

Hans Jürgen Hellebrand und Volkhard Scholz, Potsdam-Bornim

# Düngerstimulierte Gasemissionen

## Lachgas beim Anbau von Energiepflanzen

**Stickstoffdüngung löst zusätzliche Emissionen von Lachgas und Ammoniak aus. Die Ökobilanz nachwachsender Rohstoffe kann dadurch beeinträchtigt werden. Der Einfluß der Düngergabe auf die Emissionen dieser Gase beim Energiepflanzenanbau wurde untersucht. Nur bei der Düngungsstufe von 100 kg N/ha konnten während eines Zeitraums von etwa drei Wochen signifikant erhöhte Lachgasemissionen mit Flußraten zwischen 0,08 und 0,22 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> gemessen werden.**

Die Diskussion des Problems Lachgasemission und Stickstoffdüngung erhielt mit der Veröffentlichung der ökologischen Bilanz von Rapsöl beziehungsweise Rapsölmethylester als Ersatz für Dieseldieselkraftstoff bei der Rapsölbereitstellung [1] einen besonderen Auftrieb. Was war geschehen? Vereinfacht dargestellt, das Berücksichtigen der Umweltwirkungen von Lachgasemissionen führte zu dem unerwarteten Ergebnis, daß Rapsöl als Dieselsubstitut keine deutlichen Vorteile gegenüber dem Dieseldieselkraftstoff hinsichtlich der Klimaeffekte bringt. In dieser Ökobilanz fand ein linearer Ansatz

$$N_2O\text{-Emission} = \text{Grundemission} + 0,0125 \cdot N\text{-Düngung} \quad [kg \text{ N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}]$$

mit einer Grundemission von 0,5 kg N pro ha und Jahr Verwendung. Dieser für die gemäßigten Klimazonen abgeleitete Ansatz beruht auf der Analyse weltweit ermittelter Einzelwerte bei verschiedenen Böden und unter Berücksichtigung von mehrjährigen Perioden. Etwa 90 % der bis 1994 publizierten Feldmessungen zu N<sub>2</sub>O-N-Emissionen lagen im Bereich von 0,25 % bis 2,25 % des N-Düngereinsatzes und stützen diesen Ansatz. Diese Beziehung wird auch heute noch als Näherung für das Abschätzen der landesspezi-

fischen Emissionen [2] verwendet, wenn keine genaueren Datensätze zur Verfügung stehen. Da die Freisetzung von Lachgas von vielen Faktoren abhängt, können standortabhängig deutliche Abweichungen auftreten. Um die Umweltwirkungen bei der Produktion von Biofestbrennstoffen zu erfassen, wird deshalb im Rahmen dieser Arbeit der Einfluß der Bewirtschaftung auf die Freisetzung klimarelevanter Gase untersucht.

Bild 1: NH<sub>3</sub>-Bodenemissionsraten bei unterschiedlichen Gaben von Kalkammonsalpeter (Pappel-parzellen ohne Untersaat). Der Düngungs-termin ist mit einem Pfeil gekennzeichnet.

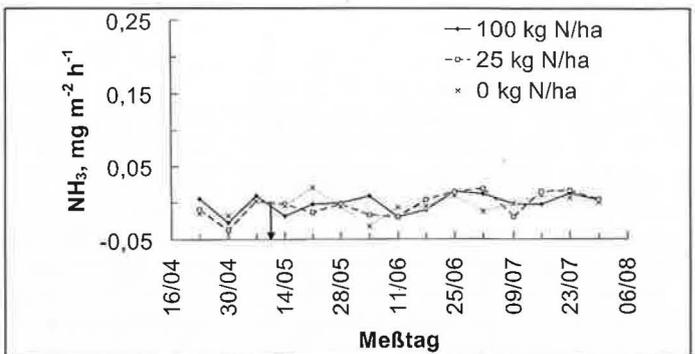


Fig. 1: Ammonia emission rates from soil with different application rates of nitrate with lime and ammonia in poplar plots without underseed. The date of fertilizing is indicated by an arrow.

### Gasemissionen aus Böden

Die biologische Aktivität im Boden führt zur Bildung gasförmiger Stoffwechselprodukte. Düngung kann diese Aktivität beeinflussen. Wenn organischer Dünger und eingearbeitete Ernterückstände für gleichbleibende Kohlenstoffvorräte im Boden sorgen, sind CO<sub>2</sub>-Bodenemissionen nicht klimawirksam. Methan entsteht nur unter anaeroben Bedingungen. Da Nitrationen die Methanogenese hemmen [3], schränkt Stickstoffdüngung die Methanbildung ein. Methanotrophe Bakterien oxydieren Methan. Sie verhindern Methanemissionen aus Böden und verleihen gut durchlüfteten Böden die Eigenschaft einer Methansenke. Der Boden ist darüber hinaus Quelle und Senke für weitere Kohlenwasserstoffe. Da diese Stoffflüsse weit unter dem Methanpegel liegen [4], wird hier auf eine Diskussion verzichtet. Die Ammoniakverluste während und nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger überdecken in Abhängigkeit von der Ausbringung und weiteren Einflußfaktoren die sehr große Spannweite von 1 % (Gülleinjektionstechnik) bis über 90 %

(Gülle oberflächlich auf Grünland oder Strohstoppel) [5]. Ausschlaggebend für die Verflüchtigung des Ammoniaks sind die Kontaktzeit mit der Atmosphäre sowie pH-Wert und Witterungsverlauf. Wenig gesichert ist die Datenlage bezüglich Ammoniakemissionen aus den Böden, also nach Einarbeiten oder Einsickern ammoniumhaltiger Düngersubstanzen. Die gute Wasserlöslichkeit und die hohe Adsorptionsneigung des NH<sub>3</sub> an Oberflächen hemmen NH<sub>3</sub>-Bodenemissionen stark.

Ammoniak stimuliert über die im Boden ablaufenden Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse Lachgasemissionen. Deshalb werden bei ammoniumhaltigen Nitratdüngern höhere Lachgasfreisetzung beobachtet als bei reinen Nitratdüngern. Die Spannen der gemessenen Freisetzungsraten reichen von 0,001 % bis etwa 2,5 % bezogen auf die jährliche Gesamtstickstoffmenge der Düngung [5, 6]. Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid als

weitere Stoffwechselprodukte der mikrobiellen Stickstoffumsetzung im Boden sollen wegen der geringeren Flußraten [7, 8] ebenfalls nicht weiter erörtert werden.

### Versuchsfeld und Meßmethode

Die hier vorgestellten Messungen erfolgten auf einem Versuchsfeld des ATB [9], wo der umweltverträgliche Anbau von Energiepflanzen untersucht wird. Die Verteilung des Ton- und Humusgehaltes sowie des pH-Wertes über die Versuchsfeldfläche wiesen eine hohe Gleichförmigkeit auf. Die Mittelwerte und Standardabweichungen (s) von 40 Bodenproben betragen für den Tongehalt 6,4 % (s: 1,3 %) und für den organischen Kohlenstoffgehalt 0,91 % (s: 0,14 %). Der mittlere pH-Wert lag bei 6,0 (s: 0,34) [10]. Die Bodenemissionsmessungen erfolgten an 20 festgelegten Meßstellen mit unterschiedlichen Düngungsstufen und Pflanzenarten. Am Meßtag wurden PVC-Auffangbehälter mit einem Volumen von 190 l und einem Durchmesser von 60 cm mit den fest im Boden eingelassenen rostfreien Stahlröhrchen gasdicht verbunden. Die

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Jürgen Hellebrand ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung „Technikbewertung und Stoffkreisläufe“ und Dr.-Ing. Volkhard Scholz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ des Institutes für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke).

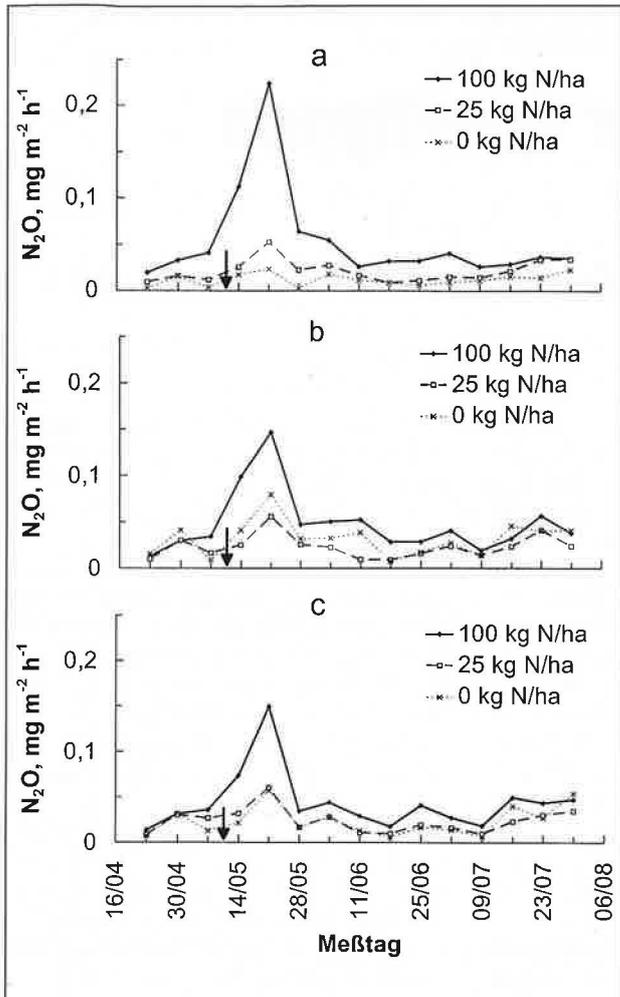


Bild 2:  $N_2O$ -Bodenemissionsraten bei unterschiedlichen Gaben von Kalkammonsalpeter. Der Düngungstermin ist mit einem Pfeil gekennzeichnet.

a: Pappelparzelle ohne Untersaat  
 b: Pappelparzelle mit Gras als Untersaat  
 c: Mittelwerte der Messungen von 20 Parzellen (Pappeln, Weiden, Roggen, Knaulgras)

Fig. 2: Nitrous oxide emission rates from soil depending on fertilizing with nitrate of lime and ammonia. The date of fertilising is indicated by an arrow.

a: plots with poplars, no underseed  
 b: plots with poplars with grass as underseed  
 c: mean values from 20 plots (poplars, willows, rye, cock's foot)

Konzentrationsänderungen in den Behältern gegenüber der Außenluft wurden mit Hilfe von Infrarotmeßmethoden (FTIR-Spektrometer und Filtermeßgeräte) bestimmt. Bei einer Konzentrationsabnahme im Behälter, die in einigen Fällen sowohl bei Methan als auch bei höheren Ammoniakwerten in der Außenluft beobachtet wurde, ergab die graphische Darstellung „negative Flußraten“. Die Abnahme der Methankonzentration war der Senkenwirkung des Bodens zuzuschreiben. Dagegen konnten abnehmende Ammoniakkonzentrationen im Meßbehälter nicht allein dem Boden zugeordnet werden, da mit Adsorption an der Behälter-

fläche zu rechnen war. Die Genauigkeit der volumetrischen Konzentrationsbestimmung des Ammoniaks war deshalb geringer. Auf Grund der höheren Molekularmasse von Lachgas traten bei der Bestimmung der massebezogenen Flußraten für die Gase  $N_2O$  und  $NH_3$  mit  $\pm 0,04 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  vergleichbare Fehler auf. Eine höhere Genauigkeit kann über Verringerung des Signal/Rauschverhältnisses durch Spektrenakkumulation erreicht werden.

#### Ammoniak- und Lachgasemission

Obwohl mit Kalkammonsalpeter ein ammoniakhaltiger Dünger ausgebracht wurde, lagen die  $NH_3$ -Emissionen unterhalb der Nachweisgrenze (Bild 1). Dagegen traten etwa ein bis zwei Wochen nach Düngerausbringung auf allen Parzellen mit einer Düngung von 100 kg N/ha signifikant erhöhte Lachgasemissionen auf. Die höchsten Werte wurden

bei Pappel ohne Untersaat beobachtet (Bild 2a). Die Lachgasbildung zeigte ortsabhängige Schwankungen. So wurde bei Pappel mit Gras als Untersaat eine höhere Lachgasfreisetzung der ungedüngten Parzelle in Vergleich zur Düngungsstufe von 25 kg N/ha gemessen (Bild 2b). Ein Anstieg der Lachgasemissionen bei der niedrigen Düngungsstufe von 25 kg N/ha konnte nicht festgestellt werden (Bild 2c). Da an allen Meßstellen im Zeitraum vom 14. bis 28. Mai erhöhte Lachgaswerte gefunden wurden, stellen auch die Emissionen bei 100 kg

N/ha Überlagerungen von Düngerwirkung und der natürlichen Hintergrundfreisetzung dar. Aufgrund der Gleichzeitigkeit der  $N_2O$ -Maxima bei allen Meßstellen wurde ein Einfluß der Witterung vermutet. Ein klarer Zusammenhang von Emissions- und Wetterdaten war jedoch aus dem Vergleich von Wochenwerten nicht unmittelbar zu entnehmen (Bild 3). Das für diese Untersuchungen gewählte Zeitraster war insgesamt nicht ausreichend, um aus den ermittelten Emissionsraten mit ausreichender Sicherheit düngerbezogene Emissionsraten abzuleiten und von den Hintergrundemissionen zu trennen. Eine zeitliche Auflösung bis zum Stundenraster verbunden mit einer Verbesserung der Meßgenauigkeit um einen Faktor fünf bis zehn sind offenbar Voraussetzungen, die für detailliertere Analysen des Emissionsverlaufes erfüllt werden müssen.

#### Schlußfolgerungen

Signifikant erhöhte Lachgasemissionen traten für einen Zeitraum von etwa ein bis drei Wochen nach Ausbringung bei der Düngungsstufe von 100 kg N/ha Kalkammonsalpeter auf.

Erhöhte Ammoniakemissionen waren nicht meßbar.

Die quantitative Ermittlung düngerverursachter Lachgasemissionsraten setzt die Messung von Tagesgängen und eine Meßgenauigkeit von  $10 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  voraus.

#### Schlüsselwörter

Emissionsraten, Lachgas, Ammoniak, Energiepflanzenanbau, FTIR-Messungen

#### Keywords

Emission rates, nitrous oxide, ammonia, cultivation of plants for energy utilization, FTIR-measurements

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 97616 erhältlich.

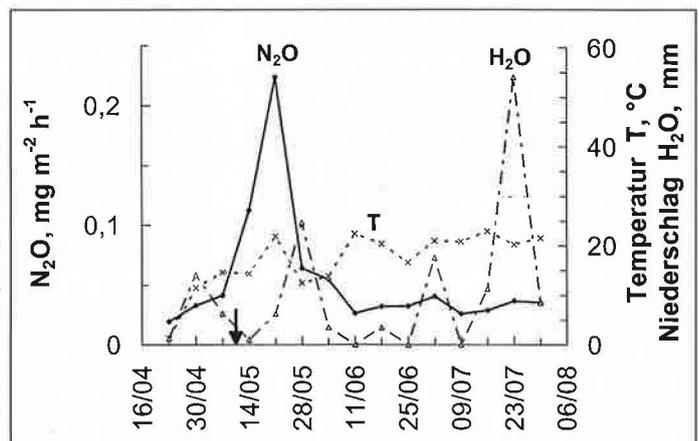


Bild 3: Vergleich von  $N_2O$ -Bodenemissionsraten (100 kg N/ha Kalkammonsalpeter, Pappelparzellen ohne Untersaat) mit Wochenmitteln der Temperatur und Niederschlägen, jeweils bis zum Meßtag. Der Düngungstermin ist mit einem Pfeil gekennzeichnet.

Fig. 3: Comparing nitrous oxide emission rates from soil (100 N kg/ha nitrate of lime and ammonia, poplar plots without underseed) with weekly means of temperature and precipitation, in each case till measuring day. The date of fertilising is indicated by an arrow.