

## **Effekte der Nitrifikationsinhibierung auf die N<sub>2</sub>O-Freisetzung nach Mineraldüngung auf einem sandigen Lehm-Standort (Leipziger Tieflandsbucht)**

Thiel<sup>1\*</sup>, E., Kreuter<sup>1</sup>, T., Schuster<sup>1</sup>, C.

Schlüsselworte: N<sub>2</sub>O, Nitrifikationsinhibitor, Mineraldünger, ALZON<sup>®</sup> 46

### **1 Einleitung**

Der Boden ist Quelle und Senke des Treibhausgases N<sub>2</sub>O. Die N<sub>2</sub>O-Flüsse sind entsprechend der natürlichen Standortausstattung sehr variabel. Neben anderen Bewirtschaftungsmaßnahmen kann auch eine N-Mineraldüngung das N<sub>2</sub>O-Emissionspotenzial eines landwirtschaftlich genutzten Bodens erhöhen (siehe Stehfest & Bouwman, 2006). Hinsichtlich der N-Düngung steht dabei weltweit der notwendigen Steigerung der Nahrungsmittelproduktion auf einer kontinuierlich abnehmenden Ackerfläche einerseits, die Begrenzung der Mengenerhöhung an reaktiven Stickstoff in der Umwelt andererseits gegenüber. Um eine Ertragssicherung durch N-Düngung zu gewährleisten und eigene N-Mineraldüngerprodukte weiter zu optimieren, führt die SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH als größter Harnstoffproduzent Deutschlands, Untersuchungen im Labor, im Gewächshaus und in Feldversuchen zu den Themen Harnstoff, N/S-Dünger und N-stabilisierte Dünger in der Landwirtschaftlichen Anwendungsforschung (LAF) Cunnersdorf durch. Das Thema N-Verlustreduzierung (Nitrat, Ammoniak, Lachgas) beim N-Mineraldüngereinsatz wird seit mehr als 15 Jahren bearbeitet.

<sup>1</sup> SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH  
Landwirtschaftliche Anwendungsforschung  
Am Wieseneck 7, 04451 Cunnersdorf  
[enrico.thiel@skwp.de](mailto:enrico.thiel@skwp.de), [www.skwp.de](http://www.skwp.de)

### **2 Zielstellung**

Nach IPCC (2006) werden N<sub>2</sub>O-Verluste in Verbindung mit N-Mineraldüngung unabhängig von der eingesetzten N-Düngerform mit einem einheitlichen Emissionsfaktor bewertet. Zur Auseinandersetzung mit dem IPCC-Faktor unter Berücksichtigung von N-Düngerformen und um Erkenntnisse zur N<sub>2</sub>O-Emission unter bestimmten Umweltbedingungen zu erlangen, werden in der LAF Cunnersdorf seit 2011 N<sub>2</sub>O-Messungen durchgeführt. Nach Akiyama et al. (2010) kann die N<sub>2</sub>O-Freisetzung durch den Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren bei der N-Düngung reduziert werden. Das Reduktionspotential für einen stabilisierten N-Dünger der SKW (ALZON<sup>®</sup> 46) sollte für die Standortbedingungen der LAF Cunnersdorf quantifiziert werden. Fachlich fundierte ackerbauliche Empfehlungen zum optimalen Einsatz der Düngerprodukte sollen durch die Lachgasmessungen ergänzt werden.

### **3 Methodik**

In einem randomisierten Feldversuch (vier Wdh., lat. Quadrat) wurden mittels closed chamber methode (Hutchinson & Mosier, 1981) und der Analytik mittels Gaschromatographie (electron capture detector) die N<sub>2</sub>O-Emissionen nach der Düngung von KAS, Harnstoff (HS, PIAGRAN<sup>®</sup> 46) und HS + NI (Nitrifikationsinhibitor DCD/TZ, ALZON<sup>®</sup> 46) sowie einer Kontrolle (ohne N) ermittelt. Der Versuchsstandort (140 m ü. NN; 51° 21' nördl. Breite, 12° 33' östl. Länge) befindet sich ca. 15 km östlich von Leipzig und weist im 30jährigen Mittel 614 mm Niederschlag und eine Jahresmitteltemperatur von 9,5 °C auf. Eine 3-6 dm mächtige Sandlössdecke lagert hier über Geschiebelehm, welcher teilweise mit Sandlinsen durchsetzt ist. Der Standort ist grundwasserfern und teilweise staunässebeeinflusst. Vorherrschende Leitbodenformen sind Staugleye, Fahlstaugleye und Staugley-Fahlerden. Die Bodenverhältnisse sind repräsentativ für ca. 50 % der Ackerbaustandorte Sachsens. Die Bodenarten sind nach Reichsbodenschätzung mit SL 4D und IS 4D beschrieben. Der Standort weist 41 bis 50 Bodenpunkte auf.

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden im Feldversuch mit Winterweizen bei einer Düngung von 200 kg/ha (2011) bzw. 220 kg N/ha (2012) und praxisüblicher Gabenteilung (KAS/HS drei Gaben; HS + NI zwei Gaben) wöchentlich und durch ergänzende ereignisbezogener Messungen (Düngerapplikation, Niederschlag) in der Vegetationsperiode erfasst. Die Ertragsermittlung erfolgte auf identisch angelegten Nachbarparzellen.

In einem an den Feldversuch anschließenden Modellversuch wurde auf der gleichen Fläche die N<sub>2</sub>O-Bildung nach N-Applikation auf unbewachsenen Boden unter induzierten Verlustbedingungen (100 kg N/ha Einmalgabe nach frischem Stoppelumbruch, Düngereinarbeitung, Bewässerung) für die drei Düngungsvarianten KAS, HS und HS + NI (DCD/TZ in 2011) bzw. HS + NI<sub>neu</sub> (P 70/05 in 2012) ermittelt. Die im Modellversuch geschaffenen Bedingungen kennzeichnen bspw. Verhältnisse im Gemüseanbau.

Zu allen N<sub>2</sub>O-Messterminen wurde die Bodenfeuchte in 0-10 cm gravimetrisch ermittelt und der Anteil des wassergefüllten Porenraumes (WFPS) für diese Tiefe berechnet (Abb. 1, Abb. 4, Abb. 5).

#### 4 Ergebnisse

Vom Vegetationsbeginn bis zur Nachernte traten in den Düngungsvarianten in 2011 und 2012 nur sehr geringe N<sub>2</sub>O-Emissionen (Abb. 1) in den Feldversuchen auf (0,02 bis 7,08 g N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

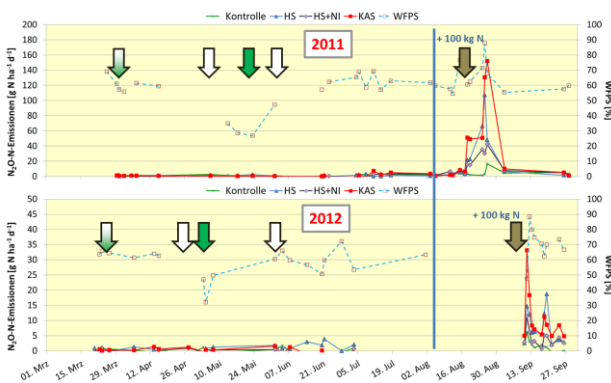


Abb. 1: mittlere N<sub>2</sub>O-N-Emissionsdynamiken (n=4) in den Feld- und Modellversuchen in 2011 und 2012 (weiße Pfeile: Düngergaben KAS/HS; grüne Pfeile: Düngergaben HS+NI; brauner Pfeil: Düngergabe Modellversuch)

Es konnten keine direkten Zusammenhänge zwischen den Düngergaben sowie des wassergefüllten Porenraumes zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen in der Vegetationsperiode ermittelt werden (Abb. 1).

Die kumulativen N<sub>2</sub>O-Verluste waren im Feld- sowie im Modellversuch im Jahr 2011 höher als im Jahr 2012. Die Vegetationsperiode 2011 war insgesamt wärmer und feuchter als in 2012. Die Variante HS+NI zeigte in beiden Feldversuchen tendenziell geringere N<sub>2</sub>O-Emissionen als die Varianten HS und KAS.

Die hohen Standardabweichungen der N<sub>2</sub>O-Messwerte (n=4) je Termin und die Variabilität in den Messperioden der Feld- und Modellversuche zeigen die Bedeutung sogenannter „hot spots“ und „hot events“.

Die Messungen in den Feldversuchen wurden nach dem Vorliegen annähernd gleicher N<sub>min</sub>-Gehalte (NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) in 0-30 cm Bodentiefe nach Vegetationsende abgeschlossen (Abb. 2, Abb. 3).

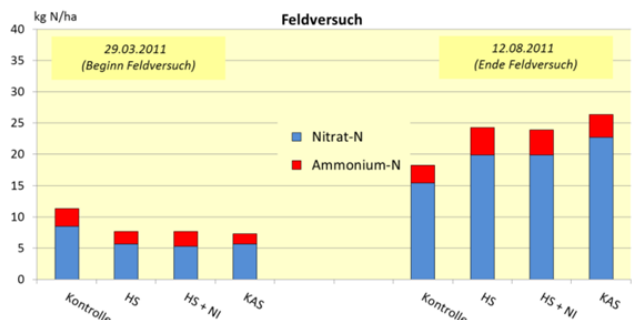


Abb. 2: N<sub>min</sub>-Gehalte (0-30 cm) zu Beginn und Ende des Feldversuchs 2011

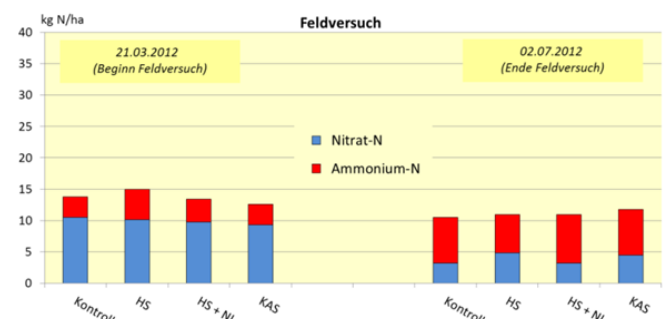


Abb. 3: N<sub>min</sub>-Gehalte (0-30 cm) zu Beginn und Ende des Feldversuchs 2012

In den Modellversuchen lagen die N<sub>2</sub>O-Emissionen um ein Vielfaches höher (bis 152 g N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) als in den Feldversuchen

(Abb. 1). Zu einem ersten Emissionsereignis (18.08.2011, 11.09.2012) waren die höchsten N-Verluste in den Modellversuchen in beiden Jahren für die Variante KAS zu verzeichnen (Abb. 4, Abb. 5). Erneute Niederschläge oder Zusatzbewässerungen lösten im weiteren Verlauf weitere Emissionsereignisse in allen Düngungsvarianten aus (ab 24.08.2011 und ab 17.09.2012). Dabei bewirkten die Nitrifikationsinhibierung und die dadurch geringere Verfügbarkeit von Nitrat in der HS + NI-Variante eine signifikante Emissionsminderung.

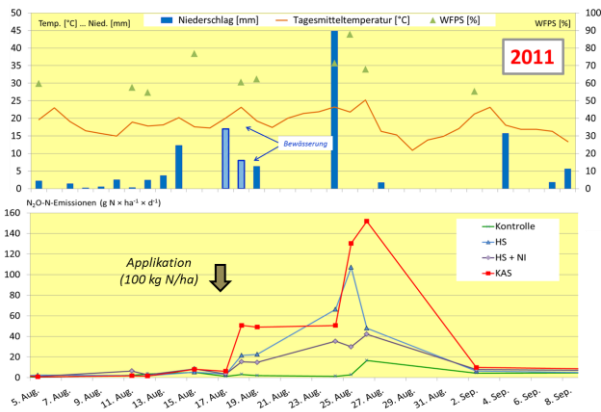


Abb. 4: N<sub>2</sub>O-N-Emissionsdynamik im Modellversuch 2011

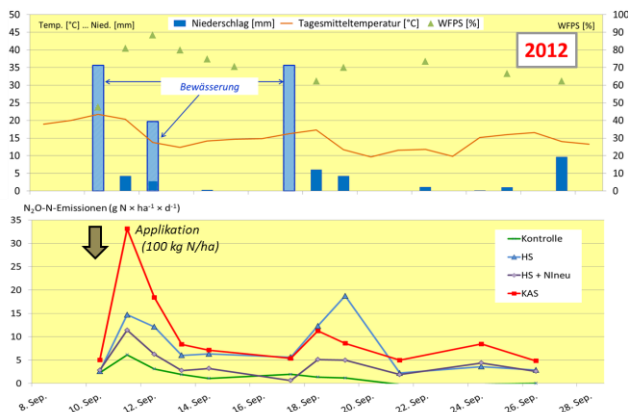


Abb. 5: N<sub>2</sub>O-N-Emissionsdynamik im Modellversuch 2012

Werden die kumulativen Bruttoemissionen in den Modellversuchen betrachtet (Abb. 6, Abb. 7), wies die Variante KAS in beiden Versuchsjahren tendenziell höhere N<sub>2</sub>O-Verluste als die Variante HS auf. Der Einsatz eines Nitrifikationsinhibitors (Variante HS + NI) reduzierte die Emissionen gegen-

über der Variante KAS signifikant um 57 % im Jahr 2011 und im Jahr 2012 um 59 % (Tukey-Test,  $\alpha=0,05$ ).

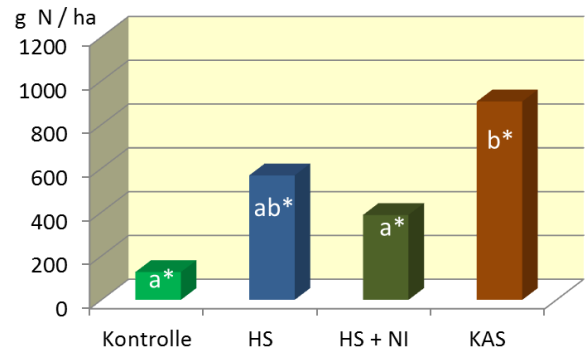


Abb. 6: kumulative N<sub>2</sub>O-N-Bruttoemissionen (lineare Interpolation) im Modellversuch 2011

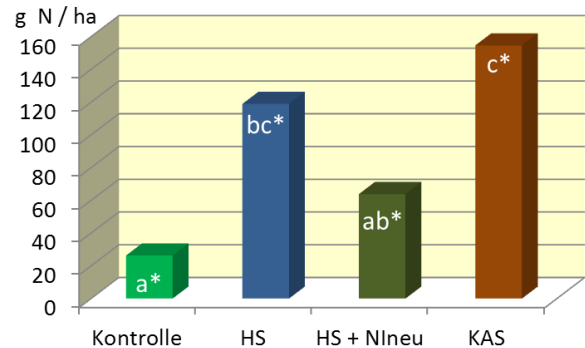


Abb. 7: kumulative N<sub>2</sub>O-N-Bruttoemissionen (lineare Interpolation) im Modellversuch 2012

Ebenso wie bei den Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen während der Vegetationszeit wirkten sich die getesteten N-Düngerformen auf den Ertrag (Tukey-Test,  $\alpha=0,05$ ) in beiden Feldversuchen nicht differenzierend aus.

## 5 Fazit

Ganzjährige Messungen zur Bewertung von Maßnahmen hinsichtlich deren Atmosphärenbelastung durch N<sub>2</sub>O sind unumstritten. Für den Vergleich von Düngungsmaßnahmen im Rahmen von N-Formenvergleichen reichen auch kürzere Untersuchungsperioden bis zum Erreichen gleicher N<sub>min</sub>-Gehalte im Boden und bis zum Nachlassen einer Inhibitorwirkung aus. Aus diesen saisonalen Messungen kann nicht auf die jährlichen N-Verluste in Form von Lachgas geschlossen werden.

In den zwei Feldversuchen (2011, 2012) war das N<sub>2</sub>O-Emissionslevel während der Vegetationsperiode gering. Die geprüften N-Dünger (KAS, HS, HS + NI) zeigten bei praxisüblicher Gabenteilung kaum N<sub>2</sub>O-Verluste. Unter den gegebenen Standortcharakteristika wurden auch im zeitigen Frühjahr bei Applikation hoher N-Mengen auf feuchten Boden nur geringe N<sub>2</sub>O-Verluste gemessen. Das im Modellversuch demonstrierte N<sub>2</sub>O-Minderungspotential eines Nitrifikationsinhibitors konnte dabei nicht wirksam werden.

In zwei Modellversuchen (2011, 2012) unter Verlustbedingungen (frische organische Substanz, 100 kg N/ha, Einarbeitung N-Dünger, Beregnung) zeigte HS geringere N<sub>2</sub>O-Verluste als KAS. Dieser Effekt war bei Einsatz eines Nitrifikationsinhibitors (HS + NI) signifikant. Durch den NI-Einsatz konnten die N<sub>2</sub>O-N-Verluste um 57 % im Jahr 2011 und im Jahr 2012 um 59 % im Modellversuch reduziert werden.

In den Zeiträumen mit starker Emissionsdynamik haben sich zeitlich enge Messabstände der ereignisbezogenen Messungen als bedeutend erwiesen.

Die Feld- und Modellversuche werden in 2013 und 2014 mit Winterweizen fortgeführt.

## 6 Danksagung

Der SKW-Abteilung Analytik sei für die N<sub>2</sub>O-Bestimmungen gedankt.

## 7 Literatur

Akiyama, H., Yan, X., Yagi, K. (2010): Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: Meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 16: 1837-1848.

Hutchinson, G. L. & Mosier, A. R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 311-316.

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use

Stehfest, E. & Bouwman, L (2006): N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 207-228.