



Gesellschaft für Ökologie &



Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft

**„Methoden – Workshop: „Bodenbiologie – Bodenchemie - Bodenökologie“  
04. - 05.03.04 in Witzenhausen**

Gemeinsame Veranstaltung des Arbeitskreises Bodenökologie der GfÖ mit der  
Arbeitsgruppe Bodenökologie und den Kommissionen II und III der DBG

**Abstracts**

<b>Vorträge .....</b>	<b>1</b>
N-Priming-Effekte bei gleichzeitiger Düngung mit Leguminosenschroten und Stallmistkompost im ökologischen Gemüsebau .....	1
Bestimmung von Aminosuckern an Wurzeln und Boden .....	2
Eine schnelle, einfache und billige Methode, Regenwürmer mit <sup>15</sup> N und <sup>13</sup> C zu markieren .....	3
Geochemische und mineralogische Aspekte des Bewässerungsfeldbaus mit geogen Arsen belastetem Grundwasser – eine Fallstudie aus Maldah, West-Bengal.....	4
Untersuchungen zur Verlagerung und Abbaubarkeit von Pharmaka-Rückständen in Boden.....	5
Bodenfeuchtemessung in der Bodenökologie.....	6
Beitrag der Rhizosphärenatmung zur Bildung von pedogenen Karbonaten und die Geschwindigkeit der Rekristallisation der Karbonate .....	7
Eine einfache Kammer-Methode zur in-situ Messung der Ammoniak-Volatilisation nach mineralischer N-Düngung .....	8
Differential Scanning Kalorimetrie (DSC) und Protonenrelaxation (H-NMR Relaxation) zur Charakterisierung physikochemischer Prozesse im Boden. ....	9
N <sub>2</sub> O-Emissionen in Frost-Tau-Perioden: Einfluss der Frostdauer und der Textur.....	10
Gasförmige Emissionen als Indikatoren für mikrobielle Umsätze im Boden: Neue experimentelle Ansätze in Verbindung mit Modellierung .....	11
Protozoen in Bodendünnschliffen .....	12
Das vertikale Verteilungsmuster der Kleinringelwurmzönose als Indikator der Prozessdynamik im Humusprofil.....	13
Isolierung von DNA aus Bodenmikroorganismen - Bedeutung mechanischer und enzymatischer Verfahren für den Zellaufschluss .....	14
Die Beziehung der N-Versorgung von Bodenmikroorganismen mit ihrem Adenylat-Gehalt .....	15
<i>In situ</i> Analyse der Expression der Indolessigsäurebiosynthese mit Hilfe von <i>ipdC-gfp</i> mut3 Promotorfusionen in <i>Azospirillum brasilense</i> Stämmen ...	16
Proteomik und Genomik – neue Methoden zur Erfassung Funktion mikrobieller Gemeinschaften in landwirtschaftlich genutzten Böden.....	17
Bestimmung des pilzlichen Biomasseanteils in Böden mittels Adenylatbestimmung und spezifischer Hemmung mit Cycloheximid. ....	19
Nutzung von Marker-Genen zur Untersuchung von Mikroorganismen-Gemeinschaften in Böden, Rhizosphären und Bodentieren .....	20
Mikrobielle Biomasse (SIR) im aeroben Unterboden von Sandböden .....	21
<b>Poster .....</b>	<b>22</b>
Testplot-Studien zum Oberflächenabfluß von Sulfonamiden nach Ausbringung von Gülle und Beregnung .....	22
Untersuchungen zum Verhalten von Pharmaka-Rückständen in Böden .....	23
Impact of Sulfadiazine and Chlorotetracycline on Soil Bacterial Communities .....	24
Einfluss mykorrhizierter Pflanzen auf natürliche Abbau-, Rückhalte- und Verlagerungsprozesse von Mineralölkohlenwasserstoffen in der Wasser ungesättigten Bodenzone .....	25
Ratenlimitierte Bleibindung bei Perkolation von ungestörten Bodensäulen ...	26

Eignung verschiedener Senfzubereitungen als Alternative zu Formalin für die Austreibung von Regenwürmern.....	27
Einfluss modifizierter Arten / Lebensform-Diversität von Regenwürmern (Lumbricidae) auf Bodeneigenschaften sowie Biomasse und Aktivität von Bodenmikroorganismen in der Drilosphäre.....	28
Unerwartete Druckschwankungen bei der Barometrischen Prozessseparation .....	29
Untersuchung des Abbauverhaltens von konventioneller und transgener Maisstreu bei verschiedenen Temperaturen mit der Technik der stabilen Isotope $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ .....	30
Beeinflussung der stabilen C-Isotopensignatur in Bodentieren durch praxisübliche Chemikalien zur Untersuchung der Bodenfauna.....	31
Probleme bei der Bestimmung des delta $^{13}\text{C}$ -Wertes der mikrobiellen Biomasse in $\text{K}_2\text{SO}_4$ Extrakten .....	32

## Vorträge

### **N-Priming-Effekte bei gleichzeitiger Düngung mit Leguminosenschroten und Stallmistkompost im ökologischen Gemüsebau**

**Judith Rührer, Jürgen K. Friedel, Bernhard Freyer  
Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme,  
BOKU Wien, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 Wien**

#### Einleitung und Ziele:

Tomatenkulturen stellen aufgrund ihrer langen Vegetationsdauer hohe Ansprüche an die N-Versorgung. Seit dem Verbot der meisten tierischen Eiweißdünger wird zunehmend das industrielle Nebenprodukt Vinasse zur N-Versorgung in Gemüsekulturen verwendet. Die Gleichwertigkeit von im eigenen Betrieb produzierbaren vegetabilen Düngern mit dem Handelsdünger Vinasse hinsichtlich der N-Versorgung zu prüfen, war Ziel dieser Arbeit.

#### Methode:

In zwei aufeinander folgenden Versuchen (2001, 2002) auf einem Praxisbetrieb wurden vegetabile N-Kopfdünger (Lupinenschrot, Erbsenschrot, Kürbiskuchenmehl, Rizinusschrot, Vinasse, Pilzbiomassedünger) mit/ohne Stallmistkompost (Grunddünger) auf ihr N-Mineralisationspotential und die Wirkung auf den Ertrag und Qualität einer Tomatenkultur im geschützten Anbau geprüft. Als Kontrolle diente eine nur mit Stallmistkompost gedüngte Variante. Im Jahr 2002 wurden zusätzlich N-Mineralisation und C-Mineralisation der Leguminosenschrotvarianten im Inkubationsversuch geprüft.

#### Ergebnisse:

Die Erträge lagen im Durchschnitt bei 14,5 kg/m<sup>2</sup> (2001) und 11 kg/m<sup>2</sup> (2002). Besonders bei Düngung mit Leguminosenschroten in Kombination mit Kompost waren, nach Berücksichtigung der Boden-Nmin-Gehalte der Kontrolle und des Pflanzenentzugs, die Nmin-Gehalte im Boden höher als die mit den Düngern zugeführte N-Mengen. Es trat eine zusätzliche N-Mineralisation aus der organischen Bodensubstanz und/oder dem Stallmistkompost, d.h. ein positiver N-Priming-Effekt auf. Am geringsten war dieser Effekt bei Vinasse, am stärksten bei Lupinenschrot- und Erbsenschrotdüngung in Kombination mit Kompost. Im Inkubationsversuch wurde darüber hinaus eine Beschleunigung der N-Mineralisation durch die Kombination von Leguminosenschrot mit Kompost festgestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse sind Leguminosenschrote in Kombination mit Stallmistkompost geeignet zur N-Versorgung von Tomatenkulturen im ökologischen Gemüsebau.

# **Bestimmung von Aminoszuckern an Wurzeln und Boden**

**Astrid Appuhn und Rainer Georg Joergensen**

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Das Ziel dieser Arbeit ist das Überprüfen der Hypothese, dass die mikrobielle Besiedlung von Wurzeloberflächen eine Funktion von Größe und Zusammensetzung der mikrobiellen Zersetzergemeinschaft eines Bodens ist. Hierzu sollten unter anderem die Aminoszucker Glucosamin, Muraminsaure, Galactosamin und Mannosamin an Wurzeln, Rhizosphärenboden und Restboden untersucht werden. Für den Versuch wurde deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) auf 7 verschiedenen Böden im Gewächshaus ausgesät. Die Ernte der Pflanzen erfolgte 12 Wochen nach der Aussaat. Bei der Ernte wurden die Pflanzen in Bodennähe abgeschnitten und entfernt. Der Boden wurde auf 2 mm gesiebt, wobei die Wurzeln mit dem anhaftenden Boden rausgesucht wurden. Das Wurzelmaterial wurde anschließend in Wasser gewaschen, um den Rhizosphärenboden von den Wurzeln zu trennen. Das Boden-Wasser-Gemisch wurde zentrifugiert, um Rhizosphärenboden und Wasser zu trennen. Von den bodenfreien Wurzeln, dem feuchten Rhizosphärenboden und dem feuchten Restboden wurden Teilproben für die Analysen entnommen. Für die Untersuchung der Aminoszucker wurden die Proben 3 (Wurzeln), 4 (Rhizosphärenboden) oder 6 (Restboden) Stunden in HCl hydrolysiert. Aliquote des Hydrolysats wurden bei 40 °C unter einem permanenten Luftstrom eingedampft. Der Rückstand wurde in Wasser aufgenommen, zentrifugiert und der Überstand anschließend zur Messung an der HPCL verwendet. Die Messung erfolgte nach Derivatisierung der Probe mit OPA-Reagenz an einem Fluoreszenzspektrometer (340 nm / 445 nm). Das OPA-Reagenz ist bei Raumtemperatur nicht stabil, darum ist für eine konstante Fluoreszenzausbeute eine HPCL mit einem gekühlten Probenhalter erforderlich.

## Eine schnelle, einfache und billige Methode, Regenwürmer mit $^{15}\text{N}$ und $^{13}\text{C}$ zu markieren

Jens Dyckmans<sup>1</sup> Olaf Schmidt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Bodenkunde und Waldernährng, Universität Göttingen, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen, Germany, jdyckma@gwdg.de

<sup>2</sup> Department of Environmental Resource Management, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland, olaf.schmidt@ucd.ie

Stabile Isotope sind ein mächtiges Werkzeug, um die Rolle von Regenwürmern für den C- und N-Umsatz von Böden zu erforschen. Die zur Zeit in der Literatur beschriebenen Markierungstechniken für Regenwürmer beruhen aber auf der Anzucht von markierten Pflanzen, eine zeit- und kostenintensive Angelegenheit. Wir beschreiben hier eine neue Technik zur Markierung von bodenfressenden Regenwürmern mithilfe der kommerziell verfügbaren Substanzen  $^{15}\text{NH}_4^+$  und U- $^{13}\text{C}$ -Glucose.

Boden wurde mit  $^{15}\text{NH}_4^+$  zusammen mit umarkierter Glucose versetzt und für 7 Tage inkubiert, um den Einbau des markierten N in den Boden N-min-pool zu ermöglichen. *Aporrectodea caliginosa* (Oligochaeta, Lumbricidae), eine bodenfressende Regenwurmart, wurde für 4 Tage auf 4 g des  $^{15}\text{N}$ -markierten Bodens gesetzt, gleichzeitig wurde  $^{13}\text{C}$ -markierte Glucose als Lösung auf den Boden gegeben. Am Ende der Markierungsperiode wurde eine Markierungseffizienz von 15,8 und 10,3 % für  $^{15}\text{N}$  bzw.  $^{13}\text{C}$  gefunden.

Anschliessend wurde der Verlust der Markierung im Regenwurmgewebe und im Schleim für 21 Tage verfolgt. Halbwertszeiten von 16 und 37 Tagen wurden gefunden für  $^{15}\text{N}$  und  $^{13}\text{C}$ .

## **Geochemische und mineralogische Aspekte des Bewässerungsfeldbaus mit geogen Arsen belastetem Grundwasser – eine Fallstudie aus Maldah, West-Bengal**

Norra S, Agarwala P, Berner Z, Chandrasekharam D, Kramar U., Stüben D, Wagner F.

Institut für Mineralogie und Geochemie, Universität Karlsruhe (TH)  
email: [stefan.norra@img.uka.de](mailto:stefan.norra@img.uka.de)

Grundwässer in West-Bengal weisen großflächig erhöhte As Gehalte auf. Die As-Konzentrationen variieren zwischen 0,05 bis 3,7 mg/L, mit einem Durchschnitt der das 20-fache des WHO Standards beträgt (Stüben et al. 2003). Der für Trinkwasser beträgt 10 µg/L. Die Belastung des Grundwassers mit As muss bei diesem Ausmaß geogene Ursachen, wobei die genauen geochemischen Prozesse der As-Freisetzung aus den Sedimenten in das Grundwasser noch nicht hinreichend geklärt sind. Das Grundwasser wird in weiten Teilen West-Bengals von etwa 6 Millionen Menschen als Trinkwasser genutzt und ruft dementsprechend Krankheiten wie Hautkrebs oder die sogenannte Black-Food-Disease hervor. Darüber hinaus wird das As-belastete Grundwasser zur intensiven Bewässerung von Getreidefeldern genutzt. In dieser Studie wurden Quellen und vor allem die Senken des As im Reis- und Weizenfeldbau untersucht. Im Maldah wird Reis im Nassfeldbau angebaut, während Weizen nur sporadisch bewässert wird. Durch die intensivere Bewässerung im Nassfeldbau kommt es zu einer höheren As-Anreicherung im Oberboden gegenüber dem Weizenanbau. Insbesondere Reiswurzeln zeigten hohe As-Konzentrationen (> 160 mg/kg), die allerdings sehr wahrscheinlich an Eisenoxidkrusten gebunden sind, die die Wurzeln umgeben können. As-Gehalte in Reis- und Weizenkörnern, die den Weg in die menschliche Nahrungskette nehmen, liegen unterhalb 1 mg/kg. Bindungsphasen des As in den Ackerböden wurden mit sequentieller Extraktion nach Zeien und Brümmer (1998) und µ-Synchrotron-Röntgenfluoreszenz identifiziert. Die sequentielle Extraktion zeigt, dass As in Reisböden vornehmlich an schlecht kristallisierte Eisenoxide und in der Residualphase, also vermutlich sulfidisch gebunden ist, während As in Weizenböden mit schlecht und gut kristallisierten Eisenoxiden assoziiert ist. Synchrotron-Analysen an einem Bodenaggregat des Reisbodens unterstützen das Ergebnis, das As vor allem an der Eisenphase gebunden ist. Es wurde aber auch gezeigt, dass As in Assoziation mit der Ca-Phase vorkommt.

Stüben S, Berner Z, Chandrasekharam D, Karmakar J 2003: Arsenic evidence in groundwater of West Bengal, India: geochemical evidence for mobilization of As under reducing conditions. *Applied Geochemistry* 18: 1417-1434.

Zeien H, Brümmer GW 1989: Chemische Extraktion zur Bestimmung der Schwermetallbindungsformen in Böden. *Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. Sonderh.* 59/I. Kongressbd. Münster: 505-515.

## Untersuchungen zur Verlagerung und Abbaubarkeit von Pharmaka-Rückständen in Boden

– Von Labortestsystemen zur Testplotstudie –

Robert Kreuzig

Institut für Ökologische Chemie und Abfallanalytik, TU Braunschweig

Hagenring 30, D-38106 Braunschweig

e-m@il: [r.kreuzig@tu-bs.de](mailto:r.kreuzig@tu-bs.de), <http://www.tu-bs.de/institute/oekochem/oekochem.html>

Im Rahmen von 2 vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsvorhaben<sup>1,2</sup> wurde das Rückstandsverhalten von Human- und Veterinärpharmaka, die durch kontaminierte Klärschlämme bzw. Wirtschaftsdünger in Böden eingetragen werden, untersucht. Neben der Erfassung mikrobieller, chemischer und photoinduzierter Abbauprozesse galt es, auch die Mobilität und Verlagerbarkeit ausgewählter pharmazeutischer Leitsubstanzen zu ermitteln. Während die Abschätzung der Mobilität mittels Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten ( $K_d$ -,  $K_{OC}$ -Werte) erfolgte, wurden für Verlagerungsexperimente gekapselte Labortestsysteme entwickelt, die bei Dotierung der <sup>14</sup>C-markierten Leitsubstanzen als Standardlösungen und als Testklärschlamm bzw. Testgülle eine simultane Bestimmung von Verlagerung und Abbau ermöglichten. Abschließend wurden zur Validierung dieser Ergebnisse noch Testplot-Studien unter Freilandbedingungen durchgeführt, in denen neben dem diffusen Stoffaustrag durch Oberflächenabfluß (Runoff) auch Abbau und Verlagerung im Boden untersucht wurden.

Auf der Basis dieses mehrstufigen Prüfkonzeptes konnte die Voraussagesicherheit der Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten überprüft werden. Für lehmige Bodenproben wurde dagegen das artifizielle Design der Säulenexperimente belegt, das für diese Bodenproben eine Überschätzung des Substanzdurchbruches ausweist. Am sichersten lassen schließlich Verlagerungstendenzen in Laborlysimetersystemen erkennen, in denen die höchste Übereinstimmung mit den Freilandexperimenten erzielt wird.

---

<sup>1</sup> Verhalten von in der Umwelt vorkommenden Pharmaka und ihren Metaboliten in Modelltestsystemen, Teil 2: Modellsystem Boden" (FKZ 20167401/02)

<sup>2</sup> Untersuchungen zum Abflußverhalten von Arzneimitteln bei Ausbringung von Gülle auf Ackerland und Weide" (FKZ 202 67 435)

## **Bodenfeuchtemessung in der Bodenökologie**

Methoden, Probleme und neue Entwicklungen

Jinchen Liu

Firma ECOMATIK, Max-Liebermann-Str. 6, 85221 Dachau

[info@ecomatik.de](mailto:info@ecomatik.de) [www.ecomatik.de](http://www.ecomatik.de)

Alle biologischen Prozesse im Boden finden unter Einfluss von Wasser statt. Für viele bodenbiologische Studien gehört die Bestimmung der Bodenfeuchte deshalb zu den Rahmenbedingungen. Forschungsergebnisse sind nur vergleichbar, wenn auch die Rahmenbedingungen gleich sind.

Grundsätzlich wird Bodenfeuchtigkeit mit zwei Größen beschrieben: Wassergehalt und Wasserpotenzial. Maßgebend für den Trockenheitsgrad und damit auch für biologische Prozesse ist das Wasserpotenzial. In der bodenökologischen Forschung wird fälschlicherweise oft der Wassergehalt, der mit Trockenheit direkt nichts zu tun hat, als Kriterium für die Wasserversorgung herangezogen. Dadurch bleiben die tatsächlichen Feuchtebedingungen der Untersuchung unbekannt. Die so gewonnenen Untersuchungsergebnisse sind unter einander nicht vergleichbar. Das hat negative Konsequenzen zur Folge: In den zigtausend Studien über Wasser-Boden-Pflanzen-Beziehungen gibt es zum Beispiel keinen verlässlichen Grenzwert für die optimale Wasserversorgung von Weizen, der auch in anderen Regionen der Welt zur Bewässerungsteuerung herangezogen werden kann. Für viele Entwicklungsländer bedeutet dies den existenziell bedrohlichen Verlust an Wasserressourcen oder die Minderung der Ernteerträge.

In diesem Beitrag stellen wir ein neues Gerät/Verfahren vor, das die für die biologische Forschung notwendige Größe, das Matrixpotential, im Boden bestimmt. Das Gerät hilft Ökowsenschaftlern, ihre Forschungsergebnisse unter einander vergleichbar und in die Praxis übertragbar zu machen.

## **Beitrag der Rhizosphärenatmung zur Bildung von pedogenen Karbonaten und die Geschwindigkeit der Rekristallisation der Karbonate**

Kuzyakov Y., Shevtzova E., Pustovoitov K.

Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

Pedogene Karbonate sind eine typische Erscheinung der Bodenbildung in semiariden und ariden Klimaten. In WRB sind die morphologische Ausprägung und die Lokalisationstiefe der pedogenen Karbonate wichtige Kriterien der Bodenklassifikation und der bodenbildenden Prozesse. Alle Aussagen über die Bildungsprozesse der pedogenen Karbonate, der Geschwindigkeitsrate und Entstehungszeit wurden bis heute anhand der Radiokarbondatierung, der  $\delta^{13}\text{C}$ -Isotopensignatur und der morphologischen Form als Schlussfolgerung gemacht. Es sind uns keine experimentelle Ansätze bekannt.

In einem Laborexperiment wurde die Geschwindigkeit der Rekristallisation der geogenen Karbonate von einem Löß (27 %  $\text{CaCO}_3$ ) und somit die Initialrate der Bildung von pedogenen Karbonate anhand des Isotopenaustausches von  $^{14}\text{C}$  des  $\text{CO}_2$  der Rhizosphärenatmung mit dem  $^{12}\text{C}$  des  $\text{CaCO}_3$  ermittelt. Dafür wurden Weizenpflanzen in der  $^{14}\text{CO}_2$ -Atmosphäre 4 mal pulsweise markiert und die spezifische  $^{14}\text{C}$ -Aktivität des  $^{14}\text{CO}_2$  in der Wurzelzone ermittelt.

Im Laufe von 1 Monat des Experimentes betrug die Menge der umkristallisierten Karbonate zwischen 0.04 % und 0.1 % des  $\text{CaCO}_3$  in Löß. Daraus wurde die Anfangsgeschwindigkeit der Rekristallisation und die volle Rekristallisation der geogenen Karbonate des Löß berechnet. Je nach Länge der Vegetationsperiode sind zwischen 300 und 800 Jahre für die Entstehung der pedogenen Karbonate notwendig.

Somit wurde am Beispiel der Rekristallisation der geogenen Karbonate gezeigt, dass der  $^{14}\text{C}$ -Isotopenaustausch eine ausreichend sensitive Methode ist, um sehr lange Prozesse der Bildung pedogenen Karbonate zu ermitteln.

## **Eine einfache Kammer-Methode zur in-situ Messung der Ammoniak-Volatilisation nach mineralischer N-Düngung**

A. Pacholski<sup>1</sup>, G.X. Cai<sup>2</sup>, M. Roelcke<sup>3</sup> und R. Nieder<sup>3</sup>

- <sup>1</sup>. FAL Braunschweig, Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Andreas.Pacholski@fal.de
- <sup>2</sup>. Nanjing Institute of Soil Science, CAS, Beijing East Road 71, 210008 Nanjing, V.R. China
- <sup>3</sup>. TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig

Die Freisetzung von  $\text{NH}_3$  aus Böden nach Ausbringung ammoniumbasierter Mineraldünger (z.B. Harnstoff) gehört in vielen Regionen der Welt (China, Indien) zu den wichtigsten anthropogenen Quellen dieses Stoffes. Die Messung der  $\text{NH}_3$ -Volatilisation erfordert bei den meisten etablierten Methoden die Verfügbarkeit von Laborkapazitäten in der Nähe des Untersuchungsstandortes und andere Voraussetzungen für Logistik und Versuchsanlage, welche häufig nicht erfüllt werden können.

Die Glockenmethode ist eine einfache dynamische Kammermethode, welche ohne Strom und Laboranalysenkapazitäten zur in-situ Messung der  $\text{NH}_3$ -Volatilisation herangezogen werden kann. Mit einer Handpumpe wird Umgebungsluft durch vier Kammern (Gesamtgrundfläche ca.  $400 \text{ cm}^2$ ) geleitet. Der  $\text{NH}_3$ -Fluss von der Bodenoberfläche kann durch Messung der  $\text{NH}_3$ -Konzentration in der durch das System geführten Luft mit Indikatorröhrchen (Firma Dräger) unmittelbar bestimmt werden. Die Glockenmethode wurde in mehreren Messkampagnen in den Jahren 1998-99 in China im Vergleich zu mit einer mikrometeorologischen Massenbilanzmethode kalibriert (cross-calibration). Die Versuchsflächen befanden sich in einem intensiv genutzten landwirtschaftlichen Gebiet in der Provinz Henan ( $35^\circ 1' \text{N}$ ;  $114^\circ 4' \text{O}$ ), mit Calcaric fluvisols, Textur lehmiger Sand, und pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 8,5.

Glockenmethode und Massenbilanzverfahren ermittelten die gleichen qualitativen Unterschiede zwischen  $\text{NH}_3$ -Verlusten in Abhängigkeit von Ausbringungsverfahren, Düngermenge und Saison. Nach der Ableitung der Kalibrationsgleichungen unter Berücksichtigung von Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur konnte eine gute quantitative Übereinstimmung zwischen den Methoden hergestellt werden. Die Ergebnisse wurden durch die Resultate von parallel durchgeführten  $^{15}\text{N}$ -Messungen bestätigt. Die mit der Glockenmethode bestimmten  $\text{NH}_3$ -Flüsse wiesen auch eine enge Beziehung zu  $\text{NH}_3$ -Partialdrücken in der oberflächen-nahen Bodenschicht auf. Im Untersuchungsgebiet wurden sehr hohe  $\text{NH}_3$ -Verluste ermittelt, welche allerdings durch Verringerung der Aufwandmenge und bei Anwendung geeigneter Ausbringungsverfahren reduziert werden können.

## **Differential Scanning Kalorimetrie (DSC) und Protonenrelaxation (H-NMR Relaxation) zur Charakterisierung physikochemischer Prozesse im Boden.**

Gabriele E. Schaumann

TU Berlin, Institut für technischen Umweltschutz, FG Umweltchemie  
Sekt. KF 3, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin

[Gabi.Schaumann@TU-Berlin.DE](mailto:Gabi.Schaumann@TU-Berlin.DE)

In diesem Beitrag sollen zwei in Deutschland noch wenig angewandte Methoden zur physikochemischen Untersuchung realer Bodenproben und ihrer organischen Substanz vorgestellt werden. Sie tragen zum weiterführenden Verständnis zu Prozessen wie Quellung, Benetzung im Boden und zum Einfluss von Wasser auf Eigenschaften der organischen Substanz sowie zur Schadstoffsorption bei.

Protonenrelaxation. In der Geophysik wird die Protonenrelaxation zur Untersuchung der Porengrößenverteilung in Gesteinsproben eingesetzt. Mit Hilfe der Protonenrelaxation können auch Wasserumverteilungsprozesse oder Quellungsprozesse in Bodenproben beobachtet werden. Ergebnisse zur Wasseraufnahme von Torf- und Bodenproben zeigen, dass sich sowohl Quellungs- als auch Benetzungsprozesse über 2-3 Wochen erstrecken können und sich dies auf die Wasserverteilung im Porensystem auswirkt. Damit sind kontinuierliche Veränderungen im Boden z.B. auch noch mehrere Tage nach einem Regenereignis zu erwarten, die bei der Modellierung mit berücksichtigt werden müssen.

Differential Scanning Kalorimetrie / Glasübergangsverhalten. Der makromolekulare Aufbau der organischen Bodensubstanz ist ein wichtiger Faktor für die Schadstoffsorption. Eine bedeutende Rolle spielt dabei die Verteilung starrer (glasartiger) und flexibler (gummielastischer) Regionen innerhalb der organischen Substanz. Relevant für das Verständnis der Schadstoffsorption ist unter anderem die zeitliche Stabilität dieser Zonen: Ändern sich Position oder Ausdehnung der glasartigen und flexiblen Zonen? Welche Faktoren nehmen Einfluss auf die Transformation der Bereiche? Die beobachteten Phänomene werden empfindlich vom Wasserstatus (Wassergehalt, Einwirkzeit des Wassers, Quellungsstatus und thermische Vorgeschichte) beeinflusst. Die Effekte sind nur zum Teil reversibel und zeigen ein sehr langsames Relaxationsverhalten. In diesem Beitrag werden wichtige Effekte vorgestellt und ihre ökologische Bedeutungen diskutiert.

## **N<sub>2</sub>O-Emissionen in Frost-Tau-Perioden: Einfluss der Frostdauer und der Textur**

Bernard Ludwig<sup>a</sup> und Robert Teepe<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Department of Environmental Chemistry, University of Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen, Germany. Corresponding author. Tel: ++49-5542-981631; fax: ++49-5542-981633. email: ludwig@wiz.uni-kassel.de.*

<sup>b</sup>*Institute of Soil Science and Forest Nutrition, University of Göttingen, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen*

Die N<sub>2</sub>O-Mengen, die in Zyklen wechselnden Frosts und Auftauens freigesetzt werden, hängen von Standort- und Gefrierbedingungen ab und tragen beträchtlich zu den jährlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen bei. Zielsetzung war, den Einfluss der Textur und der Frostdauer auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen von sandigen, schluffigen und lehmigen Böden zu quantifizieren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Frostdauer einen signifikanten Einfluss auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen besaß, während der Effekt der Textur auf die Emissionen nur gering war. Mithilfe von <sup>15</sup>N-Isotopenuntersuchungen wurde der Beitrag der Denitrifizierung zur N<sub>2</sub>O-Produktion in der Tauphase zu 70 bis 80 % quantifiziert.

## **Gasförmige Emissionen als Indikatoren für mikrobielle Umsätze im Boden: Neue experimentelle Ansätze in Verbindung mit Modellierung**

Reiner Wassmann\* und Klaus Butterbach-Bahl

Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK/IFU)  
Forschungszentrum Karlsruhe, Garmisch-Partenkirchen

\* E-mail: [reiner.wassmann@imk.fzk.de](mailto:reiner.wassmann@imk.fzk.de)

Die Quantifizierung der biogenen Emissionen aus Böden ist in den vergangenen Jahren verstärkt untersucht worden, insb. für die Bestimmung der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Quellstärken. Allerdings verdeutlicht die stetig anwachsende Zahl von Feldmessungen eine enorme Variationsbreite der *in-situ* Flußraten, so daß verlässlichere Abschätzungen nur über ein verbesserte Systemverständnis der betreffenden Ökosysteme erreicht werden können. Hierbei können die Simulationsmodelle der Agrar- und Ökosystemforschung sehr hilfreich sein, wengleich die Beschreibung des mikrobiellen Gasaustauschs eine gezielte "Parametrisierung" der involvierten Prozesse erfordert.

Die experimentellen Ansätze zur Erweiterung und Validierung von bestehenden Simulationsmodellen werden anhand von zwei Fallbeispielen erläutert, i.e. (i) CH<sub>4</sub>-Emissionen aus Reisböden und (ii) N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Waldböden. Im ersten Fall wurde ein landwirtschaftliches Ertragsmodell (CERES) durch ein zusätzliches Modul zur Simulation der CH<sub>4</sub>-Flüsse erweitert, wobei die Parametrisierung durch Laborexperimente zum Einfluß der Reispflanzen auf die CH<sub>4</sub>-Flüsse durchgeführt wurde. Im zweiten Fall wurden neue Versuchsmethoden mit intakten Bodensäulen zur Differenzierung von Nitrifikation und Denitrifikation entwickelt, um die spezifischen N<sub>2</sub>O-Produktionsraten dieser Prozesse zu erfassen. Diese Informationen wurden dann zur Erweiterung des DNDC-Modells (DeNitrification-DeComposition) zur Simulation der N-Flüsse in Waldökosystemen genutzt. In beiden Fällen wurden die neuen Modellversionen durch umfangreiche Freilanddaten validiert und inzwischen zum "Upscaling" von Quellstärken genutzt. Darüberhinaus können mit diesem Prozeßverständnis auch mögliche Änderungen der C- und N-Zyklen prognostiziert werden, z.B. CH<sub>4</sub>-Emissionen bei veränderten Anbaumethoden oder N<sub>2</sub>O-Emissionen bei Klima-Änderungen.

## **Protozoen in Bodendünnschliffen**

Otto Ehrmann, Nürtinger Str. 44, 72639 Neuffen

Protozoen kommen in vielen Böden in großer Zahl vor. Zur Untersuchung werden sie üblicherweise aus dem Boden extrahiert. Eine Beobachtung unmittelbar im Lebensraum wurde bisher wohl nicht vorgenommen.

Bodendünnschliffe würden sich prinzipiell zur Beobachtung von Protozoen eignen, da zum einen die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von Protozoen in Dünnschliffen aufgrund der großen Anzahl dieser Tiere gegeben ist und zum anderen die Größe von Protozoen deutlich über der Auflösungsgröße des Lichtmikroskopes liegt. Bisher sind aber Beobachtungen von Protozoen in Bodendünnschliffen nicht bekannt.

Durch geeignete Beleuchtungstechnik ist es jedoch möglich, bestimmte Gruppen von Protozoen – vor allem beschaltete Amöben - in Bodendünnschliffen zu erkennen. Dadurch kann man Protozoen direkt in ihrem Lebensraum betrachten und so die Lebensweise von Protozoen wesentlich besser als bisher untersuchen.

Vorgestellt wird die Methode und es werden Fotos von Protozoen in ihrem jeweiligen Mikrohabitat gezeigt. Außerdem wird beispielhaft eine Verbreitungskarte von Protozoen in einer Humusaufgabe gezeigt und es werden erste Ergebnisse zum Vorkommen von Protozoen bei verschiedenen Humusformen vorgestellt.

## **Das vertikale Verteilungsmuster der Kleinringelwurmzönose als Indikator der Prozessdynamik im Humusprofil**

Ulfert Graefe

IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Sodenkamp 62, 22337  
Hamburg, ulfert.graefe@ifab-hamburg.de

Das im Vertikalprofil erkennbare Muster der Bodenhorizonte erlaubt Rückschlüsse auf die im Boden abgelaufenen Prozesse. In vergleichbarer Weise ist auch das Vertikalverteilungsmuster der Bodenbiozönose ein Prozessindikator, der jedoch nicht abgelaufene, sondern aktuell ablaufende Prozesse widerspiegelt. Als Funktion der Tiefe lässt sich die zootische Komponente der biologischen Aktivität methodisch bedingt besonders gut durch die Mesofauna darstellen. Bei bodenzoologischen Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen wird dieser Aspekt dadurch berücksichtigt, dass die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer als leicht erfassbarer Aktivitätsparameter routinemäßig erhoben wird. Aus dem Datenmaterial dieser Untersuchungen werden folgende Fallbeispiele und Vergleichsreihen vorgestellt und in ihrer ökologischen Bedeutung interpretiert:

- Unterschiede im Vertikalverteilungsmuster unter Humus akkumulierenden, Humus abbauenden und Steady-state-Bedingungen,
- artspezifische Präferenzen und Bindungen an bestimmte Humus- und Mineralbodenhorizonte,
- Veränderungen in der Artenstruktur und Vertikalverteilung entlang der Humusformenreihe von A-Mull bis Rohhumus,
- Entwicklung der Artenstruktur und Vertikalverteilung in einer 12-jährigen Zeitreihe eines durch Säure- und Schwermetalleinträge belasteten Mullprofils,
- kalkungsbeeinflusste Veränderungen im Vertikalverteilungsmuster der Kleinringelwurmzönose.

# **Isolierung von DNA aus Bodenmikroorganismen - Bedeutung mechanischer und enzymatischer Verfahren für den Zellaufschluss**

T.-H. Anderson  
Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft

## **Abstrakt**

Für bestimmte ökologische Fragestellungen ist eine möglichst vollständige DNA Extraktion aus den Organismen anzustreben. Nur so kann ein Bezug von DNA Gehalten auf das Zell-Trockengewicht bzw. dem Zell-Kohlenstoffgehalt hergestellt werden - eine Voraussetzung wiederum für eine quantitative DNA Analyse.

Besonders bei der Extraktion von DNA aus Mikroorganismen unter Bodenbedingungen sollte das Lyse-Verfahren DNA gleichermaßen aus Bakterien und Pilzen extrahieren können, ohne Bevorzugung der einen oder anderen Gruppe. Im Vergleich zu Bakterien sind Pilze durch ihre stabileren Zellwände besonders geschützt und unterschiedlich schwer aufzuschließen, da die Zellwand je nach systematischer Zuordnung der Pilze entweder Cellulose, unterschiedliche Glucan-Spezies und Chitin enthält oder Kombinationen dieser Komponenten.

Die Lyseprotokolle wurden nach intensiver Literaturrecherche zusammengestellt. An Bodenproben und an Reinkulturorganismen (Bodenpilzen) wurde die Bedeutung einzelner mechanischer Aufschlussschritte in Kombination mit oder ohne verschiedener Lyseenzyme auf ihre Wirkung hinsichtlich DNA Ausbeute untersucht. Die Effizienz der Lyse wurde mittels Bildanalyse und Plattentest überprüft und die DNA Ausbeute nach Markierung mit dem Fluoreszenzmarker PicoGreen am Fluoreszenzphotometer bestimmt.

Es kristallisierten sich Lyseschritte heraus, die absolut nötig sind, während andere kaum zu einer erhöhten DNA Ausbeute führten, wie z.B. das Enzym Lysozym. Die "glass bead" Methode ist jedem anderen mechanischen Aufschluß überlegen. Dagegen ergab die "glass bead" Methode mit einem bead-beater anstatt des Vortex zwar keine erhöhten DNA Ausbeuten aber eine starke Verkürzung der Zeit für den Aufschluss.

## Die Beziehung der N-Versorgung von Bodenmikroorganismen mit ihrem Adenylat-Gehalt

Rainer Georg Jörgensen und Markus Raubuch

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Die Messung von ATP, aber auch aller 3 Adenylate ATP, ADP und AMP gehört schon seit langem zum Repertoire der Bodenmikrobiologie. Methodische Probleme insbesondere in der Extraktion aus dem Boden haben bisher einen breiten Einsatz verhindert. Neben methodischen Schwierigkeiten hat es aber auch konzeptionelle Probleme in der Einordnung der Messwerte gegeben. Für einige war das ATP eine geeignete Maßgröße für mikrobielle Biomasse mit einem sehr konstanten ATP/C<sub>MIK</sub>-Verhältnis bei entsprechender Vorbehandlung. Für andere war das ATP eher eine Maßgröße für die Aktivität von Mikroorganismen, die sich entsprechend den Umweltbedingungen rasch veränderte. Einigkeit besteht darin, dass die Messung von ATP eine sehr schnelle Methode war, die schon nach kurzer Zeit zu Ergebnisse führte. Durch die Entwicklung der alkalischen DMSO-Extraktion konnten die meisten der Extraktionsprobleme beseitigt werden. Die Kombination mit der HPLC-Detektion erlaubte dann die Bestimmung aller Adenylate mit der gleichen Geschwindigkeit und Genauigkeit wie von ATP. Die Bestimmung der Adenylat-Gehalte an einem breiten Probenspektrum in den letzten Jahren hat zu einer ganzen Reihe von überraschenden Ergebnissen geführt. Eines der auffallendsten Resultate ist die enge Beziehung des Adenylat-, aber auch des ATP-Gehalts zu N<sub>MIK</sub>, die wesentlich ausgeprägter als die zu C<sub>MIK</sub> ist. Dieses spielt verständlicher Weise eine große Rolle in Situationen, in denen die N-Verfügbarkeit für Mikroorganismen eingeschränkt ist. Aber auch die Verfügbarkeit von anderen Nährstoffen bzw. das Vorhandensein von hemmenden Substanzen kann einen wichtigen Einfluss auf das C/N-Verhältnis der mikrobiellen Biomasse und damit auch auf das Adenylat/C<sub>MIK</sub>- bzw. das ATP/C<sub>MIK</sub>-Verhältnis haben. Die verschiedenen genannten Aspekte werden in diesem Beitrag an Beispielen erläutert.

## ***In situ* Analyse der Expression der Indolessigsäurebiosynthese mit Hilfe von *ipdC-gfpmut3* Promotorfusionen in *Azospirillum brasilense* Stämmen**

M. Rothballer, M. Schmid, A. Hartmann

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit,  
Institut für Bodenökologie, Abteilung Rhizosphärenbiologie, 85764  
Neuherberg/München

Bakterien der Gattung *Azospirillum* sind in der Lage, die Entwicklung des Wurzelwachstum zu verbessern und das Wachstum und den Ertrag von Nutzpflanzen zu erhöhen (Dobellaere et al., 2001); sie werden deshalb zu den Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) gerechnet. In zahlreichen z.T. kommerziellen Anwendungsbeispielen von *Azospirillum*-basierten Inokulationen in Europa, Israel, Mexico und Südafrika wurde der PGPR-Effekt bei Weizen, Mais, Hirse oder auch Bohnen abgestuft nach den jeweiligen Nährstoff- und Klimaeinflüssen der Standorte bestätigt gefunden. Der Einfluß des von *Azospirillum* produzierten Phytohormons Indolessigsäure (Auxin) wird als wichtiger PGPR-Mechanismus postuliert. Deshalb wurde die Expression des Schlüsselenzyms der Indolessigsäure-biosynthese, die Indol-3-pyruvat decarboxylase, in den *A. brasilense* Stämmen Sp7 und Sp245, die sich im Kolonisierungsverhalten unterscheiden (Rothballer et al., 2003), im Detail untersucht. Im Stamm Sp245 wurde eine 150 Basen große Sequenz im Promotorbereich gefunden, die im Stamm Sp7 fehlt. Es wurden verschiedene translationale Fusionen des *ipdC*-Promotors mit der stabilen *gfp*-Variante *mut3* mit Hilfe des Vektors pBBR1MCS-2 mit weitem Wirtsbereich hergestellt. Das erste Konstrukt enthielt den Teil der Sp245-Promotorregion welche mit der von Sp7 identisch ist; das zweite Konstrukt enthielt die komplette Promoterregion von Sp245 inklusive der Sp245 spezifischen Insertion und das dritte Konstrukt enthielt den Sp7-Promotor. Die Aktivität des *ipdC*-Promotors von Sp7 war höher als die von Sp245 und die Promotorregion von Sp245 zeigte die deutlichere Regulation der Expression z.B. in Abhängigkeit von Phenylalanin und Tyrosin. Diese verbesserte Kontrolle der Expression könnte für die Wechselwirkung mit der Pflanze von Vorteil sein, um zu hohe, hemmende IES-Konzentrationen zu vermeiden. Die Expression des *ipdC*-Gens von Sp245 und Sp7 konnte mit Hilfe der *gfp*-Markierung und der konfokalen Laser Scanning Mikroskopie erstmalig direkt an *A. brasilense*-Zellen *in situ* verfolgt werden.

Dobellaere et al. (2001) Aust. J. Plant Physiol. 28, 871-879

Rothballer et al. (2003) Symbiosis 34, 261-279

## Proteomik und Genomik – neue Methoden zur Erfassung Funktion mikrobieller Gemeinschaften in landwirtschaftlich genutzten Böden

H.J. Bach, U. Bausenwein, M. Engel, H. Karl, S. Metz, M. Mrkonjic  
und M. Schloter

GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit – Institut für Bodenökologie;  
Ingolstädter Landstr. 1; 85758 Oberschleissheim  
schloter@gsf.de

Die Beschreibung mikrobieller Funktion ist von entscheidender Bedeutung, wenn man Prozesse und Stoffflüsse in Ökosystemen besser verstehen und steuern will:

Um die an einem Prozess beteiligten Gene in ihrer Zahl und Diversität zu erfassen, also das *Potential* eines Bodens für einen bestimmten Prozess zu messen, ist die DNA der entsprechenden Gene besonders gut geeignet. Ihre Analyse mit dem PCR-Verfahren erweist sich jedoch oft als schwierig, weil die dafür geeigneten Primer fehlen. So haben sich beispielsweise die Proteasen, eiweißspaltende Enzyme, im Laufe der 3.5 Milliarden Jahre währenden Evolutionsgeschichte an die unterschiedlichsten Milieubedingungen angepasst. Man unterscheidet mindestens drei völlig verschiedene Klassen: die neutralen, die Metallo- und die SerinProteasen. Soll die gesamte Gemeinschaft der Bakterien eines Bodens erfasst werden, die fähig sind, Proteasen zu bilden, müssen für jede der genannten Enzymklassen jeweils spezielle Primer entwickelt werden, die dann in einer Mischung eingesetzt werden. Die nötigen Sequenz-Vorlagen lassen sich in Gen-datenbanken recherchieren. Mit einer leichten Modifikation des PCR-Verfahrens ist sogar eine quantitative Erfassung der im Boden vorhandenen Gene möglich. Über elektrophoretische Verfahren lässt sich die Diversität der Gene mit Fingerprint-Verfahren an einer Bodenprobe bestimmen.

Will man allerdings etwas über die aktuelle – und nicht die potentielle – *physiologische Leistung* von Mikroorganismen wissen, reichen die genannten Verfahren nicht aus. Es ist dann nötig, auf der Transkriptionsebene beziehungsweise Expressionsebene der einzelnen Gene oder Enzyme zu arbeiten. Aber auch hierfür bietet die moderne Molekularbiologie neue Möglichkeiten. So ist man heute imstande, Transkripte wie die Boten-RNA (mRNA) trotz ihrer extremen Kurzlebigkeit reproduzierbar aus Böden zu isolieren und somit den Startpunkt der zellulären Enzym-Biosynthese zu erfassen. Mit der reversen Transkription lassen sich instabile mRNA Moleküle in stabile DNA-Moleküle umwandeln und analysieren. Auf der Proteinebene sind immunologische Methoden wichtig, welche den Nachweis der spezifischen Enzyme, vor allem zellständiger Enzyme wie der Nitrogenase (Schlüsselenzym bei der StickstoffFixierung), der Nitritreduktase (Schlüsselenzym bei der Denitrifikation) oder Ammoniummonooxygenase (Schlüsselenzym bei der Nitrifikation) mittels Antikörper erlauben. Die Herstellung solcher Antikörper wurde erst in den letzten Jahren möglich, da die Synthese der für die Immunisierung nötigen Polypeptide ein hohes Maß an proteinchemischem und Bioinformatik basierendem Wissen erfordert. Durch zytometrische Verfahren ist es möglich, mikrobielle Populationen, die aktuell ein bestimmtes Enzym bilden, von denen zu trennen, die dieses aktuell nicht tun. Solche Verfahren ermöglichen eine detaillierte Analyse der aktiven Populationen mit weitergehenden molekularbiologischen Verfahren.

Um noch *unbekannte Gene* zu detektieren, die bei der Stoffumsetzung in Böden eine Schlüsselrolle spielen, wird ein neuer Weg beschritten. Die gesamte isolierte DNA aus einer Bodenprobe wird ohne vorherige PCR in künstliche Vektorsysteme (Labororganismen) kloniert, und zwar so, dass die entsprechenden Gene in diesem Wirtsorganismus in Proteine "umgeschrieben" werden können (Metagenomik). So kann man in einfachen Tests *ex situ* in stabilen Labororganismen Funktionen und Enzymsysteme entdecken und untersuchen, die *in situ* nur schwer nachweisbar sind. So lassen sich nach Sequenzierung der jeweiligen Fremd-DNA neue Primer entwickeln, mit denen ein Nachweis bestimmter Funktionen möglich ist



## **Bestimmung des pilzlichen Biomasseanteils in Böden mittels Adenylatbestimmung und spezifischer Hemmung mit Cycloheximid.**

Adriana Campos, Markus Raubuch, Rainer Georg Jörgensen

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Die HPLC-Methode zur Bestimmung der mikrobiellen Adenylatgehalte ist die Weiterentwicklung der Methode von BAI et al (1989) durch DYCKMANS und RAUBUCH (1997). Diese Methode erlaubt die Adenylate AMP, ADP und ATP aus einer Probe direkt zu bestimmen. Durch die Möglichkeit der raschen Abtötung der Organismen und Inaktivierung der Enzyme während der Extraktion besteht die Möglichkeit im Unterschied zu anderen Methoden, die ökophysiologischen Indikatoren situativ zu erfassen. Neben ATP und den Gesamtadenylatgehalten als Biomasseindikatoren lässt sich der Adenylate-Energy-Charge (AEC) errechnen, der als Stressindikator für die mikrobielle Biomasse dienen kann (BROOKES et al., 1987).

Die Adenylatbestimmung nach DYCKMANS und RAUBUCH (1997) wurde in den Experimenten mit der Hemmung von Cycloheximid kombiniert. PARKINSON et al. (1978) hatten die Methode der selektiven Inhibierung eingeführt, die auf der selektiven Hemmung der Pilzbiomasse nach Stimulierung durch Glukose und Zugabe von Hemmstoffen beruhten. Im Unterschied zu dieser Untersuchung wurden die Adenylate ohne Substratzugabe 4 Stunden nach Hemmstoffzugabe bestimmt. Erste Ergebnisse weisen auf eine Veränderung der Adenylatgehalte hin, die mit dem Ergosterolgehalt und damit der Pilzbiomasse korrelieren.

### Literatur:

- BAI, Q.Y., ZELLES, L., SCHEUNERT, I., KORTE, F., 1989. Determination of adenine nucleotides in soil by ion-paired reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Microbiological Methods* 9, 345-351.
- BROOKES, P.C., NEWCOMBE, A.D., JENKINSON, D.S., 1987. Adenylate energy charge measurements in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 19, 211-217.
- DYCKMANS, J., RAUBUCH, M., 1997. A modification of a method to determine adenosine nucleotides in forest organic layers and mineral soils by ion-paired reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Microbiological Methods* 30, 13-20.
- PARKINSON, D., DOMSCH, K.H., ANDERSON, J.P.E., 1978. Die Entwicklung mikrobieller Biomasse im organischen Horizont eines Fichtenstandortes. *Oekol. Plant.* 13, 355-366

## **Nutzung von Marker-Genen zur Untersuchung von Mikroorganismen-Gemeinschaften in Böden, Rhizosphären und Bodentieren**

Christoph C. Tebbe

Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. Email: [christoph.tebbe@fal.de](mailto:christoph.tebbe@fal.de)

Marker-Genen kennzeichnen Mikroorganismen mit spezifischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften können entweder auf der Ebene der DNA, also der Gene selbst liegen, oder einen charakteristischen, durch Marker-Gene kodierten Phänotyp hervorrufen. Intrinsische Marker-Gene sind Gene, die natürlich in Organismen vorkommen, rekombinante Marker-Gene werden mit Hilfe gentechnischer Arbeitsmethoden in einen Organismus eingebaut. Mit Hilfe intrinsischer Marker-Gene lässt sich die natürliche Vielfalt von Bodenmikroorganismen auf struktureller Ebene durch Analysen der ubiquitären Gene für ribosomale RNA untersuchen. Dabei ist keine Kultivierung oder Anreicherung der Mikroorganismen z.B. auf Nährböden notwendig. In ähnlicher Weise können auch Vielfalt und Träger von Funktionen, z.B. für die Oxidation von Ammonium, die anaerobe Reduktion von Sulfat oder den Abbau von Schadstoffen untersucht werden. Eine attraktive Perspektive, die Struktur und die genetischen Potentiale von Bodenmikroorganismen mit Aktivitätsmessungen zu kombinieren besteht darin, parallel zu den DNA-Analysen Isotopenanreicherungen oder -messungen durchzuführen. Mit Hilfe rekombinanter Marker-Gene lässt sich das Schicksal von gezielt ausgewählten Bodenmikroorganismen in komplexen Umweltmatrices verfolgen. Hierbei können Organismen insgesamt markiert werden, um sie z.B. durch Rückisolation aus Böden einfach detektieren zu können. Alternativ lassen sich bestimmte Genexpressionen messen. In Biofilmen oder Rhizosphären können so Aktivitäten von Mikroorganismen z.B. mikroskopisch direkt dargestellt werden. Am einer Reihe von Beispielen soll das Potential der Marker-Gentechnologie für die Bodenökologie verdeutlicht und diskutiert werden.

## Mikrobielle Biomasse (SIR) im aeroben Unterboden von Sandböden

Heinrich Höper

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Friedrich-Mißler-Straße 46-48,  
28211 Bremen, Tel.: 0421-20346-15; E-Mail: [heinrich.hoeper@nlfb.de](mailto:heinrich.hoeper@nlfb.de)

Die mikrobielle Biomasse  $C_{mik}$  ist ein Maß für die Besiedlungsdichte mit Mikroorganismen und für die Verfügbarkeit der organischen Substanz, die von heterotrophen Organismen benötigt wird. Während regelmäßig und in hohen Mengen frische organische Substanz in den Oberboden eingetragen wird, sind die Mikroorganismen des Unterbodens auf geringe Menge eingewaschene sowie auf die fossil dort abgelagerte organische Substanz angewiesen. Von Interesse ist die biologische Aktivität des Unterbodens für den kometabolischen Abbau organischer Schadstoffe und für die Denitrifikation im Grundwasserschwankungsbereich. Wenig ist bisher bekannt über die mikrobielle Besiedlung und die Kohlenstoffdynamik des Unterbodens.

Auf 10 Podsol- und Pseudogley-Standorten wurden mit dem Spiralbohrer im Stechhub-Verfahren Proben bis in 12 m Tiefe gezogen und auf  $C_{mik}$  (SIR) und Basalatmung (Resp) nach Heinemeyer et al. (1989) untersucht. Parallel wurde an einigen Proben Corg, Nt und der  $pH(CaCl_2)$ -Wert gemessen.

Die Bestimmungsgrenze (Mittelwert + 3-fache Standardabweichung der Blindwerte) lag für  $C_{mik}$  zwischen 1,8 und 4,7 mg C kg<sup>-1</sup> Boden und für Resp zwischen 0,04 und 0,09 mg CO<sub>2</sub>-C h<sup>-1</sup> kg Boden<sup>-1</sup>. Bei  $C_{mik}$  wurde in etwa 20% der Fälle die Bestimmungsgrenze unterschritten. Bei Resp wurde die Bestimmungsgrenze häufiger, in einigen Fällen auch die Nachweisgrenze (MW+1S der Blindwerte) nicht erreicht. Der Quotient  $C_{mik}$  zu Corg nahm in der Regel vom Oberboden (0,4%) zum Unterboden (3 - 7%) deutlich zu. Die mikrobielle Biomasse im Unterboden war mit dem Corg und dem Nt-Gehalt der Böden korreliert.

Die biologische Aktivität im aeroben Unterboden der untersuchten sandigen Standorte ist in der Regel als sehr gering einzustufen. Hinweise auf Schichten mit einer höheren Aktivität ergaben sich nicht.

## Poster

### Testplot-Studien zum Oberflächenabfluß von Sulfonamiden nach Ausbringung von Gülle und Beregnung

Robert Kreuzig<sup>#1</sup>, Sibylla Höltge<sup>1</sup>, Joachim Brunotte<sup>2</sup>,  
Norbert Berenzen<sup>3</sup>, Jörn Wogram and Ralf Schulz<sup>3</sup>

Institut für Ökologische Chemie und Abfallanalytik, Technische Universität Braunschweig, D-38106 Braunschweig

# e-m@il: [r.kreuzig@tu-bs.de](mailto:r.kreuzig@tu-bs.de); <http://www.tu-bs.de/institute/oekochem/oekochem.html>

<sup>2</sup> Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, D-38112 Braunschweig

<sup>3</sup> Zoologisches Institut, Technische Universität Braunschweig, D-38100 Braunschweig, Germany

Im Rahmen eines UBA-Projektes<sup>2</sup> wurde in 3 Testplot-Serien der Oberflächenabfluß (Runoff) der Sulfonamide Sulfadiazin, Sulfadimidin und Sulfamethoxazol nach Gülleausbringung und Beregnung untersucht. Am Untersuchungsstandort Adenstedt im Harzvorland war das Runoff-Risiko durch Hangneigungen von 2-10 % und die physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften des tonigen Schluffs gegeben. Unter Berücksichtigung des realen Eintragspfades von Veterinärpharmaka in Böden durch kontaminierte Wirtschaftsdünger wurde auf der Basis von Stabilitätstests der Sulfonamide in Gülle Testgülle mit definiert gealterten Rückständen hergestellt und auf Testplots auf Acker- und Grünland ausgebracht. Dieser Ausbringung schloß sich auf den Ackerplots die Einarbeitung mit dem Grubber an. Danach folgte die Beregnung mit einem Schwenkdüsenregner über 2 h mit einer Intensität von 50 mm h<sup>-1</sup>. Die Runoff-Suspensionen wurden quantitativ in 5-10 min-Intervallen aufgefangen. Nach Trennung in die wässrige und die Sediment-Phase schloß sich die rückstandsanalytische Bestimmung der Sulfonamide an.

Höchste Abflußvolumina verbunden mit den höchsten Sulfonamid-Emissionen wurden für die Grünlandplots ermittelt. Auf den Ackerplots wurden diese durch die Bodenbearbeitung vermindert. Die höchsten Konzentrationen traten in den Wasserproben auf, während der Austrag mit dem Sediment von untergeordneter Bedeutung war. Neben der Bodenbearbeitung waren die Austräge von der jahreszeitlichen Variation des Bodenwasserhaushaltes abhängig, während Einflüsse von verschiedener Hangneigungen sowie den Strukturen und Konzentrationen der Sulfonamide nicht gefunden wurden.

---

<sup>2</sup> Untersuchungen zum Abflußverhalten von Arzneimitteln bei Ausbringung von Gülle auf Ackerland und Weide" (FKZ 202 67 435)

## Untersuchungen zum Verhalten von Pharmaka-Rückständen in Böden – Eine Herausforderung an das Design von Labortestsystemen –

**Kreuzig, R., Höltge, S., Dieckmann, H.**

Institut für Ökologische Chemie und Abfallanalytik

Technische Universität Braunschweig, Hagenring 30, D-38106 Braunschweig

e-m@il: [r.kreuzig@tu-bs.de](mailto:r.kreuzig@tu-bs.de), <http://www.tu-bs.de/institute/oekochem/oekochem.html>

In einer Vielzahl von Screening- und Monitoring-Untersuchungen wurden Pharmaka-Rückstände unterschiedlicher Indikationsgruppen in aquatischen Systemen nachgewiesen. Damit sind diese biologisch wirksamen Substanzen als eine neue Klasse der Umweltchemikalien anzusehen, über deren Verhalten in Umweltmedien bisher jedoch nur wenig bekannt ist. In Böden können dabei Rückstände von Humanpharmaka über die Applikation kontaminierter Klärschlämme oder über die Verrieselung belasteten Oberflächenwassers zur artifiziellen Grundwasseranreicherung eingetragen werden. Veterinärpharmaka gelangen dagegen durch kontaminierte Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftliche Nutzflächen. Zur Untersuchung des Rückstandsverhaltens in Böden werden deswegen in zwei vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsvorhaben<sup>3,2</sup> Labortestsysteme entwickelt. Im ersten Ansatz gilt es, Basisdaten zu Adsorption/Desorption und zur mikrobiellen Abbaubarkeit zu erarbeiten. Hierzu werden die Leitsubstanzen als <sup>14</sup>C-markierte Radiotracer appliziert. In einem zweiten spezifischeren Ansatz werden zusätzlich chemische und photo-induzierte Abbauprozesse erfaßt. In Ergänzung zu den ermittelten Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten werden zur Abschätzung der Mobilität in Böden ferner Säulen- und Laborlysimeter-Experimente durchgeführt, um Matrixfluß und präferentielle Fließwege zu erfassen. Die Radiotracer-technik erlaubt hier in geschlossenen Laborversuchsapparaturen die simultane Erfassung von Abbau und Verlagerung. Im dritten Ansatz finden dann die umweltrelevanten Eintragspfade über kontaminierte Klärschlamm- und Wirtschaftsdünger Berücksichtigung. Auf der Basis von Stabilitätstests in Klärschlamm bzw. Gülle werden Test-Klärschlamm bzw. Test-Gülle mit definierten gealterten Pharmaka-Rückständen hergestellt und in den Labortestsystemen eingesetzt.

---

<sup>3</sup> Verhalten von in der Umwelt vorkommenden Pharmaka und ihren Metaboliten in Modelltestsystemen, Teil 2: Modellsystem Boden" (FKZ 20167401/02)

<sup>2</sup> Untersuchungen zum Abflußverhalten von Arzneimitteln bei Ausbringung von Gülle auf Ackerland und Weide" (FKZ 202 67 435)

## Impact of Sulfadiazine and Chlorotetracycline on Soil Bacterial Communities

W. Tappe, Y. Zielezny, J. Groeneweg, N. Hersch and L. Worthington

Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere IV, Agrosphere, Research Center Jülich,  
w. tappe@fz-juelich.de

Among the veterinary pharmaceuticals, sulfonamides and tetracyclines are widely used to treat disease and protect the health of livestock animals and up to 90 % of the pharmaceuticals are excreted unchanged after administration. Antimicrobial substances like sulfadiazine (SDZ) and chlorotetracycline (CTC) in soils result from the use of excrements as fertilizer on agricultural land or they reach the soils directly via excretion from grazing livestock animals. Resulting residual concentrations in soils range from a few  $\mu\text{g}$  up to  $\text{mg kg}^{-1}$ .

In order to investigate the impact of SDZ and CTC on soil bacterial communities, we simulated the exposure to these antibiotics in soil microcosms ( $1\text{mg}$ ,  $10\text{mg}$  and  $50\text{ mg kg}^{-1}$  soil). Since no effects were detectable within microcosms of bulk soil (luvisol) and antibiotics only, assimilable carbon was supplemented in terms of glucose ( $5\text{g kg}^{-1}$  soil). During an incubation time of 6 weeks, shifts in bacterial populations were tracked by means of PCR-DGGE of 16S rDNA and the impact on the microbial activity was monitored respirometrically with a Sapromat. Likewise, growth inhibitory effects of SDZ and CTC were measured by agar diffusion tests applied to several isolated soil bacteria.

Although CTC was a potential growth inhibitor in agar diffusion assays for many of the soil bacterial isolates tested, neither an effect on soil respiration nor on the DGGE pattern of the bacterial population could be observed. Unlike these findings, SDZ showed no growth inhibition in agar diffusion assays (not even at  $60\text{ mgL}^{-1}$  SDZ, approximately the maximum water solubility) but affected soil respiration as well as bacterial community structure in a concentration dependent manner. The lack of growth inhibitory potential of CTC ( $1$ ,  $10$ ,  $50\text{ mgL}^{-1}$ ) in presence of soil matrix was confirmed during experiments with different dilutions of soil (1:1, 1:5, 1:10) and time dependent sampling for testing growth inhibition in agar diffusion assays.

**Einfluss mykorrhizierter Pflanzen auf natürliche Abbau-, Rückhalte- und Verlagerungsprozesse von Mineralölkohlenwasserstoffen in der Wasser ungesättigten Bodenzone**  
-Ein Lysimeterversuch-

F. Eggerstedt<sup>1</sup>, J. Warrelmann<sup>1</sup>, W. Heyser<sup>1</sup>, W. Schäfer<sup>2</sup>, E. Pluquet<sup>2</sup>, J. Kues<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie (UFT), Universität Bremen

<sup>2</sup> Bodentechnologisches Institut Bremen (BTI), Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)

**Einleitung**

Über 90 % der höheren Pflanzen leben in einer mutualistischen Beziehung zu Bodenpilzen und bilden eine so genannte Mykorrhiza aus. Diese Symbiose führt zu einer deutlichen Verbesserung der Wasser- und Nährstoffversorgung sowie der Schadstofftoleranz der Pflanzen und nimmt somit auch großen Einfluss auf Remediationsprozesse in der Mykorrhizosphäre (DONNELLY & ENTRY 1999, JONER et al. 2001, BRAUN-LÜLLEMANN et al. 1999).

**Zielsetzung**

Die Effekte mykorrhizierter Pflanzen sollen auf ihren direkten oder indirekten Einfluss auf folgende, charakteristische Natural Attenuation Prozesse hin untersucht werden:

- den biologischen Abbau und Umbau organischer Schadstoffe,
- die Lösung, Verdünnung und Umlagerung von Schadstoffen im Porenwasser,
- den Austrag der Schadstoffe in das Grundwasser,
- die Adsorption an organischen und anorganischen Bodenbestandteilen,
- die Volatilisation flüchtiger Schadstoffe und ihr Rückhalt in der Phyllosphäre.

**Versuchsdesign:**

Da im Boden-Pflanze-Atmosphäre-System im Freiland der Mykorrhiza-Effekt kaum transparent zu erfassen ist, wurde eine entsprechende Lysimeteranlage für die Untersuchungen entwickelt.

TABELLE 1: Versuchsdesign des Lysimeterexperiments

	Kontrolle	Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Vegetation</b>	unbepflanzt	unbepflanzt	Pinus sylvestris unmykorrhiziert	Pinus sylvestris mykorrhiziert
<b>Bodenprofil</b>	0-20 cm Mittelsand	Mittelsand + 10%FM Kompost		
	20-60 cm Mittelsand MKW-dotiert 5g/kg			
	60-75 cm Mittelsand			
	75-80 cm Kiesfilter			

Voruntersuchungen und der laufende Lysimeterbetrieb haben bestätigt, dass

1. die analytischen Anforderungen an die Homogenität des Schichtenaufbaus erfüllt werden konnten und
2. die ausgewählten Parameter messtechnisch reproduzierbar erfassbar sind.

Die Abschlussuntersuchung ist nach einjähriger Laufzeit im Frühjahr 2004 geplant.

**Literatur**

BRAUN-LÜLLEMANN, A.; HÜTTERMANN, A. & MAJCHERCZYK, A. (1999): Screening of ectomycorrhizal fungi for degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53,127-132.  
 DONNELLY, P.K. & ENTRY, J.A. (1999): Bioremediation of soils with mycorrhizal fungi. In: *Bioremediation of contaminated soils*, D.M. Kral (ed.), Academic press, pp. 417-436.  
 JONER, E.J.; JOHANSEN, A; LOIBNER, A.P.; DELA CRUZ, M.A.; SZOLAR, O.H.J.; PORTAL, J.-M. & LEYVAL, C. (2001): Rhizosphere Effects on Microbial Community Structure and Dissipation and Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Spiked Soil. *Environ. Sci. & Technol.* 35, 2773-2777.

## **Ratenlimitierte Bleibindung bei Perkolation von ungestörten Bodensäulen**

Dr. Holger Wetzel

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian Albrechts Universität zu Kiel, Olshausen Str. 40, 24112 Kiel

In zahlreichen Gutachten und Untersuchungen wurde bereits der Frage nachgegangen inwieweit die Befruchtung von Böden mit Bleischrot negative Auswirkungen im Sinne des Bodenschutzgesetzes hat. Als umweltrelevante Schadstoffe werden dabei Blei, Antimon und Arsen diskutiert.

Bei der Prognose von schädlichen Sickerwassereinträgen ins Grundwasser sind räumliche und zeitliche Heterogenitäten von großer Bedeutung. Diese Unstetigkeiten können zu präferentiellen Flüssen und damit zu relevanten Konzentrationen am „Ort der Beurteilung“ führen, ohne dass diese Flüsse im Gleichgewicht mit der Festphase stehen. Es ist deshalb erforderlich die räumlichen Heterogenitäten in Form von ungestörten Bodensäulen sowie zeitlich bedingte Ungleichgewichte (Ratenlimitierungen) durch die variierende Durchflussraten und Standzeiten in das Untersuchungsprogramm zu integrieren.

Bei den untersuchten zivilen Schießplätzen in Schleswig-Holstein handelt es sich um einen Pseudogley (Jungmoräne), einen Podsol sowie um einen Treposol aus Braunerde-Podsol (beide Altmoräne).

An allen drei Standorten erfolgte eine Bodenprobenahme in ungestörter Lagerung (3 bis 5 Parallelen mit 700 cm<sup>3</sup> Volumen) für die Säulenversuche. Die Probenahme der visuell mit Schrotkugeln belasteten Bodenhorizonte in gestörter Lagerung stellte das Ausgangsmaterial für die Erstellung der „1. Quelllösung“ für die oberste Tiefe der Säulenversuche dar. Die Extraktion dieser 1. Quelllösung erfolgte mit Wasser bei einem Boden-Lösungs-Verhältnis von 1:10 (S4-Extrakt). Die Perkolutionslösungen für die darunter folgenden Bodentiefen sind Mischungen der Eluate aus den Bodensäulen der nächsthöheren Lage. Die Perkolation selbst erfolgte unter wassergesättigten Bedingungen mit mehreren zeitlich gestaffelten Unterbrechungen (1, 16, 24, 72 Stunden).

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche, meist linear Abhängigkeit des Sorptionsniveaus von der Einwirkzeit (Unterbrechungen) der Perkolutionslösung auf die Bodensäule.

## **Eignung verschiedener Senfzubereitungen als Alternative zu Formalin für die Austreibung von Regenwürmern**

Heinz-Christian Fründ und Bettina Jordan

Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur, Oldenburger Landstr. 24,  
49090 Osnabrück

Tafelsenf und verschiedene Senfmehle wurden mit Formaldehydlösung bezüglich der Austreibungswirkung auf Regenwürmer verglichen. Es zeigt sich, dass für eine vollständige Erfassung auch endogäischer Arten in jedem Fall eine Kombination von Austreibung und Handauslese unerlässlich ist.

Statt des wegen seiner ökotoxischen und humantoxischen Effekte abzulehnenden Formalins sollte eine Suspension von handelsüblichem Senfmehl für die Regenwurmaustreibung verwendet werden. Für die Kombination von Austreibung und Handauslese der Regenwürmer wird eine Standardprozedur vorgeschlagen.

## **Einfluss modifizierter Arten / Lebensform-Diversität von Regenwürmern (Lumbricidae) auf Bodeneigenschaften sowie Biomasse und Aktivität von Bodenmikroorganismen in der Drilosphäre**

Annika Schwarting, Harald Göhler, Christoph Emmerling  
Universität Trier, FB VI – Bodenkunde, Campus II, D – 54286 Trier  
Tel.: +49 (0)651 – 201 2238; Fax.: +49 (0)651 – 201 3809; email: emmerling@uni-trier.de

Die Bedeutung von Regenwürmern im Boden liegt allgemein primär in der mechanischen Zerkleinerung der organischen Abfälle (z.B. Pflanzenrückstände, Exkremente), der Stabilisierung von Aggregaten, der Einmischung organischer Substanz in den Mineralboden und in der Durchporung des Bodens. Diese Funktionen sind aber abhängig von der Art, bzw. der Lebensform der Regenwürmer.

In Laborexperimenten (Säulenversuche) wurden die Beziehungen zwischen Funktionen/Leistungen und der Biodiversität von Regenwürmern untersucht. Hierzu haben wir verschiedene Arten und Lebensformen miteinander kombiniert und gleichzeitig verschiedene bodenphysikalische und –chemische Bodeneigenschaften (z.B. Infiltrationskapazität, Streuabbau, Aggregatstabilität) untersucht.

In einer weiteren Untersuchung (Glasküvettenversuche) wurden die Beziehungen zwischen modifizierter Arten- und Lebensformdiversität und der Biomasse und Aktivität von Bodenmikroorganismen-Gemeinschaften in der Drilosphäre überprüft.

Unsere ersten Ergebnisse zeigen, dass der Streuabbau, die Infiltrationsrate, die Aggregatstabilität sowie die Verteilung von Nährstoffen in Böden signifikant von der Besiedlung durch Regenwürmer beeinflusst wird, wobei die Unterschiede zwischen verschiedenen Arten einer Lebensform geringer waren, als zwischen verschiedenen Lebensformen. Losungen und Gangwände sind regelrechte hot spots für Mikroorganismen. Auch hier fanden wir Unterschiede v.a. zwischen verschiedenen Lebensformen.

## **Unerwartete Druckschwankungen bei der Barometrischen Prozessseparation**

**Torsten Müller\* und Markus Peters**

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

\*Fax: 05542/981596, e-mail: [tmuller@wiz.uni-kassel.de](mailto:tmuller@wiz.uni-kassel.de)

Mit der Barometrischen Prozessseparation ist es möglich, Brutto-Nitrifikationsraten und Denitrifikationsraten in aeroben Bodenproben simultan zu messen (Ingwersen *et al.*, 1999). Dazu werden während der Inkubation von Bodenproben Druckänderungen im Inkubationsgefäß sowie Änderungen der O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Headspace gemessen. Zusätzlich kann noch die Änderung der N<sub>2</sub>O-Konzentration im Headspace gemessen werden. Ingwersen *et al.* (1999) inkubierten mehrere Proben parallel in getrennten Behältern, wobei die Druckänderungen regelmäßig mit Hilfe von Sensoren und die Konzentrationsänderungen nach Entnahme von Gasproben gaschromatographisch gemessen wurden. Ein zur Zeit am Markt erhältliches Gerät der Fa. UMS gestattet die Messung von mehreren Bodenproben allerdings nur im selben Inkubationsgefäß. Um mehrere unabhängige Messungen durchzuführen, ist hier also eine entsprechende Anzahl von nacheinander durchzuführenden Versuchsansätzen notwendig, was aus versuchstechnischen Gründen oft nicht durchführbar ist.

Bei Inkubationsversuchen mit Bodenproben, in welche verschiedenen organische Materialien eingearbeitet wurden, sollen Produktion und Abbau mikrobieller Residualprodukte (Exudate, tote Mikroorganismen) aus der N-Bilanz errechnet werden. Eine unbekannte Senke ist dabei das Entweichen N-haltiger Gase. Eine gleichzeitige Messung der Produktionsraten N-haltiger Gase in mehreren parallelen Inkubationsgefäßen ist dabei wünschenswert. Im Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung stehen mit dem Druckabnehmersystem Aqua-Lytk Sensor-IR und einem Gaschromatographen Shimadzu GC-14C alle erforderliche Geräte zur Verfügung um die von Ingwersen *et al.* (1999) vorgestellte Methode zur Messung der Denitrifikation und der Brutto-Nitrifikation entsprechend der Originalvorschrift zum Einsatz zu bringen. Zur Zeit wird die Methode optimiert.

Bei der Inkubation von Boden mit sehr leicht umsetzbaren Materialien, welche durch niedrige C/N-Verhältnisse gekennzeichnet sind, kommt es zu einem charakteristischen S-förmigen Verlauf der Druckkurven: Kurzzeitiger starker Druckabfall – starker Druckanstieg – erneuter Druckabfall – langsamer Druckanstieg. Zur Zeit wird versucht, die Ursachen dafür aufzuklären. Die vorläufigen Ergebnisse werden auf dem Poster dargestellt.

### Literatur:

Ingwersen J., Butterbach-Bahl K., Gasche R., Richter O und Papen H. (1999): Barometric process separation: New method for quantifying nitrification, denitrification and nitrous oxide sources in soils. *Soil Sc. Sci. Am. J.*, **63**, 117-128.

# **Untersuchung des Abbauverhaltens von konventioneller und transgener Maisstreu bei verschiedenen Temperaturen mit der Technik der stabilen Isotope $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$**

*K. Roose, M. Raubuch*

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Jährlich steigt der weltweite Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen, obwohl die Auswirkungen gentechnisch veränderter Organismen auf Stoffflüsse und Ökosysteme vielfach ungeklärt sind. Gentechnisch veränderte Pflanzen unterscheiden sich in ihrer Stoffzusammensetzung von konventionellen Pflanzen.

In einem Inkubationsexperiment wurde das Abbauverhalten der konventionellen Maissorten ‚Nobilis‘ und ‚Prelude‘ im Vergleich zu den transgenen Bt-Mais-Sorten ‚Novelis‘ (MON 810) und ‚Valmont‘ (Bt 176) in einem landwirtschaftlich genutzten Boden bei 5°C, 15°C und 25°C untersucht. Der Bt-Gehalt der Sorte ‚Novelis‘ lag mit 3,9 mg/kg deutlich über dem Bt-Gehalt der Sorte ‚Valmont‘, deren Bt-Gehalt 0,8 mg/kg betrug.

Nach sieben Wochen erfolgte mit Hilfe der Technik der stabilen Isotope  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  eine Analyse der Festsubstanz. Die abgebaute Streu jeder Maissorte konnte quantifiziert werden. Dadurch war es möglich, Aussagen hinsichtlich des Abbauverhaltens der untersuchten Maissorten zu treffen.

## **Beeinflussung der stabilen C-Isotopensignatur in Bodentieren durch praxisübliche Chemikalien zur Untersuchung der Bodenfauna**

*Christine Sticht, Stefan Schrader, Anette Giesemann & Hans-Joachim Weigel*

Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, e-mail: [Christine.sticht@fal.de](mailto:Christine.sticht@fal.de)

Im Rahmen eines langfristig angelegten Kohlenstoff-Projektes (FACE) am Institut für Agrarökologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig wird der Einfluss einer atmosphärischen CO<sub>2</sub> Anreicherung u.a. auf ausgewählte Bodentiergruppen bestimmt. Dabei dient die stabile C-Isotopensignatur (ausgedrückt als  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert) dem Nachweis von C aus der CO<sub>2</sub> Anreicherung in verschiedenen Kompartimenten des Agrarökosystems, da das zudosierte CO<sub>2</sub> stabilisotopisch markiert ist. Im Zuge von Freilandbeprobungen innerhalb des Projektes werden u.a. Collembolen und Nematoden durch Extraktion aus dem Boden isoliert. Zur Fixierung, Konservierung, Bleichung etc. der Tiere werden üblicherweise unterschiedliche Chemikalien eingesetzt, die potentielle C-Quellen darstellen und somit das  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis in den Tieren modifizieren können. Dieses methodische Problem ist Kern des vorliegenden Beitrages. Beispielhaft wird der Einfluß praxisüblicher Chemikalien auf die C-Isotopensignatur von Collembolen für Monoethylenglycol, Ethanol und Milchsäure präsentiert. Weiterhin werden Ergebnisse zur Beeinflussung der C Isotopensignatur von Nematoden durch Triethanolamin, Formalin und Glycerin vorgestellt. Die Ergebnisse werden im Kontext methodischer Lösungsansätze diskutiert.

## **Probleme bei der Bestimmung des delta <sup>13</sup>C-Wertes der mikrobiellen Biomasse in K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Extrakten**

Brigitte Wilke

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel,

Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Die Dynamiken des C-Umsatzes in der mikrobiellen Biomasse lassen sich mittels der <sup>13</sup>C-Isotopentechnik gut nachvollziehen. Die direkte Messung des δ <sup>13</sup>C-Wertes der mikrobiellen Biomasse ist nicht möglich, da sie nicht wie z.B. Pflanzen- oder Bodenproben direkt zugeführt werden kann. Es besteht jedoch die Möglichkeit, das Isotopenverhältnis des zuvor durch Fumigation mit CHCl<sub>3</sub> freigesetzten mikrobiellen Kohlenstoffs zu ermitteln. Nach Durchführung der CFE-Methode und Extraktion mit 0,05 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> wurden die Extrakte der nicht fumigierten und fumigierten Proben gefriergetrocknet und für die Analyse am Massenspektrometer (Finnigan MAT 251) eingewogen. Die geringere Molarität des Extraktes wurde aus messtechnischen Gründen gewählt, da es durch den hohen Salzgehalt bei 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> –Extrakten zu Störungen im Massenspektrometer kommen kann.

Aufgrund der Probenbeschaffenheit (Extrakte) kam es zu einer unvollständigen Verbrennung im Elementaranalyser (Karlo Erba 1500), der dem Massenspektrometer vorgeschaltet ist. Was wiederum zu Störungen bei der Isotopenmessung im Massenspektrometer führte. Nach Erhöhung der Sauerstoffzufuhr bei der Verbrennung der Proben konnte die Messung der Isotope problemlos durchgeführt werden. Ein weiterer wichtiger Faktor für eine saubere Verbrennung ist das Probengewicht. Eine vollständige Verbrennung konnte nur erreicht werden, wenn das Probengewicht nicht über 50 mg lag. Es ist also gerade für Kontrollproben, die ja häufig sehr geringe C-Gehalte in den Extrakten aufweisen, nach wie vor problematisch eine isotopische Bestimmung durchzuführen.