©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Unsere Böden: Quelle oder Senke für Treibhausgase?

von Sophie Zechmeister-Boltenstern, Wien

Vortrag gehalten am 10. Jänner 1996

Einleitung

Kohlendioxid, Wasserdampf, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Methan, Distickstoffoxid und Ozon in der Atmosphäre sind die Gase, die den Hauptbeitrag zur globalen Klimaerwärmung, dem sogenannten „Treibhauseffekt" leisten (LESCH *et al.*, 1990).

Diese Gase sind fast transparent für sichtbare und infrarotnahe Wellenlängen des Sonnenlichts. Sie absorbieren und reflektieren aber einen großen Anteil der längerwelligen Infrarotstrahlung, die von der Erdoberfläche kommt. Als Ergebnis dieser Wärmefalle strahlt die Atmosphäre große Mengen von langwelliger Energie hinunter auf die Erdoberfläche. Als Folge davon ist die langwellige Strahlungsenergie, die an der Erde ankommt, fast doppelt so hoch wie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die, die direkt von der Sonne kommt. Obwohl die Größenordnung und der zeitliche Ablauf von Klimaveränderungen noch ungewiß sind, weiß man, daß die atmosphärischen Konzentrationen von strahlungsaktiven Gasen zunehmen (SAUERBECK & BRUNNERT, 1990).

Die zunehmenden Mengen an Treibhausgasen in der Atmosphäre kommen in erster Linie aus der Industrie. Steigende Mengen von CO_2, welches das wichtigste Treibhausgas darstellt, stammen zum größten Anteil aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen. In ähnlicher Weise stammen auch die FCKW-Emissionen (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) hauptsächlich aus industriellen Prozessen und Produkten. Nachdem man sie wegen ihrer ozonabbauenden Wirkung nun international verboten hat, ist auf einen Rückgang der atmosphärischen Konzentrationen zu hoffen.

Als wesentliche Quelle von CH_4- und N_2O-Emissionen und als zweitrangiger Verursacher von CO_2-Emissionen ist auch die steigende landwirtschaftliche Produktion für den Anstieg der Konzentration dieser Treibhausgase in der Atmosphäre verantwortlich.

Die Wirkung der einzelnen anthropogen verursachten Treibhausgase auf das Strahlungsbudget der Atmosphäre ist von mehreren Faktoren abhängig:

- der Konzentration in der Atmosphäre
- der Stärke der Infrarotabsorption
- der atmosphärischen Lebensdauer und
- der Wechselwirkung mit anderen Gasen in der Atmosphäre

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wenn man z.B. CO_2, N_2O und CH_4 vergleicht, ist festzuhalten: CO_2 ist ziemlich reichlich in der Atmosphäre vorhanden (345 ppm), es hat aber ein relativ niedriges Absorptionspotential (1) und eine lange Lebensdauer (100 Jahre). Methan ist wesentlich niedriger konzentriert (1,65 ppm), hat aber ein höheres Absorptionspotential (32) und eine mittlere Lebensdauer (8-12 Jahre). N_2O Konzentrationen in der Atmosphäre sind winzig (300 ppb), N_2O hat aber eine sehr hohe Absorptionsfähigkeit (150) und eine lange Lebensdauer (100-200 Jahre).

Wichtige Spurengase kommen aus dem Boden

Um ein komplettes Bild über die Rolle von Böden und Landbewirtschaftung im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt zu gewinnen, ist es notwendig auch indirekte Effekte zu beachten (BOLIN *et al.* 1989). Folgende Gase können biologisch gebildet werden und beeinflussen die Konzentration der „Haupttreibhausgase": Kohlenmonoxid, Ethylen, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxide sowie Ammoniak. Diese Gase spielen eine katalytische Rolle in verschiedenen photochemischen Reaktionen, in die Ozon, Methan, Kohlenmonoxid und OH-Radikale verwickelt sind.
Mögliche Ursachen für den Anstieg der Treibhausgase können steigende Emissionen aus verschiedenen Quellen sein, aber in manchen Fällen sind auch verminderte Abbauraten der Gase die Ursache für einen globalen Anstieg.
Der Boden besteht aus einem komplexen System von verschiedenen Lebensräumen oder Mikrohabitaten.

Gasart	Gesamt-emission (Tg/Jahr)	Boden-emission (Tg/Jahr)	atmosphärische Konzentration[f]	Anstieg pro Jahr (%)	Anteil am Treibhauseffekt in den 80er Jahren (%)
CO_2[a]	5700-6400	200-900	357 ppmv[f]	0,5	50
CO[c]	1270-5700	3-30	0,09 ppmv	2-6	indirekt
CH_4[a]	330-650	100-240	1,74 ppmv	1,1	19
C_2H_4[b]	18-45	12-29	<0,005 ppmv	?	indirekt
N_2O[a]	13-57 (Tg N)	11-55 (Tg N)	0,31 ppmv	0,25	4
NO[e]	25-99 (Tg N)	4-16 (Tg N)	0,005-0,022 ppmv[d]	?	indirekt
NH_3[c]	115-117 (Tg N)	20-35 (Tg N)	veränderlich	?	indirekt

[a] Sauerbeck & Brunnert 1990 [b] Sawada & Totsuka 1986 [c] Bouwman 1990 [d] Burdick 1994
[e] Smidt & Gabler 1994 (für Österreich) [f] ppmv = 1 Teil auf eine Million pro Volumeneinheit

Tab. 1: Treibhausaktive Spurengase, die im Boden gebildet werden können

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Aus 100 g Boden können ca. 10 000 verschiedene Bakterienarten isoliert werden. Dazu kommen noch Pilze und Protozoen. Alle diese Mikroorganismen unterscheiden sich in ihren Lebensansprüchen und physiologischen Aktivitäten. Viele dieser Mikroorganismen können Treibhausgase bilden. Sie brauchen dazu ganz bestimmte Umweltbedingungen, wie zum Beispiel den Abschluß von Sauerstoff für die Methan- und N_2O-Bildung. Andere Mikroorganismen bauen Treibhausgase ab. Auch hier gibt es optimale Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse, oder es werden bestimmte Ionen oder Substrate benötigt. Da es sich um sehr komplexe Vorgänge handelt, sind viele davon noch unerforscht, und es gibt zum Teil nur grobe Schätzungen über Bildungs- und Abbauraten in verschiedenen Böden unter unterschiedlichen Umwelteinflüssen.

Kohlendioxid (CO_2)

Die größte biogene Quelle für Kohlendioxid ist die Umwandlung von Waldflächen in landwirtschaftliche Nutzflächen, was überwiegend in den Tropen geschieht. Die Abholzungsrate und die Art der Landnutzung nach der Abholzung haben eine starke Auswirkung auf die CO_2-Bildung. Die Entwässerung von Feuchtgebieten, die Intensitätssteigerung von Wanderfeldbau und eine Zunahme an ariden Gebieten können ebenfalls den CO_2-Output erhöhen. Dagegen können Aufforstungen, Eindämmung von Waldbränden und Minimalbodenbearbeitung dazu beitragen, die CO_2-Konzentrationen in der Atmosphäre einzudämmen (BOUWMAN, 1990).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid ist ein hochgiftiges Gas, das bei Verbrennungsprozessen entsteht. Kohlenmonoxid wirkt selbst nicht auf die Strahlungsbilanz in der Atmosphäre, aber es beeinflußt die Konzentrationen anderer Treibhausgase wie z.B. Methan. Außerdem ist die Oxidation von CO eine weitere Quelle von CO_2. Es konnte festgestellt werden, daß Kohlenmonoxid in den meisten Böden absorbiert wird. Wenn man trockene Böden, die CO produzieren, bewässert, beginnen diese plötzlich, CO abzubauen und werden zu einer Nettosenke von Kohlenmonoxid. Der Kohlenmonoxidabbau wird durch Hitzesterilisation von Bodenmaterial vollständig gehemmt, während die CO-Produktion dadurch gefördert wird. Daraus schließt man, daß die CO-Bildung ein chemischer Prozeß ist und daß im Gegensatz dazu der CO-Abbau in Böden auf mikrobielle Aktivität zurückzuführen ist. Daher findet man CO-produzierende Böden vor allem in ariden und semiariden Gebieten (BOUWMAN, 1990).

Methan (CH_4)

Diversität und Physiologie der methanbildenden Bakterien

Die Methanogenen sind eine große Gruppe von strikt anaeroben Bakterien, die Methan als Endprodukt ihres Energiestoffwechsels bilden. Sie gehören zum Stamm der Archaebakterien, die sich sowohl von den Eubakterien als auch von den Eukaryoten deutlich unterscheiden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Man kennt heute mehr als 50 Arten von methanbildenden Bakterien aus den verschiedensten anaeroben Habitaten. Am häufigsten treten sie dort auf, wo die Sauerstoffversorgung limitiert ist und gleichzeitig genügend abbaubare organische Kohlenstoffverbindungen vorhanden sind. So kommen sie z.B. in Süßwasser- und Meeressedimenten vor, im Verdauungstrakt von Mensch und Tier und in überfluteten Böden. Sie sind jedoch auch schon aus geothermischen Quellen isoliert worden sowie aus nassem verrottendem Holz und aus Zahnkaries. In den meisten anaeroben Habitaten ist das Wachstum und das Überleben der Methanogenen abhängig von der Stoffwechselaktivität verschiedener Eubakterien, die ihnen das Substrat für die Methanbildung liefern und für Sauerstoffverbrauch und reduzierende Bedingungen sorgen (ANDREAE & SCHIMEL, 1989).

Im Boden wird Methan während des mikrobiellen Abbaus von organischem Material unter strikt anaeroben Bodenbedingungen gebildet. Natürliche Feuchtgebiete und Naßreisfelder sind Flächen, auf denen anaerobe Verhältnisse vorherrschen. Auf Müllhalden wird Sauerstoff verbraucht, und im Laufe der Zeit nehmen Gärungsprozesse zur Zerlegung der organischen Abfälle überhand. Methan wird auch im Verdauungssystem von Wiederkäuern und diversen Insekten gebildet, bei den letzteren sind hier vor allem die Termiten von Bedeutung. Auch beim Verbrennen von Biomasse wird Methan, diesmal auf chemischen Weg, gebildet.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Während Methan vor allem in nassen oder überfluteten Böden gebildet wird, wird es in trockenen Böden abgebaut. Daher ist es möglich, daß sich ein Standort von einer Methanquelle in eine Methansenke verwandelt, sobald sich der Wasserspiegel senkt. Man kann dieselbe Versuchsanordung dazu verwenden, positive und negative Methanflüsse zu messen. Ein Vorteil bei Methanmessungen ist, daß die Konzentration von Methan in der Luft (ca. 1,7 ppm) sehr einfach mit einem Gaschromatographen mit Flammenionisationsdetektor meßbar ist und man daher entsprechende Konzentrationsänderungen leicht feststellen kann.

Methantransport vom Boden in die Atmosphäre

Das in anaerober Umgebung, etwa im Grundwasserbereich gebildete Methan muß zuerst durch eine sauerstoffenthaltende Grenzschicht und dann durch den Porenraum des Bodens diffundieren, bevor es als atmosphärisches Methan freigesetzt werden kann. Während der Passage durch diese sauerstoffenthaltenden Medien können beträchtliche Teile des gebildeten Methans durch die Bodenmikroflora wieder zu CO_2 abgebaut werden. Unter den Faktoren, die bestimmen, wieviel Methan oxidiert wird, bevor es die Atmosphäre erreicht, spielen vor allem die Verweildauer des Methans in dieser sauerstoffenthaltenden Umgebung und die biologische Aktivität dieser Schicht eine Rolle. Die Aktivität der methanoxidierenden Mikroorganismen kann durch mangelnde Wasser- oder Nährstoffverfügbarkeit oder durch ungenügende Kontaktzeit mit Methan limitiert sein. Kurze Weg-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

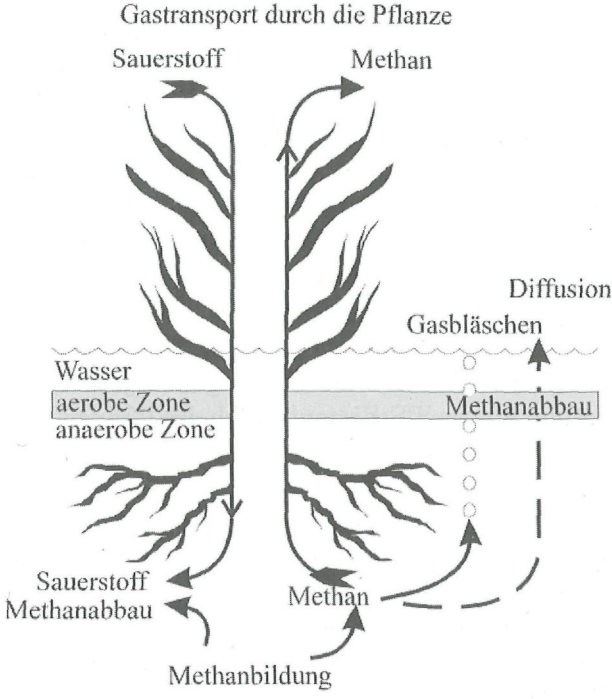

Abb. 1: Methanbildung und Abbau in überfluteten Böden (nach SCHÜTZ, 1989)

strecken zwischen dem Wasserspiegel und der Atmosphäre (z.B. durch einen hohen Wasserstand bedingt) können das Entweichen von Methan begünstigen. Daher sind auch Gebiete, in denen der Grundwasserspiegel hoch ist, wie z.B. wasserstauende Böden, Reisfelder, Sümpfe, Salzmarschen und Moore, besonders produktive Stätten der Methanbildung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Durch Wasser diffundierendes Methan wird besser abgebaut als Methan, das in Gasbläschen nach oben transportiert wird. Pflanzenwurzeln können ein Netzwerk bilden, das Gasbläschen zumindest kurzzeitig auffangen kann. Die Wurzeloberfläche bildet eine zusätzliche aerobe/anaerobe Zwischenzone innerhalb der methanbildenden Schicht des Sediments. Die Fähigkeit von Wasserpflanzen, auf den Methanabbau einzuwirken, hängt vor allem mit der Ausbildung von Aerenchymen zusammen. Diese erlauben die Diffusion von Sauerstoff in die Wurzeln und von dort in das Sediment. Gleichzeitig kann jedoch auch Methan aus dem Sediment durch die Pflanze in die Atmosphäre entweichen (Abb. 1).

Methanabbau in verschiedenen Böden

Die Tundra stellt ein großes Kohlenstoffreservoir auf der Erde dar. Insgesamt sind 15 % der globalen Kohlenstoffvorräte in der Tundra enthalten. Demzufolge ist sie eine bedeutende Methanquelle, die ca. 10 % des globalen Methanbudgets ausmacht. In wassergesättigter Tundra ist die Methanoxidation auf die schmale aerobe/anaerobe Grenzschicht oberhalb des Wasserspiegels begrenzt, und eine Nettoproduktion von Methan findet statt. Sobald diese Böden jedoch austrocknen, wird Methan unverzüglich abgebaut, und diese Böden werden zu einer Methansenke. Genauso kann man in Mooren eine Nettobildung von Methan im wassergesättigten Zustand beobachten, während in sommerlichen Trockenperioden ein Abbau von atmosphärischem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Methan beobachtet werden kann. Hohe Methanabbauraten findet man auch in Waldböden unseres gemäßigten Klimabereichs. Auch an Ackerböden hat man in Laborversuchen unter anaeroben Bedingungen Methanbildung, unter aeroben Verhältnissen hingegen Methanabbau gemessen. Stickstoffdüngung führt zu einer Hemmung des Methanabbaus.
Diese Untersuchungen bestätigen, daß Böden generell sowohl methanbildende als auch methanabbauende Mikroorganismen enthalten und daß der Wassergehalt und damit die Verfügbarkeit von Sauerstoff bestimmen, ob ein Boden eine Methanquelle oder eine Methansenke darstellt. Dieses Phänomen ist von besonderem Interesse in Bezug auf die globale Klimaerwärmung. Wenn z.B. das Aufheizen der Erdatmosphäre die Tiefe und das Ausmaß von trokkenen Tundraböden erhöht, kann man annehmen, daß mehr atmosphärisches Methan abgebaut wird. Leider entsteht jedoch auch gleichzeitig zusätzliches CO_2.
Eine interessante Erkenntnis ist auch der Umstand, daß methanabbauende Mikroorganismen neben Methan auch andere umweltrelevante Chemikalien abbauen können. Ein Beispiel ist die Umwandlung von giftigem CO in CO_2, ein anderes der Abbau von verschiedensten Alkanen, Alkenen, Aromaten und komplexen Kohlenwasserstoffen. Darunter fallen auch wichtige Umweltschadstoffe wie z.B. Trichlorethylen, das bei Reinigungsfirmen anfällt. Um kontaminierte Böden und Grundwasser von diesem Gift zu befreien, setzt man methanabbauende Bak-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

terien ein. Damit diese Bakterien gefördert werden, wird Methan in den Boden gepumpt, was eine beschleunigte Entgiftung des Bodens von chlorierten Kohlenwasserstoffen zur Folge hat.

Ethylen (C_2H_4)

Ethylen scheint normalerweise nicht in der Liste der klimarelevanten Spurengase auf und wenn, dann wird es nur unter „Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe" erwähnt. Diese Vernachlässigung ist jedoch hauptsächlich auf ein Informationsdefizit zurückzuführen. Ethylen hat nämlich einen wichtigen indirekten Effekt auf die Atmosphärenchemie, und seine Bildung und sein Abbau sind stark durch biologische Prozesse beeinflußt.

Es gibt eine Tabelle über globale Quellen und Senken von Ethylen von SAWADA & TOTSUKA aus dem Jahr 1986. Sie ist jedoch sehr spekulativ, da es kaum verläßliche Freilandstudien gibt, auf die sich diese Zahlen stützen könnten. Zum Beispiel scheint der Boden hier nicht als Senke von Ethylen auf, dagegen werden terrestrische Ökosysteme für 65 % der gesamten Quellen verantwortlich gemacht. Das kommt daher, daß Ethylen ein pflanzlicher Wuchsstoff ist und auch von Pflanzen in die Luft abgegeben wird. Wir konnten feststellen, daß der Ethylenabbau in den meisten Böden die Produktion bei weitem übertrifft. Daher ist es wahrscheinlich, daß Böden auch Ethylen aus fremden Quellen abbauen können.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Auswirkungen von Ethylen auf die Photochemie sind folgende:

- es trägt bei zur Bildung von CO
- es spielt eine Rolle bei der Bildung und dem Abbau von Ozon
- es reagiert rapide mit OH Radikalen und beeinflußt dabei die Lebensdauer von anderen Treibhausgasen, wie etwa Methan.

Die atmosphärische Lebensdauer von Ethylen selbst ist kurz (2-4 Tage). Trotzdem entweicht etwas Ethylen in die Stratosphäre, wo es an der Ozonzerstörung beteiligt ist.

Ammoniak (NH_3)

Erhebliche Stickstoffverluste entstehen durch die Bildung von Ammoniak aus Ammonium (NH_4^+). Ammoniak ist zwar nicht direkt klimawirksam, trägt aber innerhalb des Stickstoffkreislaufes durch Eutrophierung und Versauerung zur Schädigung natürlicher und naturnaher Ökosysteme bei und verstärkt deren Freisetzung von NO_x und vor allem N_2O. Ammoniak und Ammoniumionen werden in geringen Mengen aus Kläranlagen und insbesondere von der Landwirschaft freigesetzt. Dies wird gefördert durch mineralische Düngung sowie durch Tierexkremente bzw. Wirtschaftsdünger. Im Kot und Harn der Tiere fällt als Abbauprodukt des mikrobiellen Eiweißabbaus Ammonium an, das teilweise als Ammoniakgas entweicht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bei höheren Temperaturen (über 20 °C) und in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften (geringe Ton-Humus-Sorption) können die Verluste sehr hoch liegen. Selbst bei niedriger Temperatur betragen die durchschnittlichen Stickstoffverluste bei Harnstoff noch bis zu 25 % (BURDICK 1994). Die Intensität der Ammoniakausgasung hängt vor allem von folgenden Faktoren ab:

- Gehalt bzw. Düngung des Bodens mit Ammonium
- Steigender pH-Wert des Bodens im alkalischen Bereich
- Steigende Bodentemperatur
- Steigender Wassergehalt des Bodens bei ausreichender Durchlüftung

Die gasförmigen Ammoniakverluste sind mithin maßgeblich vom Kalkungszustand des Bodens abhängig. Daher ist von einer Ammoniumdüngung auf kalkreichen Böden oder in engem zeitlichen Zusammenhang mit einer Kalkung unbedingt abzuraten (BURDICK 1994).

Lachgas (N_2O) und Stickoxide (NO und NO_2):

Quellen und Senken von N_2O

Die größte natürliche Quelle des N_2O ist die mikrobielle Denitrifikation und Nitrifikation in Böden und Gewässern. Als Nitrifikation bezeichnet man die mikrobielle Stickstoffumwandlung, bei der aus Ammonium in zwei Stufen zunächst Nitrit und dann Nitrat gebildet wird. Die Denitrifikation ist der mikrobielle Stickstoffabbau durch Reduktion des Nitrates zu atmo-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sphärischem Stickstoff und zu Distickstoffoxid (N_2O). Die natürlichen Emission von N_2O erfolgt im wesentlichen aus Böden tropischer Ökosysteme und ist von der Bodenbeschaffenheit sowie ausreichend hohen Temperaturen und Niederschlägen abhängig. Die anthropogene Emission von N_2O erfolgt in erster Linie im Zuge landwirtschaftlicher Aktivitäten. Etwa 3 % des Düngerstickstoffs werden in Form von N_2O freigesetzt. Man geht davon aus, daß durch die Düngeranwendung in der Landwirtschaft N_2O-Emissionen in Höhe von etwa 2,5 Mio. t pro Jahr verursacht werden. Durch die weltweite Zunahme der Düngung wird ein weiterer Anstieg der N_2O-Emissionen aus der Landwirtschaft bis zum Jahr 2025 prognostiziert (BURDICK 1994).

Entstehung von N_2O, NO_2 und NO

Die Umweltparameter, die die Bildung der Stickstoffspurengase durch Nitrifikation und Denitrifikation steuern, können durch ein Modell beschrieben werden, das auf dem Vergleich mit Leckstellen in einer Leitung basiert (Abb. 2). Dieses vereinfachende Modell zeigt zwei Ebenen der Regulation für die Bildung von Stickstoffspurengasen durch mikrobiologische Prozesse:

1. Faktoren, die die Rate des Gesamtumsatzes von Stickstoff steuern, beeinflussen den Durchfluß von Stickstoff durch die Röhren.
2. Faktoren, die die Aufteilung der reagierenden Stickstoffmoleküle in NO, N_2O oder ein stärker oxidiertes oder reduziertes Endprodukt steuern, beeinflussen die Größe der Löcher in der Röhre, durch welche diese Stickstoffgase entweichen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

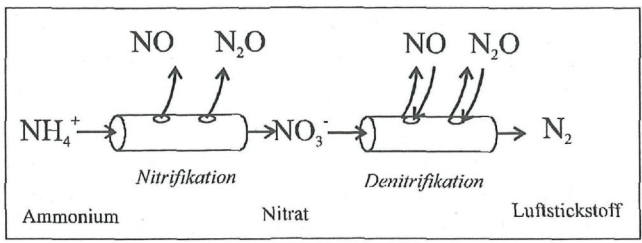

Abb. 2: Modell zur Darstellung der Spurengasbildung während der mikrobiellen Stickstoffumwandlung im Boden (nach FIRESTONE & DAVIDSON, 1989).

Die Rate, mit der Stickstoff durch die Röhren fließt, bestimmt die Wichtigkeit der Lecks. Wenn z.B. die Denitrifikationsraten niedrig sind, dann wird die Produktion von Stickstoffgasen ebenfalls niedrig sein, egal wie die Endprodukte aufgeteilt werden. Wenn dagegen die Denitrifikationsraten hoch sind, dann gewinnen die Faktoren, die die Größe der „Löcher" bestimmen, erheblich mehr an Bedeutung für die Regulation der Spurengasproduktion.

Die erstgenannten Kontrollparameter - also diejenigen, welche die Umsatzraten bestimmen - stehen in direkter Beziehung zu den Kontrollparametern des Stickstoffkreislaufs. Das heißt, man muß zuerst einmal verstehen, unter welchen Bedingungen signifikante Stickstoffverluste vorkommen werden. Die zweiten Kontrollparameter regulieren die Aufteilung der Stickstoffverluste als NO und N_2O und stellen eine weitere Ebene der Komplikation dar. Es ist aber notwendig, auch diese Ebene zu verstehen, um Stickstoffspurengasbildung vorhersagen zu können (ROGERS & WHITMAN, 1991). Nur die Denitrifikation

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird als signifikante biologische Senke für N_2O und NO gesehen.

Zur Erklärung:

- Denitrifikation wird generell durch hohe Bodenfeuchtigkeit und niedrige Sauerstoffgehalte gefördert. Mit steigenden Sauerstoffgehalten wird mehr schädliches N_2O gebildet und weniger unschädliches N_2.
- Dasselbe passiert bei stark schwankenden Feuchtigkeitsbedingungen.
- Organische Substrate („Futter für die Bakterien") sind notwendig für die Denitrifikation. Ein geringes Angebot dieser Substrate kann auch den Anteil an schädlichem N_2O erhöhen.
- Nitrat ist notwendig für die Denitrifikation, aber hohe Nitratkonzentrationen begünstigen den N_2O-Output
- Saure Bodenbedingungen hemmen die Denitrifikation und erhöhen den N_2O-Anteil.
- Hohe Temperaturen begünstigen eine vollständige Denitrifikation zu N_2, was günstig ist.
- Pflanzen beeinflussen sowohl den Nitratgehalt eines Bodens als auch dessen Sauerstoffgehalt.

Die N_2O Produktion eines Bodens wird mit folgender Versuchsaufstellung gemessen: Eine nach unten offene Kammer wird ca. 5 cm in den Boden getrieben. Aus dem Gasraum werden nun in bestimmten Zeitabständen Gasproben entnommen und in einem Gaschromatographen vermessen. Aus der Zunahme der Gaskonzentration mit der Zeit kann man auf die Gasbildungsrate schließen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Mit Hilfe solcher Untersuchungen kann man den Landwirten Empfehlungen für eine umweltgerechte und wirtschaftliche Düngung geben: So ist es günstiger, im Frühjahr, wenn naßkalte Bedingungen herrschen, Ammonium zu düngen, da eine Nitratdüngung zu hohen Denitrifikationsverlusten führen würde. Im Sommer dagegen, wenn das Wetter warm und trocken ist und im Boden genügend Sauerstoff vorhanden ist, ist eine Nitratdüngung angebracht. Es besteht keine Gefahr der Denitrifikation. Bei der Gabe von Ammonium hingegen könnte es durch Nitrifikation zur N_2O-Bildung und zu Stickstoffverlusten kommen.

Die Stickstoffoxide NO und NO_2 sind sehr reaktive Verbindungen. Ihre troposphärische Verweilzeit ist mit einem bis wenigen Tagen sehr kurz, daher haben sie keine Bedeutung als klimawirksame Spurengase. Sie spielen vielmehr eine wichtige Rolle in der Chemie der Troposphäre und sind mitverantwortlich für Bildung und Abbau des troposphärischen Ozons, das unter anderem als wichtiges Treibhausgas wirkt. Über den Brandrodungsgebieten der Tropen und den Großbränden in den Savannen führen die hohen Stickoxid-Emissionen aus der Biomasseverbrennung zu hohen Ozonkonzentrationen, die mit den Ozonkonzentrationen in industriell belasteten Photosmoggebieten der Nordhemisphäre vergleichbar sind (ANDREAE, 1991).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenfassung

Treibhausgase können in Böden sowohl gebildet als auch abgebaut werden. Dabei spielen Bodenmikroorganismen eine bedeutende Rolle. Ob ein Boden eine Nettoquelle oder eine Nettosenke für Treibhausgase ist, hängt von den Klimaverhältnissen, der Bodenbelüftung und der Nutzungsart ab. Immissionen, wie Säureeintrag, Stickstoffeintrag und Schwermetallbelastung, können negativ auf die Bodenmikroflora und ihre Abbautätigkeit wirken. Dabei sind folgende Zusammenhänge bereits erforscht:

- „Gesunde Böden", d.h. Böden mit einer vielfältigen aktiven Mikroflora, die eine gute Sauerstoffversorgung aufweisen, sind vorwiegend Senken für Treibhausgase
- Waldböden bauen in der Regel mehr Gas (Methan, Ethylen, CO) ab als Ackerböden
- Stickstoffeutrophierung führt zu vermindertem Methan- und Ethylenabbau und zur Freisetzung von N_2O

Literatur:

ANDREAE M.O. (1991) Schriftliche Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung Landwirtschaft I der Enqete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre am 25./26. November 1991, Deutscher Bundestag, Bonn, Kommissionsdrucksache 12/1-a,2.

ANDREAE M.O., SCHIMEL D.S. (1989) Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. Report of Dahlem workshop, February 19-24, 1989. John Wiley and Sons, Chichester, New York, 353 pp.

BOLIN B., DÖÖS B.R., JÄGER J., WARRICK R.A. (1989) The Greenhouse Effect, Climatic Change, and Ecosystems. John Wiley and Sons, Chichester, New York. 541 pp.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

BOUWMAN, A.F. (1990) Exchange of Greenhouse Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. In: Soils and the Greenhouse Effect. John Wiley and Sons, Chichester, New York, 61-127.

BURDICK B. (1994) Klimaänderung und Landbau. Verlag C.F. Müller Heidelberg. 438 S.

FIRESTONE M.K. & DAVIDSON E.A. (1989) Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil, p.7-21. In: M.O. Andreae and D.S. Schimel (eds.) Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. John Wiley and Sons, Inc., New York.

LESCH K.H., CERVENY M., LEITNER A., BERGER B. (1990) Treibhauseffekt. Ursachen, Konsequenzen, Strategien. Monographien Bd. 23. Umweltbundesamt Wien. 58 S.

ROGERS J.E., WHITMAN W.B. (1991) Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrous Oxides, and Halomethanes. American Society for Microbiology, Washington, D.C. 298 pp.

SAUERBECK D., BRUNNERT H. (1990) Klimaveränderung und Landbewirtschaftung Teil I. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 117, Braunschweig, 75 S.

SAWADA S., TOTSUKA T. (1986) Natural and anthropogenic sources and fate of atmospheric ethylene. Atmospheric Environment 20/5, 821-832.

SCHÜTZ H., SEILER W., CONRAD R. (1989) Processes involved in formation and emission of methane in rice paddies. Biogeochemistry 7, 33-53.

SMIDT S., GABLER K. (1994) Entwicklung von SO_2-, NO_2- und Ozon-Jahresmittelwerten in Österreich. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 111/3, 183-196.

Anschrift der Verfasserin:
Dr. Sophie Zechmeister-Boltenstern
Institut für Forstökologie
FBVA - Waldforschungszentrum
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 135_136

Autor(en)/Author(s): Zechmeister-Boltenstern Sophie

Artikel/Article: Unsere Böden: Quelle oder Senke für Treibhausgase? 191-210