

Hans Jürgen Hellebrand, Volkhard Scholz und Jürgen Kern, Potsdam-Bornim, sowie Yasemin Kavdir, Çanakkale/Türkei

# N<sub>2</sub>O-Freisetzung beim Anbau von Energiepflanzen

Seit 1999 werden N<sub>2</sub>O-Emissionsraten aus Parzellen mit drei Stickstoffdüngungsstufen gaschromatografisch bestimmt. Der langjährige Mittelwert der düngungsinduzierten N<sub>2</sub>O-N-Emissionen ist 0,7 %. Vereinzelt auftretende intensive N<sub>2</sub>O-Emissionsquellen verursachen einen düngungsabhängigen Anstieg des Emissionsfaktors. Es wurde eine enge Korrelation zwischen N<sub>2</sub>O-Emissionen und Jahresniederschlag beobachtet. Die Korrelation zwischen N<sub>2</sub>O-Emissionen und Bodennitratgehalt ist niedriger. Düngungsgaben, Pflanzenbestand und Niederschläge wirken sich auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Jürgen Hellebrand, Dr.-Ing. Volker Scholz und Dr. rer. nat. Jürgen Kern sind Mitarbeiter des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: [jhellebrand@atb-potsdam.de](mailto:jhellebrand@atb-potsdam.de)  
Dr. Yasemin Kavdir ist Ass. Professor an der Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, 17020 Çanakkale (Türkei)

Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

## Schlüsselwörter

Lachgas, N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor, Energiepflanzen, Niederschlag, Bodennitrat

## Keywords

Nitrous oxide, N<sub>2</sub>O emission factor, energy crops, precipitation, soil nitrate

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05515 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor (Verhältnis von N<sub>2</sub>O-N-Emission zur Dünger-N-Gabe [1, 2]) ist entscheidend in der Bewertung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials von Energiepflanzen. Düngungsinduzierte N<sub>2</sub>O-Emissionen können den CO<sub>2</sub>-Vorteil von Energiepflanzen beeinträchtigen (bei hohen Stickstoffgaben und Emissionsfaktoren über 2 %), da N<sub>2</sub>O als Treibhausgas etwa 300fach stärker zum globalen Treibhausgaseffekt beiträgt als CO<sub>2</sub> [3]. Verfahren der Feldbewirtschaftung wirken sich auch auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus. Bodenbearbeitung kann die Mikrobenpopulation verändern [4] und so verstärkte N<sub>2</sub>O-Emissionen am Beginn der Vegetationsperiode nach sich ziehen. N<sub>2</sub>O-Emissionen von Ackerflächen zeigen eine hohe Variabilität [5, 6, 7]. Es gibt Emissionsspitzen mit Emissionsdauern von Stunden bis Wochen, deren Quellen nicht eindeutig bekannt sind [7, 8, 9]. Die räumliche Variabilität wird hauptsächlich durch die Heterogenität des Bodens und durch die Landbewirtschaftung geprägt [5, 6, 10, 11]. Zahlreiche Autoren untersuchten die Auswirkungen von Bodentyp, Düngung und Kulturpflanzen auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen [12, 13, 14, 15, 16]. Hinsichtlich Emissionsfaktoren, insbesondere Einfluss von Niederschlägen, Bodenfeuchte, Temperatur und sonstiger Faktoren besteht weiterhin Unsicherheit. Sehr hohe jährliche N<sub>2</sub>O-N-Emissionen zwischen 4,2 und 56,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> wurden auf einigen gedüngten und nicht ge-

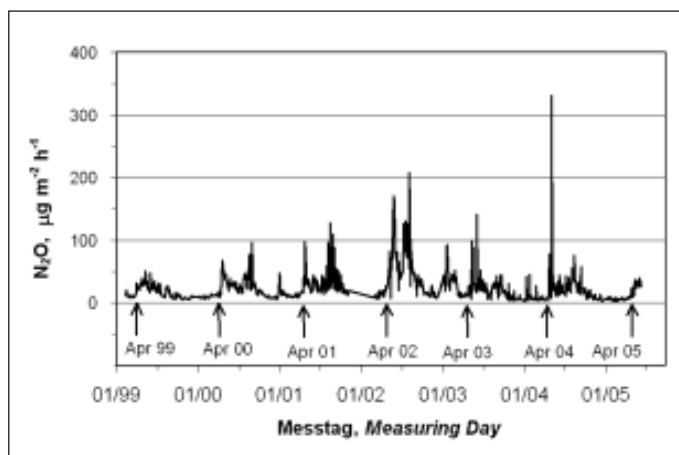
düngten Weide- und Feldflächen bestimmt [13]. Bodentyp und Bodenart bestimmen die bodenbürtigen N<sub>2</sub>O-Emissionen. Bei Versuchen mit identischen Fruchtfolgen entwischen aus sandigem Lehm 1,5 % des Düngerstickstoffs als N<sub>2</sub>O-N-Emission, während aus lehmigen Tonböden die N<sub>2</sub>O-N-Emission nur 0,8 % betrug [15]. Da der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor von den örtlichen Gegebenheiten abhängt, haben die vorliegenden Untersuchungen das Ziel, den Variationsbereich dieses Faktors im Energiepflanzenbau auf sandigen Böden unter den klimatischen Bedingungen im Nordosten Deutschlands zu ermitteln.

## Versuchspartellen und Messtechnik

Seit 1999 werden N<sub>2</sub>O-Flussmessungen auf einem Versuchsfeld zum Energiepflanzenanbau durchgeführt. Das Versuchsfeld hat 40 Parzellen mit einer Fläche von je 624 m<sup>2</sup>. Zehn verschiedene Pflanzenarten oder Pflanzenkombinationen wurden als Spalten, bestehend aus jeweils vier Parzellen (hier als A, B, C und D bezeichnet), mit 6 m Abstand angeordnet. Die zu den Spalten senkrechten vier Reihen aus den Parzellen A, B, C und D wurden unterschiedlich gedüngt. Mineralische Stickstoffdüngung erhielten die Reihen A (150 kg Nha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) und B sowie C mit jeweils 75 kg Nha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Zusätzlich wurden die Reihe A mit PK-Dünger, die Reihe B mit Holzasche und die Reihe C mit Strohasche

Bild 1: Zeitlicher Verlauf der N<sub>2</sub>O-Emissionen seit 1999 (Tagesmittel aller Messstellen), Apr JJ: Pfeile weisen auf den 1. Düngungstermin (in der Regel April).

Fig. 1: Time series of N<sub>2</sub>O emissions since 1999 (daily means from all measuring spots), Apr JJ: periods of fertilisation (usually April) are indicated by arrows.



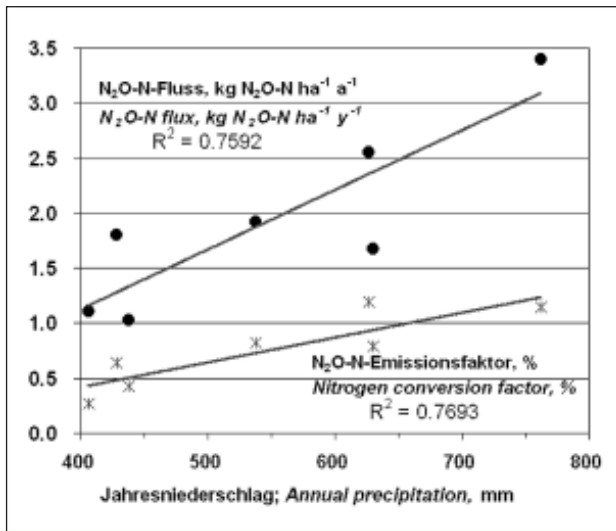


Bild 2: Jahresmittel der N<sub>2</sub>O-N-Flussraten und mittlerer N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor in Abhängigkeit vom Jahresniederschlag (Parzellen mit 150 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

Fig. 2: Mean annual N<sub>2</sub>O-N emissions and mean nitrogen conversion factors versus annual precipitation (Sites with 150 kg N ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>)

versorgt. Die Reihe D blieb ungedüngt. Die Gasflussmessungen erfolgten mit Hilfe von Gasflussmesskammern und eines automatisierten Gaschromatografen (GC) [20] viermal wöchentlich. In einem rechnergesteuertem Messablauf konnten bis zu 64 Probenflaschen analysiert werden. Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor wurde aus der Differenz der Mittelwerte der gedüngten und der ungedüngten Parzellen abgeleitet. Ab 2003 wurden wöchentlich Bodenproben (0 bis 30 cm Tiefe) aus zwölf Parzellen mit drei Düngungsniveaus und vier Pflanzenarten gezogen. Nach Extraktion und Filterung wurde der anorganische Stickstoffgehalt (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N und NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) mit Hilfe der Ionenchromatografie ermittelt.

### Induzierte N<sub>2</sub>O-Emissionen

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen zeigten den erwarteten typischen Verlauf düngungsinduzierter Emissionen (Bild 1). Die düngungsinduzierten N<sub>2</sub>O-Emissionen hatten Maxima zwischen 100 und 600 µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> und wur-

Tab. 1: Mittelwerte der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren von Parzellen mit mehrjährigen und einjährigen Kulturen, A: 150 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; B, C: 75 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Table 1: Mean nitrogen conversion for sites with perennial crops and annual crops, A: 150 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; B, C: 75 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Pflanzen	N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor, %		
	A	B, C	A, B, C
Gras	0,40	0,52	0,48
Weide	0,30	0,36	0,34
Pappel	0,64	0,39	0,47
Mittelwert	0,45	0,42	0,43
Roggen	1,07	0,74	0,85
Triticale	0,75	1,12	1,00
Hanf	0,33	0,16	0,21
Raps	1,60	0,60	0,94
Mittelwert	0,94	0,65	0,75

den bei allen gedüngten Parzellen für einen Zeitraum von vier bis acht Wochen beobachtet. Darüber hinaus gab es seit 1999 mehrere räumlich und zeitlich begrenzte N<sub>2</sub>O-Emissionsquellen hoher Intensität, die nur auf gedüngten Parzellen auftraten. An einzelnen Messstellen gab es Emissionsspitzen bis 1400 µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Über vergleichbare Resultate berichten auch andere Autoren [17 bis 27]. Als Quelle für diese intensiven N<sub>2</sub>O-Emissionen werden zeitweilige lokale Änderungen der Mineralisation organischer Bodensubstanz und veränderte biologische Aktivität im Boden vermutet [28 bis 34]. Die mit dem Pflanzenbau verbundene Bodenbearbeitung könnte eine weitere Ursache für unterschiedliche N<sub>2</sub>O-Emissionsraten sein. Die N<sub>2</sub>O-Emissionsraten aus Parzellen mit mehrjährigen Kulturen zeigen deutliche Unterschiede zu den N<sub>2</sub>O-Emissionsraten aus Parzellen mit einjährigen Kulturen. Die N<sub>2</sub>O-Emissionswerte von Parzellen einjähriger Pflanzen (1,5 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) sind etwa 50 % höher als von Parzellen mehrjähriger Pflanzen (0,9 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Auf Parzellen mit Schwarzbrache wurden die höchsten N<sub>2</sub>O-Emissionswerte gemessen (5,3 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor von Parzellen mit einjährigen Pflanzen beträgt etwa das Doppelte im Vergleich zu Parzellen mit mehrjährigen Kulturen (Tab. 1).

### Niederschlag, Bodennitrat und N<sub>2</sub>O-Emissionen

Das Maximum der jährlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen und das Maximum der jährlichen Emissionsfaktoren der unterschiedlich gedüngten Reihen wurde 2002 beobachtet, dem Jahr mit den höchsten Niederschlägen seit 1999. Eine Korrelation zwischen Jahresniederschlägen und N<sub>2</sub>O-Emissionen ist eindeutig vorhanden (Bild 2). Dagegen ist die Korrelation zwischen Bodennitratgehalt und N<sub>2</sub>O-

Emissionen wenig ausgeprägt. Die jahreszeitlichen Verläufe von Bodennitratgehalt und N<sub>2</sub>O-Emissionsraten sind ähnlich, aber infolge der lokalen und zeitlichen Schwankungen der N<sub>2</sub>O-Emission und der Nitratkonzentration wirken sich Zeitpunkte und Beprobungsorte auf die aus diesen Daten ermittelte Korrelation aus. Bodenproben wurden außerhalb des Gasflussmessringes in rund 30 bis 50 cm Abstand gezogen, jedoch nicht gleichzeitig. Ein Zusammenhang zwischen täglichen N<sub>2</sub>O-Flusswerten und wöchentlichen Bodennitratwerten ist praktisch nicht vorhanden (R<sup>2</sup> = 0,03), während die monatlichen Mittelwerte beider Größen eine leichte Korrelation aufweisen (R<sup>2</sup> = 0,20). Als Erklärung wird eine hohe zeitliche Dynamik der N<sub>2</sub>O-Emissionen gesehen, die durch die im Verlauf einer Woche auftretenden Schwankungen gestützt wird. Die monatlichen Mittelwerte beschreiben hingegen mehr den tendenziellen Verlauf, so dass die Korrelation ansteigt.

### N<sub>2</sub>O-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Vorteil von Energiepflanzen

Der mittlere N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor aller gedüngter A-, B- und C-Parzellen beträgt für die Jahre von 1999 bis 2005 etwa 0,7 % (0,9 % für A-Parzellen und 0,6 % für B- und C-Parzellen). Aufgrund starker Emissionen einzelner A-Parzellen haben diese einen höheren N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor. Ebenso sind die düngungsinduzierten Emissionen aus Parzellen mit einjährigen Kulturen stärker als aus Parzellen mit mehrjährigen Kulturen (Tab. 1). Die hier ermittelten N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren liegen im unteren Teil des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktorbereiches von 0,25 bis 2,25 %, der je nach bodenspezifischen Gegebenheiten in düngungsbezogenen N<sub>2</sub>O-Inventoryen Verwendung findet [2]. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem lehmigen Sandboden des Versuchsfeldes relativ niedrig sind. Der CO<sub>2</sub>-Vorteil von Energiepflanzen wird durch Düngung nicht eingeschränkt, solange Düngung zu einem adäquat höheren Biomassertrag führt [35, 36]. Diese Aussage gilt gleichermaßen für andere Pflanzen, die als Quelle für nachwachsende Rohstoffe auf sandigen Böden angebaut werden, falls exzessive Düngung vermieden wird.

### Dank

Die Autoren danken dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) für die Förderung des Gastaufenthaltes von Frau Dr. Kavdir am ATB.