

Nach heutigen Erkenntnissen beträgt der jährliche Lachgas (N_2O)-Anstieg in der Atmosphäre etwa 0,2 bis 0,3 %. Diese Entwicklung ist beunruhigend, weil Lachgas sowohl zum Treibhauseffekt als auch zur Ozonzerstörung in der Stratosphäre beitragen kann. Der Treibhauseffekt wird im wesentlichen von den Spurengasen CO_2 (Kohlendioxid) und CH_4 (Methan) im

ppmv-Bereich ($\mu L \cdot L^{-1}$) und von N_2O (Lachgas) im ppbv-Bereich ($nL \cdot L^{-1}$) verursacht. Die genannten Gase sind alle weitgehend biogenen Ursprungs, doch wurden ihre Freisetzungsraten in den letzten 20 bis 30 Jahren durch die verschiedenen anthropogenen Aktivitäten deutlich erhöht. Bezogen auf das Treibhauspotential von CO_2 ist der Treibhauseffekt von Methan etwa

35mal und der von Lachgas sogar circa 260mal größer, weil insbesondere die mittlere Verweilzeit von Lachgas auf 100 bis 200 Jahre geschätzt wird.

sprechend etwa 2,6 kg N_2O-N $ha^{-1} \cdot a^{-1}$. Bezogen auf einen mittleren Gesamt-N-Vorrat eines Ackers (circa 2000 kg N ha^{-1} im Oberboden) würde die Lachgasabgabe etwa 0,013 Prozent des Boden-N-Vorrats betragen. Umgerechnet auf die Gesamtackerfläche der Bundesrepublik Deutschland (ca. $12000 \cdot 10^3$ ha) würden weiter schätzungsweise $31 \cdot 10^3$ t N_2O-N pro Jahr der Atmosphäre zugeführt. Bei einem jährlichen Lachgasanstieg von etwa 0,25 Prozent entsprechend einer Größenordnung von 3 bis $4 \cdot 10^6$ t Lachgas-N im Jahr wäre die deutsche Landwirtschaft mit 0,089 Prozent an dieser Entwicklung beteiligt. Diese Zahlen sind nicht repräsentativ und können allenfalls vorläufige Anhaltspunkte bedeuten, weil Hochrechnungen aufgrund von relativ wenigen Meßterminen ohne Berücksichtigung der täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen nicht zuverlässig sind.

Lachgasfreisetzung aus einer kommunalen Kläranlage

In kommunalen Kläranlagen (z.B. Gießen mit 160.000 EWG) werden im belüfteten Belebungsbecken sowie in den Nitrifikations/Denitrifikationsbecken die Prozesse der Nitrifikation und Denitrifikation geradezu gefördert, um eine möglichst weitgehende Stickstoffelimination (N_2O und bevorzugt N_2) zu erzielen. Entsprechend der oben beschriebenen Meßtechnik im Gelände wurde das oberflächlich freigesetzte Lachgas mittels offener und mit Schwimmkörpern versehener,

■ Von Johannes C. G. Ottow, Gero Benckiser und Hans-Joachim Lorch

Böden, Abwasserreinigungsanlagen und Komposte als Quellen und Senken von Lachgas

In welcher Größenordnung landwirtschaftlich genutzte Böden, Kläranlagen oder Kompostmieten zur N_2O -Bildung beitragen, ist kaum bekannt. Im Prinzip kann sowohl die Nitrifikation (Oxidation von Ammonium zu Nitrat) als auch die Denitrifikation (Nitratatmung) Ursache der Lachgasbildung sein. Im Rahmen verschiedener experimenteller Diplom- und Doktorarbeiten am Institut wurden Methoden und Techniken entwickelt, um die *in situ*-Emission von Lachgas aus verschiedenen Biotopen zu quantifizieren.

Lachgasemissionen aus Ackerböden

In Zusammenarbeit mit dem Gießener Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Prof. Dr. Wilhelm Jahn) wurden *in situ*-Lachgasemissionen mit offenen PVC-Kammern auf der Versuchstation Weilburgergrenze durch-

geführt. Als Objekte dienten die verschiedenen Versuchsglieder eines langjährigen Düngungsversuchs mit sehr unterschiedlichen Fruchtfolgen. In allen Parzellen zeigte sich eine hohe Streuung der Lachgasemissionen mit Variationskoeffizienten von 3 bis 100 Prozent. Auf der Basis von 45 Meßterminen wurden auf den einzelnen Versuchsgliedern durchschnittliche Lachgasoberflächenflüsse von 6 bis 14 g N_2O-N $ha^{-1} \cdot d^{-1}$ (je nach Fruchtfolge und Düngungsintensität) ermittelt. Die einzelnen Messungen variierten von Null (Boden diente zu diesem Zeitpunkt als Lachgasenke, weil die N_2O -Konzentration in der Außenluft höher war) bis zu einer maximalen Lachgasabgabe von circa 62 g $ha^{-1} \cdot d^{-1}$. Eine Abschätzung für den gesamten Untersuchungszeitraum ergab eine über allen Winterroggenparzellen gemittelte Emission von circa 7 g N_2O-N $ha^{-1} \cdot d^{-1}$ ent-

Tabelle 1: Gelöste N_2O-N -Konzentrationen ($mg \cdot m^{-3}$ Abwasser) im Zulauf zum Belebungsbecken, Tropfkörper, Belebungsbecken, zugeführten Rücklaufschlamm und Nachklärbecken der Kläranlage Gießen (Januar bis August 1995)

	Zulauf Belebungsbecken	Tropfkörper	Belebungs- becken	zugef. Rück- laufschlamm	Nachklär- becken
Mittelwert	14,0	11,1	184	291	10,8
min	0	0	0	58,4	0
max	44,2	34,7	1142	959	73,0

selbstangefertigter PVC-Kammern aufgefangen, an Molekularsieb sorbiert und im Labor gaschromatographisch gemessen. Das im Abwasser gelöste Lachgas wurde bei 80°C ausgetrieben und ebenfalls mit dem Gaschromatographen quantifiziert. Parallel zu jeder Lachgasmessung wurden pH, Temperatur, Sauerstoffpartialdruck und sämtliche chemischen Wassereigenschaften bestimmt. Aus dem Belebungsbecken (alt) wurden im Laufe eines Jahres zwischen 0 und 6,2 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹ abgegeben (im Schnitt etwa 1,0 mg N m⁻²·h⁻¹). Hochgerechnet würde die jährliche Lachgasfreisetzung etwa 2,4 ± 1,3 kg N betragen. Die Höhe der Lachgasfreisetzung im Belebungsbecken wird dabei vor allem von der Nitrat- und Nitritkonzentration sowie vom pH bestimmt und kann auf eine Nitrifikations-Denitrifikation hinweisen. Im Laufe eines Jahres setzte die neue Nitrifikations-Denitrifikationsanlage Gießens durchschnittlich 12,4 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹ frei. Das belüftete Nitrifikationsbecken emittierte mit durchschnittlich 19,5 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹ deutlich mehr N₂O als das unbelüftete Denitrifikationsbecken (0,5 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹). Wie die N₂O-Emissionen zeigen auch die gelösten N₂O-Konzentrationen mit durchschnittlich 73 ± 38 mg N₂O-N m⁻³ im Nitrifikationsbecken höhere Werte als im Denitrifikationsbecken (47 ± 23 mg N₂O-N m⁻³). Die pH-Werte (zwischen 6,7 und 7,5) lagen in beiden Becken stets sowohl für die Nitrifikation als auch für die Denitrifikation im Aktivitätsoptimum. Bei einem Anstieg der Wassertemperatur auf circa 18°C im Sommer erhöhten sich die N₂O-Emissionen im Nitrifikationsbecken deutlich bis auf Werte von circa 204 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹. Im Denitrifikationsbecken war eher ein gegenläufiger, temperaturabhängiger Trend zu erkennen. Als Ursache dürfte hier die Veratmung von N₂O zu N₂ in Betracht kommen. Entgegen den Erwartungen scheint

Tabelle 2: In situ N₂O-N-Konzentrationen (mg · kg⁻¹ trockener Kompost) in Kompostmieten der Haupt- und Nachrotte der Kompostierungsanlage Gießen (Januar bis Juli 1994)

	14.1.	17.1.	3.2.	4.2.	7.2.	7.3.	12.4.	30.6.	28.7.
Hauptrotte	—	0	9,9	12,2	0	6,8	0	8,2	4,2
Nachrotte	23,1	0	578,6	0	0	1389,7	330,2	0	125,5

vor allem das Nitrifikationsbecken (circa 19,5 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹) und in geringerem Umfang das Denitrifikationsbecken (circa 0,5 mg N₂O-N m⁻²·h⁻¹) zur N₂O-Freisetzung beizutragen. Aufgrund einer N-Bilanzierung wird die Stickstoffzufuhr in der Kläranlage Gießen um ca. 86 Prozent reduziert. Der freigesetzte bzw. gelöste N₂O-N-Anteil an diesem Gesamt-N-Eintrag beträgt etwa 0,04 Prozent bzw. 0,2 Prozent. Wenn angenommen wird, daß im Belebtschlamm in der Regel durchschnittlich 30 bis 50 Prozent des zugeführten Stickstoffs festgelegt werden, können etwa 36 bis 56 Prozent der N-Verluste nicht identifiziert werden (vermutlich N₂ und NH₃). Als Ursache der Lachgasbildung in belüfteten Anlagen kommt im wesentlichen der Nitrifikationsprozeß in Frage, weil die N₂O-Bildung in den Belebtschlammflocken (Modellversuche) in Anwesenheit von Nitrifikationsinhibitoren (Nitrapyrin, N-Allyl-thioharnstoff) bis zu 95 Prozent unterbunden wurde.

In Tabelle 1 sind die gelösten Lachgaskonzentrationen unterschiedlicher Kompartimente der Kläranlage Gießen und in Tabelle 2 die sorbierten Lachgaskonzentrationen in Kompostmieten der Gießener Kompostierungsanlage zusammengefaßt. Offenbar wird ein relativ hoher Teil an Lachgas in den Vorfluter weitertransportiert. Aber auch Kompostierungsanlagen können zeitlich zur Lachgasbildung beitragen. Die oben genannten Ergebnisse sind neu und als erste vorläufige Schätzungen zu betrachten, die zudem versuchs- und anlagespezifisch sind. Eine grundlegende Voraussetzung für zuverlässige Meßdaten ist der Einsatz weitge-

hend automatisierter Meßsysteme, die mit hoher zeitlicher Auflösung sowohl an der Bodenoberfläche als auch in Kläranlagen über einen ganzen Jahreszyklus Daten erfassen. Nur auf diese Weise können tages- und jahreszeitabhängige Schwankungen erfaßt und die N₂O-Verluste präzisiert werden.

Wenngleich die aus Ackerböden und Kläranlagen freigesetzten Lachgasmengen bezogen auf den Gesamt-N-Gehalt als sehr gering zu bezeichnen sind, sollte N₂O aufgrund seiner relativ zu CO₂ um ein Vielfaches höheren Wärme-Absorptionskapazität, seiner langen Verweilzeit und seines hohen Treibhauspotentials langfristig nicht unterschätzt werden. Selbst für den unwahrscheinlichen Fall, daß die globale Lachgasemission auf dem heutigen Niveau bleiben würde, muß davon ausgegangen werden, daß sich sein Beitrag zum Treibhaus effekt in Zukunft noch weiter verstärken wird. Dies wird sich um so intensiver auswirken, je stärker die globalen Lachgasemissionen aufgrund des notwendigen weltweiten Ausbaus von Kläranlagen und aufgrund des steigenden Düngungsbedarfs in den Entwicklungsländern zunehmen werden. ■

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Prof. Dr. Johannes C. G. Ottow
Dr. Gero Benckiser
Dr. Hans-Joachim Lorch

Institut für Angewandte Mikrobiologie
Senckenbergstraße 3
35390 Gießen
Telefon (0641) 702-85150