

Project *brief*

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

2021/28

Wie sich Lachgasemissionen landwirtschaftlicher Flächen durch ein klimaoptimiertes pH-Management senken lassen; MAGGE-pH

Rene Dechow¹, Roland Fuß¹, Reinhard Well¹

- Über den pH-Wert im Boden können Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft reduziert werden. Im Projekt MAGGE-pH untersuchte das Thünen-Institut Potenziale und Trade-off-Effekte THG-optimierter pH-Regulation auf zwei Ebenen.
- Laborversuche zeigten, dass der pH einen beträchtlichen Einfluss auf das $N_2O/(N_2O+N_2)$ Produktverhältnis hatte, so dass vergleichsweise weniger N_2O Emissionen aus Böden mit höherem pH emittiert wird.
- Metadatensätzen zeigten, dass pH-Wert und düngungsbedingte N_2O Emissionen auch auf Feldskala negativ korrelieren.
- Etwa 41 % der Äcker und 52 % des Grünlands Deutschlands weisen pH-Werte unterhalb empfohlener Bereiche auf. Es gibt damit ein N_2O -Minderungspotenzial für die deutsche Landwirtschaft. Allerdings wird diese Einsparung in vielen Fällen durch kalkungsbedingte CO_2 -Emissionen wieder ausgeglichen.

Hintergrund und Zielsetzung

Das ERA-GAS Projekt MAGGE-pH untersucht den Einfluss des Boden-pH auf das Verhältnis von Lachgasbildung und -abbau. Laborstudien haben gezeigt, dass eine pH-Wert-Erhöhung den mikrobiell bedingten Umbau von Lachgas zu atmosphärischem Stickstoff (N_2) befördert. In der Folge ergäben sich niedrigere Lachgasemissionen. Dies sollte für Böden in Nord- und Zentraleuropa sowie Neuseeland über kombinierte Laborstudien, Feldexperimente und Modellsimulationen erforscht werden.

In dem Projekt wurden Empfehlungen für ein optimiertes pH-Management erarbeitet, die neben pflanzenbaulichen Aspekten auch die Minderung von Lachgasemissionen berücksichtigen. Das dadurch zu realisierende Minderungspotenzial sollte quantifiziert werden

Vorgehensweise

Das Thünen-Institut beteiligte sich mit zwei Arbeitspaketen. In Arbeitspaket 1 wurden pH-Effekte auf Stoffumsätze im Rahmen von Labor- und Lysimeterexperimenten untersucht. Im Einzelnen ging es um pH-Effekte auf:

- Lachgasemissionen,
- das Verhältnis von Lachgasproduktion und -konsumption,
- Mineralisierungsprozesse,
- Kohlendioxidemissionen durch Mineralisierung und Kalkung.

Um pH-beeinflusste Prozesse im Detail zu untersuchen, wurden kontrollierte Laborstudien mit und ohne Pflanzen durchgeführt. Dabei kombinierten wir Gasmessungen mit Isotopen-Tracer-Ansätzen (^{13}C , ^{15}N , ^{18}O). Dadurch lässt sich die mikrobielle N_2O -Reduktion zu N_2 bestimmen, was im Feldversuch nicht möglich ist. Da unser vorrangiges Interesse den langfristigen pH-Effekten galt, untersuchten wir Böden aus Dauerfeldversuchen.



Abb.1: Mesokosmenanlage für eine kontinuierliche Erfassung von Gasflüssen am Thünen-Institut, Braunschweig (© Thünen-Institut/Patrick Wordell-Dietrich)

Arbeitspaket 2 modifizierte prozessbasierte und empirische Modelle so, dass diese die pH-Effekte abbilden können, die im Labor und im Feld beobachtet wurden. Nach Aufbereitung und Erstellung der nötigen Datensätze wurden prozessorientierte

und empirische Modelle auf verschiedenen räumlichen Skalen angewandt. Mithilfe der Modelle wurde prognostiziert, welche Minderungspotenziale über ein klimaoptimiertes pH-Management auf nationaler Skala erreichbar wären.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der dynamischen Mesokosmenversuche haben gezeigt, dass sich der Boden-pH-Wert auf das Produktverhältnis $N_2O/(N_2+N_2O)$ und damit auch auf die durch Denitrifikation verursachte Lachgasemissionen in vorhergesehener Weise auswirkt.

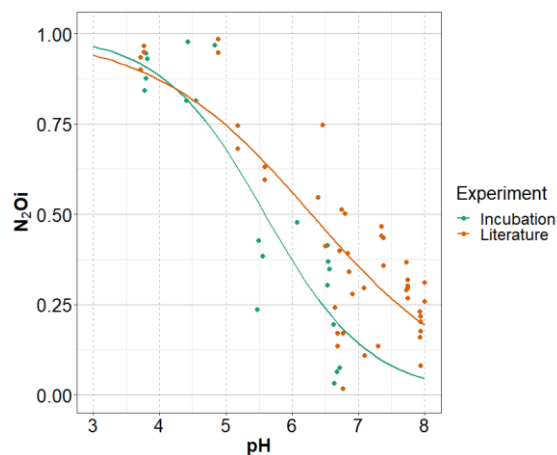


Abb. 2: $N_2O/(N_2+N_2O)$ Produktverhältnis der Denitrifikation (N_2O_i) in Relation zum pH-Wert. Ergebnisse unserer Versuchsböden und Literaturdaten aus anoxischer Inkubation von Böden im Labor.

Frisch gekalkte Standorte zeigen erhöhte CO_2 -Emissionen, dabei ist die Beteiligung von SOC Dekomposition und Freisetzung aus dem applizierten Kalk noch unklar.

Die Analyse von publizierten Metadatenätzen macht deutlich, dass erhöhte pH-Werte zu verringerten jährlichen, düngungsinduzierten Lachgasemissionen führen. Der Effekt ist dabei abhängig von Standorteigenschaften wie dem Tongehalt des Bodens und Jahresniederschlägen. Diese Metaanalysen stützen die Ergebnisse zum pH-Effekt auf Lachgasemissionen in den Mesokosmenversuchen.

Etwa 41% der Ackerfläche und 52% der Grünlandfläche Deutschlands haben niedrigere pH-Werte als die empfohlenen. Das heißt, es besteht ein Potenzial, über die Erhöhung der pH-Werte gemäß in Deutschland gültiger Empfehlungen zur guten landwirtschaftlichen Praxis direkte N_2O -Emissionen zu reduzieren.

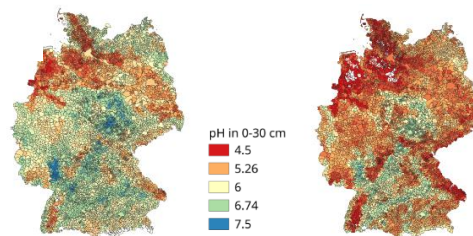


Abb.3: Verteilung des Boden-pH im Oberboden (0-30 cm) landwirtschaftlich genutzter Flächen, aggregiert auf Gemeindeebene für Acker (A) und Grünland (B)

Inwieweit ein optimiertes pH-Management zur THG-Minderung beitragen kann, hängt ganz erheblich von den CO_2 -Emissionen ab, die mit der Ausbringung von Karbonaten einhergehen. Hier wurden verschiedene Ansätze mit einer weiten Spanne von Emissionsfaktoren publiziert.

In zwei Szenarien wurden die Effekte eines optimierten pH-Managements auf Einsparungspotenziale direkter N_2O -Emissionen und THG-Bilanzen, die N_2O -Flüsse aus der Düngung und CO_2 durch die Kalkung gegenüberstellen, untersucht. Szenario 1 entspricht der pH-Wert-Anhebung bis zur Untergrenze des empfohlenen Bereichs. Szenario 2 entspricht einer Anhebung bis zur Obergrenze. Diese THG-Bilanzierungen beziehen sich auf den Datensatz der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft.

Die Erhöhung der beobachteten pH-Werte entsprechend dieser Vorgaben führt auf etwa 45 % (Szenario 1) bzw. 77 % (Szenario 2) der Standorte zu einer pH-Wert-Erhöhung und damit zu einer Erniedrigung düngungsbedingter N_2O -Emissionen. Mittlere N_2O -Einsparungen reichen von 6 % (Szenario 1) bis 14 % (Szenario 2) der düngungsbedingten Direktmissionen. Legt man die Emissionsfaktoren für Kalkung mit Karbonaten nach West and McBride bzw. IPCC zu Grunde, dann ergibt sich auf 10,7 bis 12,2 % der Standorte eine THG-Reduktion. Bei weiterer Erhöhung des pH entsprechend Szenario 2 steigt dieser Anteil auf 13 bis 17,3 %.

THG-Einsparungspotenziale durch pH-Regulation sind auf regionaler und standortspezifischer Ebene sinnvoll; auf nationaler Ebene können N_2O -Einsparungen durch CO_2 -Emissionen aus der Kalkung überkompensiert werden.

Fazit

Inkubationsexperimente und die Analyse von Felddatenätzen zeigen, dass N_2O -Emissionen landwirtschaftlicher Standorte über die Anhebung des pH reduziert werden können. Genauere standortspezifische Prognosen zur THG-Ersparnis bedürfen weitergehender Forschung

Weitere Informationen

Kontakt

¹ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
Reinhard.Well@thuenen.de
www.thuenen.de/ak

Laufzeit

11/2017 – 3/2021

Projekt-ID

1916

Veröffentlichungen

Bisher keine

Gefördert



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung