

Project *brief*

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

2022/40

Messung und Bilanzierung von Stoffströmen in Agrarsystemen zur Treibhausgasemissionsreduktion (MASTER)

Konstantin Aiteew¹, Rene Dechow¹, Roland Fuß¹

- **Das landwirtschaftliche Management beeinflusst sowohl die Emissionen des Treibhausgases Lachgas als auch den Humusvorrat in landwirtschaftlichen Böden. Maßnahmen zur Lachgas-Minderung können daher zu Humusverlust führen. Dies war bisher unzureichend untersucht.**
- **Anhand von 2 Feldexperimenten wurden verschiedene Fruchtfolgesysteme mit Rohstoffpflanzen bezüglich ihres Effekts auf Lachgasemissionen und Bodenkohlenstoffänderungen untersucht.**
- **Das biogeochemische Modell MONICA wurde anhand dieser und weiterer Daten kalibriert und validiert.**
- **Szenarien mit dem kalibrierten Modell geben Aufschluss über die Effekte von Managementmaßnahmen, standörtlichen Bedingungen und Klimaszenarien auf Lachgasemissionen und Bodenkohlenstoffänderungen für die Bodenklimaräume Deutschlands.**

Hintergrund und Zielsetzung

Die nachhaltige Produktion von Energie- und Rohstoffpflanzen gewinnt global und national an Bedeutung. Die energetische Nutzung von Biomasse hilft, fossile Energieträger einzusparen und kann damit substantiell zum Klimaschutz beitragen.

Energieeffizienz und THG-Vermeidungsleistung der Rohstoffpflanzen können in Abhängigkeit von Anbausystem und standörtlichen Gegebenheiten sehr variieren. Aussagekräftige Klimabilanzen dieser Systeme müssen alle beteiligten Treibhausgasemissionen (THG) erfassen. Dies schließt auch direkte und indirekte Lachgasemissionen (N_2O) während des Anbaus und Kohlendioxidflüsse (CO_2) durch langfristige Änderungen der Humusvorräte unter verschiedenen Fruchtfolgen ein.

Im Projekt MASTER wurde die THG-Bilanz verschiedener Fruchtfolgen von Rohstoffpflanzen untersucht und Effekte verschiedener THG-Minderungsmaßnahmen auf direkte und indirekte Lachgasemissionen sowie Kohlendioxidemissionen durch Bodenkohlenstoffvorratsänderungen quantifiziert. Dabei wurde der Einfluss von standörtlichen Faktoren, Fruchtfolgesystemen und Klimaerwärmung bei der Analyse berücksichtigt.

Vorgehensweise

Das Projekt griff auf langjährige Versuche, zwei in Viehhausen (Bayern) und einer in Trossin (Sachsen), zurück, bei denen Rohstoffpflanzen in verschiedenen Fruchtfolgen angebaut wurden. Auf diesen Versuchsflächen führten die TU München und das Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Sachsen Messungen von Treibhausgasflüssen für

verschiedene ortstypische Fruchtfolgen durch. Die Analyse der Gasproben erfolgte im Thünen-Institut. Da die Versuche bereits seit mehreren Jahren betrieben wurden (Dauer 6 bis 13 Jahre), ergab sich die Möglichkeit, Fruchtfolgeneffekte und Düngevarianten (Gärrestaubsbringung im Vergleich zur mineralischen Düngung) auf die Humusvorräte zu quantifizieren.

Die Daten der beschriebenen Standorte wurden mit Daten von Bodendauerbeobachtungsflächen in Niedersachsen und einer umfangreichen Sammlung von Daten aus Feldexperimenten zu landnutzungsbedingten, direkten Lachgasemissionen aus dem von der FNR geförderten Projekt THG EMOBA kombiniert. Anhand dieser Daten wurde das prozessbasierte Modell MONICA kalibriert und validiert. Dabei lag der Fokus der Modellkalibrierung auf einer möglichst genauen Abbildung von Biomasseaufwuchs, Lachgasemissionen und Bodenkohlenstoffentwicklungen.

Das kalibrierte Modell wurde verwendet, um die Effekte von THG-Minderungsoptionen für Boden-Klima-Regionen Deutschlands unter Verwendung verschiedener Klimaszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) für den Zeitraum 2020 - 2050 zu untersuchen. Die Bodenklimaräume Deutschlands wurden durch zufällig ausgewählte Standorte der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft repräsentiert. Die modellierten Fruchtfolgesysteme entsprachen dem Agrarmanagement der Systemversuche Viehhausens.

Der simulierte Zeithorizont wurde so gewählt, dass eine finale Gleichgewichtseinstellung der Bodenkohlenstoffsequestrierung und Mineralisierung gewährleistet war. Soweit möglich, wurde der Einfluss unterschiedlicher Intensitäten einzelner

Minderungsmaßnahmen auf CO₂-Flüsse sowie auf direkte und indirekte N₂O-Emissionen ausgewertet.

Ergebnisse

Das MONICA Modell war in der Lage, alle untersuchten Faktoren und Standorte zu simulieren. Abhängig von den untersuchten Größen und den Standortbedingungen, erreichte MONICA dabei eine uneinheitliche Modellgüte. Gute bis sehr gute Leistungen erzielte MONICA bei der Reproduktion der Bodenkohlenstoffveränderungen, der Bodentemperatur und des Bodenwassers. Weiterhin wurden nach der Kalibrierung die Erträge meist gut abgebildet. Schwächen zeigten sich in der Wiedergabe der Stickstoffdynamik. Eine Optimierung des N₂O-Submodells verbesserte die Simulation der jährlichen Stoffströme signifikant. MONICA erreichte insgesamt eine bessere Abbildungsgüte als herkömmliche THG-Bilanzierungsmethoden. Damit eignete sich das kalibrierte Modell, als Prognosewerkzeug für die Simulation der landwirtschaftlichen, feldbasierten THG-Emissionen unter sich verändernden Wetterbedingungen.

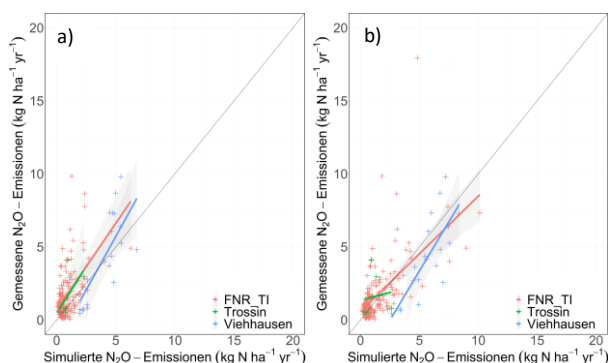


Abb.1: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten jährlichen N₂O-Emissionen für (a) das voreingestellte und (b) das kalibrierte MONICA-Modell.

Die Untersuchung der Modellszenarien zeigte deutliche Unterschiede zwischen den betrachteten Anbaumethoden und geringfügige zwischen den Klimaszenarien. Als besonders ergiebige Methoden zur Verbesserung der THG-Bilanz auf Ackerflächen erwiesen sich die Reduktion der mineralischen N-Düngung und der Anbau und die Einarbeitung von Luzerne-Kleegrass-Gemengen. Eine Reduktion der Düngung verminderte dabei die direkten und die durch Nitrat-Auswaschung verursachten N₂O-Emissionen und die Gründüngung erhöhte die Kohlenstoff-Sequestrierung.

Die Auswertung der Modellrechnungen zeigt, dass gemittelt über die Standorte der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft, eine Verminderung von organischen oder mineralischen Düngerapplikationen zwar N₂O-Emissionen

vermindert, gleichzeitig aber CO₂-Emissionen durch Humusabbau (bzw. verminderten Aufbau) erhöht. Dies waren pro eingesparter Tonne Lachgasemissionen (in CO₂eq) etwa 0.1 t CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹ bei mineralischer und 0.4 t CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹ bei Gärrestausbringung.

Die räumliche Verteilung der THG-Potentiale ergab, dass die höchsten Einsparpotentiale in Mittel- und Süddeutschland erreicht werden können. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass in diesen Landesteilen höhere Lachgasemissionen simuliert wurden als im norddeutschen Tiefland. Im Vergleich mit Humusänderungen wurde ein stärkerer Einfluss der N₂O-Emissionen auf die THG-Bilanz festgestellt. Das Potential direkter Treibhausgasemissionen ist dabei stark von Witterungsbedingungen und Bodeneigenschaften beeinflusst. Entscheidende Standortfaktoren für das Emissionsbildungspotential waren die Wasserkapazität, die Temperatur, der pH-Wert und der initiale Bodenkohlenstoffgehalt.

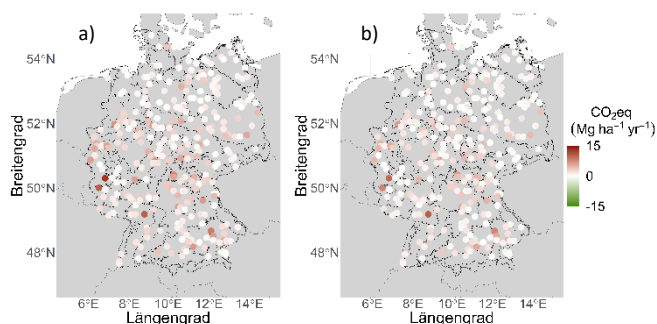


Abb.2: Räumliche Verteilung der jährlichen, landwirtschaftlichen THG-Emissionen durch CO₂-Flüsse und direkte und N-Auswaschungsbedingte N₂O-Emissionen für Deutschland, für die Jahre 2020 bis 2050 unter RCP8.5. Dargestellt anhand der Modellszenarien Marktfurcht/konventionell (a) und Marktfurcht/öko (b).

Der Effekt der Klimaszenarien auf die THG-Bilanz war nicht immer eindeutig. Tendenziell erhöhte sich der Abbau des Humusgehalts mit zunehmender Klimaerwärmung (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) während sich die direkten Lachgasemissionen verringerten.

Fazit

Um die Eignung der Maßnahmen zur Minderung von landnutzungsbedingten Treibhausgasemissionen zu bewerten, müssen alle Emissionspfade in Abhängigkeit von standörtlichen Gegebenheiten in der Bilanzierung berücksichtigt werden. Auch wenn noch weiterer Entwicklungsbedarf besteht, sind biogeochemische Modelle vielversprechende Werkzeuge um eine integrative Bewertung von THG-Minderungsmaßnahmen zu gewährleisten.

Weitere Informationen

Kontakt

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

Laufzeit

03/2019 – 06/2022

Projekt-ID

2076

Veröffentlichungen

Bisher keine