Witterungsbedingungen reagieren.

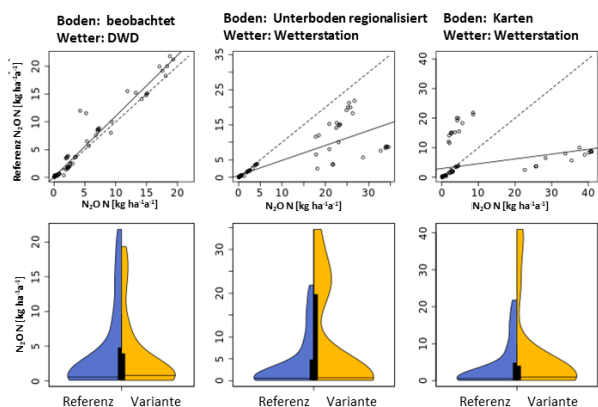


Abb.1: Effekte auf jährliche modellierte Lachgasemissionen (oben) und deren Häufigkeitsverteilungen (unten), wenn man lokal gemessene Wetter- und Bodendaten (Wetterstation bzw. „beobachtet“) durch national verfügbare Datenquellen (Wetter: DWD, Unterboden: regionalisiert, Oberboden: Karten) ersetzt.

Im Fall der Modellierung direkter Lachgasemissionen erwiesen sich insbesondere Unsicherheiten bei der Beschreibung der physikalischen und chemischen Oberbodeneigenschaften als relevant (Abb.1).

In Abhängigkeit vom verwendeten Modell und der jeweiligen Fruchtart hatten unsichere Bodendaten dagegen nur einen moderaten Effekt auf modellierte Pflanzenerträge. Der Effekt unsicherer Bodeneigenschaften (allein und in Kombination mit unsicheren Witterungsbedingungen) erwies sich sowohl bei HUME

als auch bei DNDC-CAN als relevant für modellierte Nitratauswaschungen.

Für die Bioenergiepflanzen Mais (für elektrische Energie), Raps (für Biodiesel) und Weizen (für Bioethanol) wurden Szenarien berechnet, die den Einfluss lokaler Boden- und Witterungsbedingungen auf die Entwicklung von THG-Indikatoren abbilden. Dazu gehören: Energieertrag pro Fläche, spezifische Emissionen pro Energieeinheit, THG-Einsparungen aus der Klimagasbilanz, THG-Reduktion im Vergleich zur fossilen Referenz.

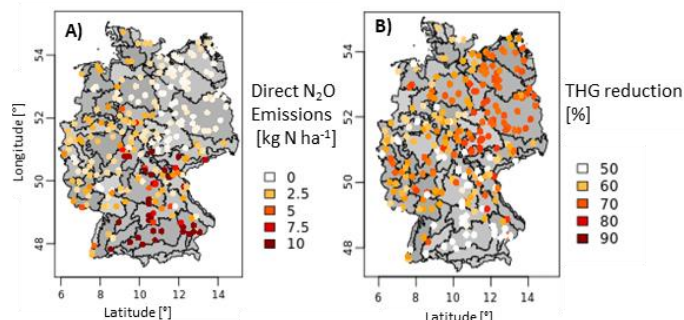


Abb.2: A) Räumliche Verteilung modellierter jährlicher Treibhausgasemissionen als Mittel der Jahre 2000 bis 2019 für die Bioenergiepflanze „Raps für Biodiesel“ (Düngung nach Düngeverordnung) in Deutschland berechnet mit DNDC-CAN, B) THG-Minderung relativ zu THG-Emissionen substituierter fossiler Energieträger

Dabei zeigte sich, dass direkte Lachgasemissionen die THG-Indikatoren „spezifische Emissionen pro Energieeinheit“ und „THG-Reduktion im Vergleich zur fossilen Referenz“ sehr beeinflussen (Abb. 2). Das macht deutlich, dass Standortbedingungen, welche über die Bildung direkter Lachgasemissionen entscheiden auch relevant für die Klimaverträglichkeit der jeweiligen Bioenergiepflanzen sind.

Mit den Modellen HUME und DNDC-CAN wurden Szenarien für die räumliche Verteilung der direkten Lachgasemissionen gerechnet. Dabei deutet sich ein von Ost nach West gerichteter Gradient an, mit geringeren Lachgasemissionen im nordschlagsärmeren Osten. Ferner zeigte sich, dass für die Raps und Weizen basierten Bioenergiepflanzen etwas weniger als die Hälfte der Standorte unterhalb der förderfähigen THG-Minderung liegt (nach: Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED II).

Fazit

Diese Studie zeigt das Potential prozessbasierter Modellierung bei der Bewertung von Managementsystemen zur Reduktion von THG-Emissionen. Sie macht aber auch deutlich, dass weiterhin relativ hohe Prognoseunsicherheiten aufgrund von strukturellen Modellunsicherheiten und Datenunsicherheiten bei der prozessbasierten Modellierung bestehen. Mit der Zusammenstellung von Evaluierungsdatensätzen und Analysen von Modellierungsunsicherheiten wurden Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von Ansätzen für eine bessere modellbasierte Quantifizierung und Bewertung von THG – Emissionen landwirtschaftlicher Produktionssysteme geschaffen.

Weitere Informationen

Kontakt

¹ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
rene.dechow@thuenen.de
www.thuenen.de/ak

Partner

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzucht
Abteilung Acker- und Pflanzenbau
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Projekt-ID

22402518

Gefördert durch



Laufzeit

10/2018 – 09/2022

DOI:10.3220/PB1697102993000