



Fraunhofer Institut
Atmosphärische
Umweltforschung

Schriftenreihe

Lutz Breuer

N₂O-Freisetzung aus tropischen Waldböden Australiens -
Anteil von Nitrifikation und Denitrifikation

Herausgeber: Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Fraunhofer-Institut Atmosphärische Umweltforschung
Kreuzeckbahnstr. 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen
Garmisch-Partenkirchen, 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Breuer, Lutz:

N₂O-Freisetzung aus tropischen Waldböden Australiens - Anteil von Nitrifikation und Denitrifikation / Lutz Breuer.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 2000

(Schriftenreihe des Fraunhofer-Instituts Atmosphärische Umweltforschung;
Bd. 2000,64)

Zugl.: Freiburg, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-7119-3

Die Arbeit wurde aus Mitteln des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), Internationales Büro (Förderkennzeichen: AUS-026) sowie aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG (Förderkennzeichen: BU 1173/1-1) gefördert.

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-7119-3

ISSN 1436-1094

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Diese Arbeit ist nach den Regeln der reformierten Rechtschreibung verfasst.

Man kann ein ganzes Leben
auf einer Magellanschen Entdeckungsreise
um den Stamm eines einzigen Baumes verbringen.

EDWARD O. WILSON, 1994

Inhalt

Inhaltsverzeichnis..... I

Abkürzungsverzeichnis IV

1 Einleitung 1

2 Material und Methoden 11

2.1 Beschreibung der Standorte.....11

2.2 Freilanduntersuchungen.....15

 2.2.1 Aufbau und Funktion der mobilen, vollautomatischen Messanlage 15

 2.2.1.1 Konstruktion der Messkammern.....16

 2.2.1.2 Probenahme- und Steuerungssystem18

 2.2.1.3 Gaschromatograph und Gaswegesystem18

 2.2.1.4 Aufbau des Druckluftsystems.....21

 2.2.1.5 Systemsteuerung21

 2.2.1.6 Datenerfassung23

 2.2.2 Datenauswertung25

 2.2.3 Erfassung der räumlichen Variabilität der N₂O-Flussraten und
 der sie bestimmenden biotischen und abiotischen Faktoren27

 2.2.4 Untersuchungen zur Identifizierung des für die N₂O-Emission
 primär verantwortlichen Bodenhorizonts.....28

 2.2.5 Bestimmung des Anteils von Nitrifikation und Denitrifikation
 an der N₂O-Emission29

2.3 Laborversuche30

 2.3.1 Parametrisierungsversuche an Bodenproben.....30

 2.3.1.1 Entnahme, Transport und Lagerung von Bodenproben30

 2.3.1.2 Versuchsaufbau.....31

2.3.2 Versuche an intakten Bodensäulen.....	34
2.3.2.1 Entnahme, Transport und Lagerung von intakten Bodensäulen.....	34
2.3.2.2 Bestimmung der Brutto-Nitrifikationsrate.....	34
2.3.2.3 Aufbau des Messsystems und Versuchsdurchführung	38
2.3.3 Bestimmung von bodenphysikalischen und bodenchemischen Parametern	42
2.4 Statistik.....	44
3 Ergebnisse	46
3.1 Freilanduntersuchungen.....	46
3.1.1 N ₂ O-Emissionen aus Böden der Freilandstandorte	46
3.1.1.1 Erfassung der räumlichen Variabilität der N ₂ O-Flussraten an den Standorten	53
3.1.1.2 Saisonale Variabilität.....	56
3.1.1.3 Standörtliche Unterschiede in der N ₂ O-Emission	58
3.1.1.4 N ₂ O-Emissionen in Abhängigkeit von der Bodentiefe.....	59
3.1.2 Anteil von Nitrifikation und Denitrifikation an der N ₂ O-Emission	60
3.1.3 Korrelation der N ₂ O-Flussrate mit der Bodentemperatur.....	64
3.1.4 Einfluss der Bodenfeuchte auf die N ₂ O-Emission	67
3.1.5 Ergebnisse der CO ₂ -Messungen während der 3. Messkampagne 11/98-01/99.....	70
3.1.6 Multiple Regressionsanalyse zur Abhängigkeit der N ₂ O-Flussraten von biotischen und abiotischen Faktoren während der 3. Messkampagne 11/98-01/99	73
3.2 Laborversuche	77
3.2.1 Versuche zur N ₂ O-Emission aus Bodenproben.....	77
3.2.1.1 Temperaturabhängigkeit	77
3.2.1.2 Bodenfeuchteabhängigkeit	80
3.2.1.3 N ₂ O-Produktion von Bodenproben aus verschiedenen Bodentiefen.....	84
3.2.2 Bestimmung der Brutto-Nitrifikationsrate an intakten Bodensäulen	86
3.2.2.1 Temperaturabhängigkeit der Brutto-Nitrifikationsraten.....	87
3.2.2.2 Abhängigkeit der Brutto-Nitrifikationsrate von der Bodenfeuchte.....	90
3.2.2.3 Vergleich der Brutto-Nitrifikationsraten der drei Standorte zu verschiedenen Jahreszeiten.....	96
3.2.2.4 Zusammenhang zwischen der Brutto-Nitrifikationsrate aus intakten Bodensäulen und der N ₂ O-Emission im Freiland	97

4 Diskussion	100
4.1 Prozessstudien zur N₂O-Emission aus Bodenproben und intakten Bodensäulen	100
4.2 N₂O-Flussraten im Freiland	111
4.3 Implikationen für das globale N₂O-Budget	117
5 Zusammenfassung	123
6 Literatur	126
7 Anhang	137

Danksagung

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr	G	Gleichung
A	Fläche	g	Gramm [g]
Abb.	Abbildung	GC	Gaschromatograph
AMO	Ammoniak-Monooxygenase	G _{NO₃/NH₄⁺}	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ -Gehalt [mg N kg ⁻¹ BTG]
Atm.	Atmung	h	Stunde [h]
Aufl.	Auflage	H	Wasserstoff
b	Konzentrationsanstieg [ppbv min ⁻¹]	ha	Hektar [10 ⁴ m ²]
B	Bestimmtheitsmaß; Beta-Koeffizient	H ₂ O	Wasser
BaPS	Barometrische Prozessseparation	HNO ₃	Salpetersäure
BF	Bodenfeuchte [%]	HOR	Hydroxylamin-Oxidoreduktase
BFG	Bodenfeuchtgewicht [g]	IDAS	IFU-Data-Acquisition-System
BHD	Brusthöhdurchmesser [cm]	IFU	Fraunhofer Institut für Atmos- phärische Umweltforschung
Bs	Bodensäule	IPCC	Intergovernmental Panel on Climatic Change
BTG	Bodentrockengewicht [g]	J	Joule [J]
BWG	Bodenwassergehalt [g g ⁻¹]	k	Kilo- [10 ³]
bzw.	beziehungsweise	K ₀	Ratenkoeffizient der Temperaturerponentialfunktion [μg N kg ⁻¹ BTG Tag ⁻¹]
c	Centi- [10 ⁻²]	K ₁	Ratenkoeffizient der Temperaturoptimumsfunktion [μg N kg ⁻¹ BTG Tag ⁻¹]
C	Kohlenstoff	k.A.	keine Angaben
C/N	Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis	KCl	Kaliumchlorid
ca.	circa	K _H	Henry-Konstante
CaCl	Kalziumchlorid	km ²	Quadratkilometer [10 ⁶ m ²]
CH ₂ O	Kohlenhydratverbindung	k _{Nit}	Brutto-Nitrifikationsrate [mg NH ₄ ⁺ -N m ⁻² h ⁻¹]
CH ₄	Methan	korrr.	korrigiert
CO ₂	Kohlendioxid	l	Liter [10 ⁻³ m ³]
C _{Org}	organischer Kohlenstoff	lin.	linear
c _v	coefficient of variance [%] (Variationskoeffizient)	ln	natürliche Logarithmus
d.h.	das heisst	log	dekadischer Logarithmus
Den.	Denitrifikation	m	Meter [m]; Milli [10 ⁻³]
dest.	destilliert	m ²	Quadratmeter [m ²]
DWK	Durbin-Watson-Koeffizient	m ³	Kubikmeter [m ³]
ECD	electron capture detector (Elektroneneinfang-Detektor)	max.	maximal
EG	Eichgas	MCEC	Massey Creek Ecology Centre
EGV	Eichgasventil	MG	Molekulargewicht [g]
ELV	Entlüftungsventil	min	Minute [min]
et al.	et alii (und andere)	MJN	mittlere Jahresniederschlag [mm]
exp.	exponentiell	MJT	mittlere Jahrestemperatur [°C]
f(Bf)	feuchteabhängige N ₂ O- Produktionsrate [μg N kg ⁻¹ BTG Tag ⁻¹]	MK	Messkammer
f(t)	temperaturabhängige N ₂ O- Produktionsrate [μg N kg ⁻¹ BTG Tag ⁻¹]	MKD	Messkammerdeckel
FCKW	Fluorierter Chlor- Kohlenwasserstoff	MKV	Messkammerventil

MV	Molvolumen [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]	s.u.	siehe unten
n	Anzahl	t	Zeit [s];
N	Stickstoff;		Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]
	Nord	Tab.	Tabelle
n.s.	nicht signifikant	TFRC	Tropical Forest Research Centre
N_2	Distickstoff	Tol.	Toleranz
N_2O	Distickstoffoxid (Lachgas)	U	Umdrehungen
Na_2SO_4	Natriumsulfat	ü. NN	Meereshöhe über Normal
NH_2OH	Hydroxylamin		Null [m]
NH_3	Ammoniak	V	Volumen [m^3];
NH_4^+	Ammonium		Volt [V]
Nit.	Nitrifikation	v.a.	vor allem
NL	Normalluft (Umgebungsluft)	Var.	Variable
NO	Stickstoffmonoxid	V_{EGV}	entnommenes Gasvolumen [m^3]
NO_2^-	Nitrit	V_{GGV}	Gesamtgasvolumen [m^3]
NO_3^-	Nitrat	vgl.	vergleich
O	Ost	w	Formparameter der Gauß-
O_2	Sauerstoff		Funktion [% WHK _{max}]
O_3	Ozon	W	Watt [W];
p	Luftdruck [Pa];		West
	Signifikanzniveau	WHK	Wasserhaltekapazität
pH	negativer dekadischer Logarith-	WLD	Wärmeleitfähigkeitsdetektor
	mus der H^+ -Konzentration	x	Mittelwert
Pa	Pascal [Pa]	x_c	Zentrum der Gauß-Funktion
Par.	Parameter		[% WHK]
PE	Polyethylen	y_0	absolutes Niveau der Gauß-
PF	Peakflächeneinheiten [ms V]		Funktion [$\mu\text{g N kg}^{-1} \text{BTG Tag}^{-1}$]
pKorr.	partieller Korrelationskoeffizient	z.B.	zum Beispiel
PLV	Probenluftventil	z.T.	zum Teil
ppbv	parts per billion of volume [10^{-9}]	%	Prozent [%]
ppmv	parts per million of volume [10^{-6}]	‰	Promille [‰]
PTFE	Polytetrafluorethylen (Teflon)	∅	Durchmesser
Q	Temperatursensitivität [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]	α	Formparameter der
qua.	quadratisch		Optimumsfunktion
r	Korrelationskoeffizient;	*	Signifikanzniveau $p < 0,05$
	Radius	**	Signifikanzniveau $p < 0,01$
r^2	Bestimmtheitsmaß	[...]	Konzentrationsangabe
Res.	Respiration (Atmung)	<; <<	kleiner; wesentlich kleiner
s	Sekunde [s]	>; >>	größer; wesentlich größer
S	Süd	°	Grad [°]
sd	Standardabweichung	$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius [$^{\circ}\text{C}$]
se	Standarfehler	μ	Mikro- [10^6]
spp.	Species		
st. B.	standardisierter Beta-Koeffizient		

$\left(\frac{\Delta CO_2}{\Delta t}\right)$	Netto-Änderung des CO ₂ -Partialdrucks [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta CO_2}{\Delta t}\right)_{aq}$	gelöstes CO ₂ in der wässrigen Phase [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta CO_2}{\Delta t}\right)_{Den}$	CO ₂ -Produktion durch Denitrifikation [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta CO_2}{\Delta t}\right)_{Nit}$	CO ₂ -Assimilation durch autotrophe Nitrifikation [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta CO_2}{\Delta t}\right)_{Res}$	CO ₂ -Produktion durch Respiration [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta n}{\Delta t}\right)$	Netto-Änderung des Gasdrucks [$\mu\text{mol h}^{-1}$] (Gasbilanz der BaPS)
$\left(\frac{\Delta N_x O_y}{\Delta t}\right)_{Den}$	N _x O _y -Produktion durch Denitrifikation [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta O_2}{\Delta t}\right)$	Netto-Änderung des O ₂ -Partialdrucks [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta O_2}{\Delta t}\right)_{Nit}$	O ₂ -Verbrauch durch Nitrifikation [$\mu\text{mol h}^{-1}$]
$\left(\frac{\Delta O_2}{\Delta t}\right)_{Res}$	O ₂ -Verbrauch durch Respiration [$\mu\text{mol h}^{-1}$]