

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der  
DBG Kommission II  
Titel der Tagung: Böden - eine endliche  
Ressource  
Veranstalter: DBG, September 2009,  
Bonn  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Mikrokosmenexperimente zur Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Mineralphase und Bodenlösung während der initialen Bodenentwicklung**

C. Zimmermann<sup>1</sup>, W. Schaaf<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Während der Initialphase der Bodengene-  
nese spielen Mineralverwitterung,  
Wechselwirkungen zwischen Boden-  
festphase und Bodenlösung ebenso wie  
die Akkumulation von organischer Sub-  
stanz eine wichtige Rolle für die Ent-  
wicklung von Bodeneigenschaften und  
die Etablierung von Vegetation und Bo-  
denorganismen.



Abb. 1: Einzugsgebiet „Hühnerwasser“ im Jahr 2007

Im Rahmen des SFB/TRR 38 „Struktu-  
ren und Prozesse der initialen Ökosys-  
temgenese“ werden diese Wechselwir-  
kungen in dem künstlichen Einzugsge-  
biet „Hühnerwasser“ (Abb. 1) nahe  
Cottbus/Deutschland untersucht (siehe  
auch Gerwin et al. 2009).

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivie-  
rung, BTU Cottbus, Konrad-Wachsmann-  
Allee 6, 03046 Cottbus. zimmercl@tu-  
cottbus.de

Um Wechselwirkungen zwischen Bo-  
denfestphase und Bodenlösung auf der  
Mikroskala mit den beobachteten Pro-  
zessen auf Einzugsgebietsebene zu  
verknüpfen, werden Mikrokosmenexpe-  
rimente mit Substrat aus dem Einzugs-  
gebiet unter kontrollierten Laborbedin-  
gungen durchgeführt.

In dieser Studie sollen Transformations-  
prozesse von C und N in der Bodenlö-  
sung und der Bodenfestphase während  
der Initialphase der Bodenentwicklung  
aufgeklärt werden und der Einfluss der  
Bodenlösung auf Verwitterungsprozesse  
und die Entwicklung von Strukturen in  
der mineralischen Festphase charakteri-  
siert werden.

### **Schlüsselworte**

initiale Bodenentwicklung, Mikrokosmen,  
stabile Isotope

### **Material und Methoden**

Die Mikrokosmenexperimente (Abb. 2)  
werden in einer Klimakammer bei kon-  
stanter Temperatur von 10 °C durchge-  
führt. In den Mikrokosmen werden Gas-  
fluss sowie Wasserfluss kontrolliert. Die  
Beregnung erfolgt automatisiert und  
quasi-kontinuierlich viermal täglich mit  
jeweils 6.6 ml (insgesamt 600 ml\*a<sup>-1</sup>).  
Temperatur und Niederschlag entspre-  
chen dem Jahresmittel der Region Cott-  
bus (Wecker 2005).

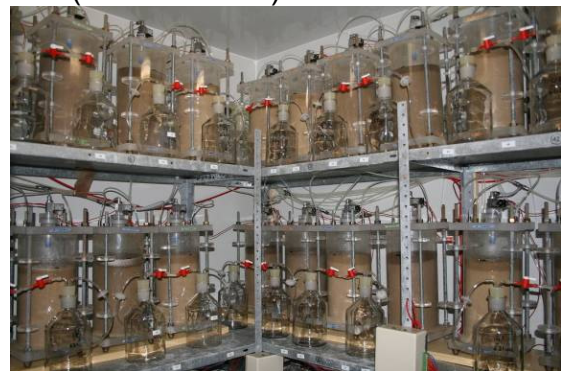


Abb. 2: Mikrokosmenanlage

Insgesamt wurden 48 Mikrokosmen (Ø  
14.4 cm; H 30 cm) mit quartären Sub-  
straten aus dem Einzugsgebiet mit zwei  
verschiedenen Texturen (Reinsand und  
Lehmsand; Tab. 1) befüllt. Die Lage-  
rungsdichte in den Mikrokosmen beträgt  
1.4-1.5 g\*cm<sup>-3</sup>.

Tab. 1: Textur sowie C- und N-Gehalte des Substrates

	Lehmsand	Reinsand
Sand [%]	87.7	96.6
Schluff [%]	7.0	2.4
Ton [%]	5.3	0.7
Karbonat [%]	0.3	1.7
C <sub>tot</sub> [%]	0.10	0.23
C <sub>org</sub> [%]	0.06	0.03
δ <sup>13</sup> C <sub>tot</sub> [‰ VPDB]	-26.3	-4.4
N [%]	<0.01	<0.01

Zur Untersuchung der C- und N-Umsetzung wurden je 5 g <sup>13</sup>C und <sup>15</sup>N markierte Streu von *Lotus corniculatus* und *Calamagrostis epigejos* (Tab. 2) oberflächlich in das Substrat eingearbeitet. Alle Varianten einschließlich der Kontrolle laufen in vier Wiederholungen mindestens 40 Wochen bis zur ersten Beprobung der Bodenfestphase. Zwei weitere Mikrokosmen dienen als reine Streukontrollen, in denen das Substrat durch Glasperlen ersetzt wurde. Insgesamt wurden folgende Versuchsvarianten als Kombination von Textur und Streu etabliert:

- Lehmsand-Kontrolle
- Reinsand-Kontrolle
- *Calamagrostis epigejos*-Lehmsand
- *Calamagrostis epigejos*-Reinsand
- *Lotus corniculatus*-Lehmsand
- *Lotus corniculatus*-Reinsand
- *Calamagrostis epigejos*-Kontrolle
- *Lotus corniculatus*-Kontrolle

Es erfolgen chemische und isotopenchemische Analysen von Streu und Substrat vor und nach dem Experiment und die Charakterisierung mineralischer Oberflächen.

Die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Konzentrationen der Gasphase im Headspace der Mikrokosmen werden kontinuierlich analysiert.

Das Perkolat wird gesammelt und alle 1-2 Wochen beprobt. Analysiert werden C- und N-Gehalte (u.a. TDC, DOC, TDN und Isotopensignatur von C), pH, EL und Ionenkonzentrationen. Die Bestimmung des δ<sup>13</sup>C der Gasphase erfolgt über Fällung des CO<sub>2</sub> in 0.2 M KOH und Messung mittels LC IsoLink.

Tab. 2: C- und N-Gehalte und Isotopensignatur der Streu

	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
C [%]	45.2	45.6
δ <sup>13</sup> C [‰ VPDB]	107.8	131.7
N [%]	3.6	1.4
δ <sup>15</sup> N [‰ AirN <sub>2</sub> ]	652.9	554.4
C/N	12.6	32.6

## Ergebnisse

Die folgenden Abbildungen zeigen Messergebnisse der ersten 25 Wochen des laufenden Versuches.

Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Abb. 3 links) der Streuvarianten sind im Vergleich zu den Kontrollen bis zum Tag 25 stark erhöht, wobei dieser Effekt bei *Lotus* ausgeprägter erscheint. Erst nach 75 Tagen pendeln sich die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf niedrige Level ein, wobei die *Calamagrostis*-Streu mehr CO<sub>2</sub> als *Lotus* produziert. Beide Streuvarianten zeigen beim sandigen Substrat höhere CO<sub>2</sub>-Entwicklung.

Ein Anstieg der N<sub>2</sub>O-Konzentration (Abb. 3 rechts) während der ersten 25 Tage wird nur für die *Lotus*-Varianten deutlich, danach kommt die N<sub>2</sub>O-Produktion weitgehend zum Erliegen.

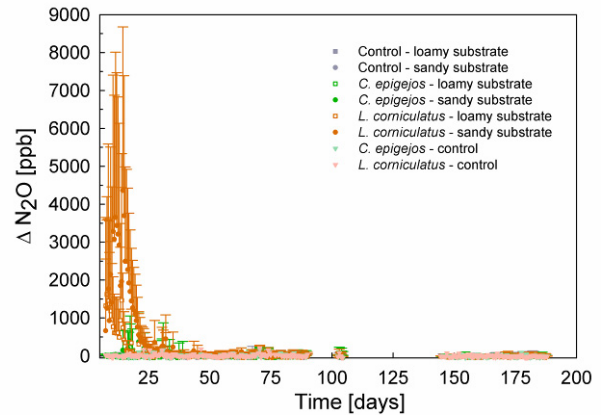
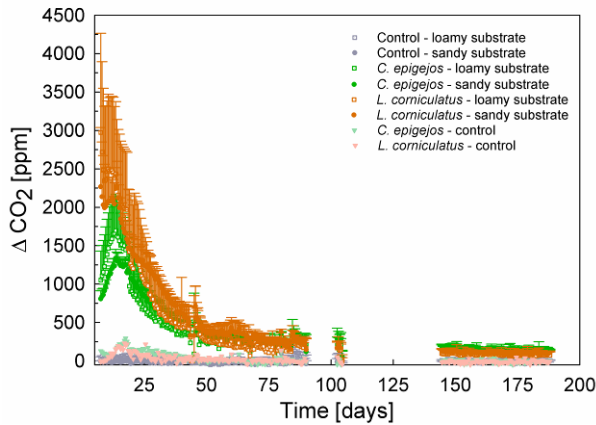


Abb. 3: CO<sub>2</sub> (links) und N<sub>2</sub>O (rechts) Konzentrationen (nach Abzug des zugeführten CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O der Belüftung) in der Gasphase im Headspace der Mikrokosmen der verschiedenen Streu-Substrat-Varianten (n=8) und Kontrollen (n=4 für Substratkontrollen, n=1 für Streukontrollen)

In den Perkolaten (Abb. 4) der Streukontrollen sind anfänglich hohe TDC- und DOC-Konzentrationen messbar, die bei *Lotus* höher liegen als bei *Calamagrostis* und in den ersten Wochen stark abfallen.

Bei den Substratkontrollen bleiben die DOC-Konzentrationen über die Zeit relativ konstant. Beim Lehmsand wird geringfügig mehr DOC ausgewaschen. Dies ist auch bei der Kombination Lehmsand mit Streu zu beobachten.

Bei den Streu-Substrat-Varianten zeigt insbesondere die *Calamagrostis*-Reinsand-Variante in ihrer DOC- und TDC-Auswaschung ein individuelleres Verhalten. Zu Beginn des Experiments

sind TDC und DOC im Perkolat für alle Streu-Substrat-Varianten konstant. Nach 25 Tagen erfolgt dann bei der *Calamagrostis*-Reinsand-Variante ein sprunghafter Anstieg des DOC bis zum Tag 65. Dieser kurzzeitige Anstieg der DOC-Auswaschung war auch bei der *Calamagrostis*-Streukontrolle zu beobachten.

Im späteren Verlauf liegen die DOC-Konzentrationen je Substratvariante auf gleichem Niveau. Dies deutet darauf hin, dass die Textur des Substrats der Haupteinflussfaktor bei der DOC-Auswaschung ist und die Art der Streu demgegenüber zweitrangig ist.

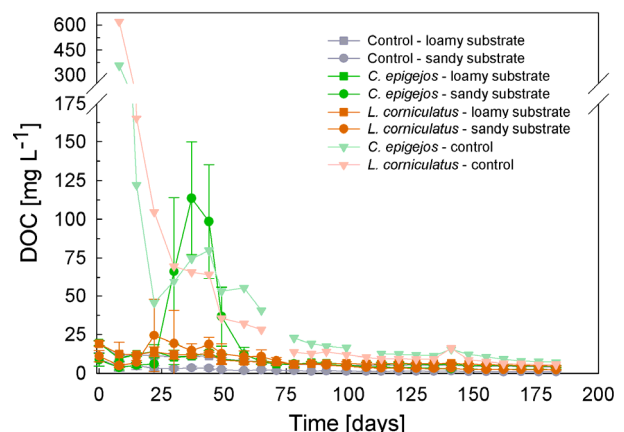
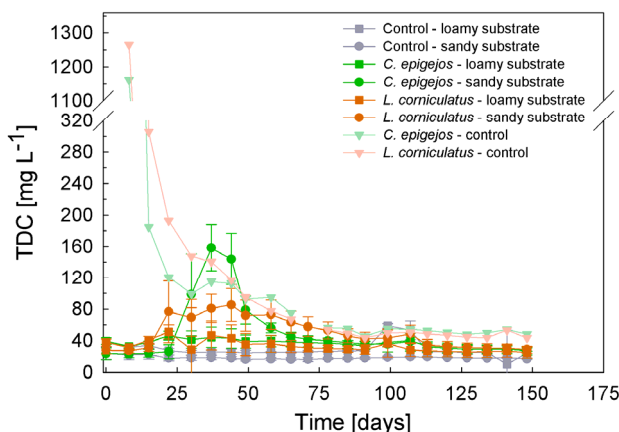


Abb. 4: TDC (total dissolved carbon; links) und DOC (dissolved organic carbon; rechts) in den Perkolaten der verschiedenen Streu-Substrat-Varianten (n=8) und Kontrollen (n=4 für Substratkontrollen, n=1 für Streukontrollen)

Erhöhte Auswaschungsverluste von N (Abb. 5) sind nur bei den Varianten mit *Lotus*-Streu zu verzeichnen und treten beim Lehmsand stärker und schneller

auf. Die Streu-Kontrolle zeigt bis zum Tag 50 hohe TDN-Konzentrationen im Perkolat. Die NO<sub>3</sub>-N Auswaschung zeigt einen ähnlichen zeitlichen Verlauf wie

TDN. Die Messungen der  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen stehen noch aus.

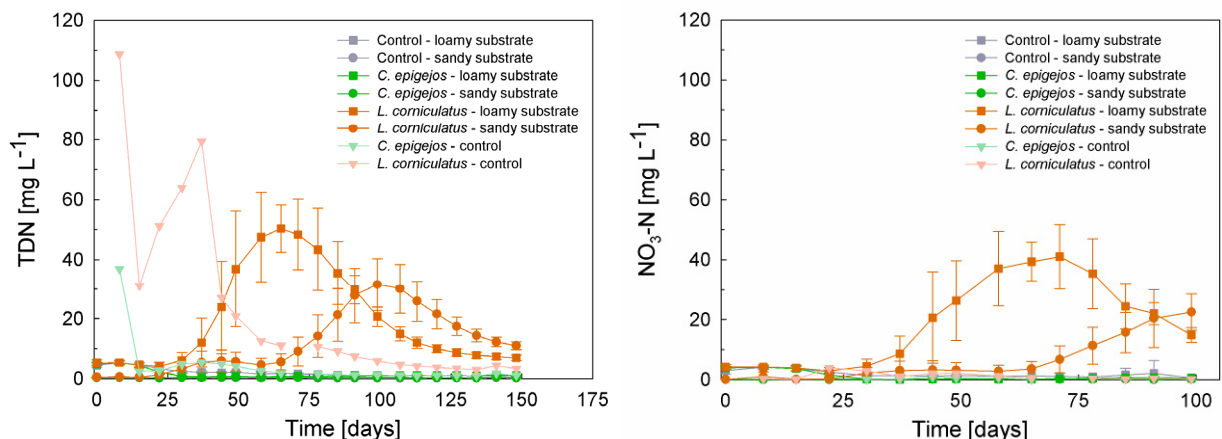


Abb. 5: TDN (total dissolved nitrogen; links) und NO<sub>3</sub>-N (dissolved organic nitrogen; rechts) in den Perkolaten der verschiedenen Streu-Substrat-Varianten (n=8) und Kontrollen (n=4 für Substratkontrollen, n=1 für Streukontrollen)

### Schlussfolgerungen

Die Initialphase ist geprägt durch ein intensives Leaching von C und N aus der Streu und Umsetzung bzw. Auswaschung aus dem Substrat.

Die Zugabe von Pflanzenstreu begünstigt die mikrobielle CO<sub>2</sub>-Produktion, so dass bei Experimentbeginn ein starker Anstieg der Atmung durch Abbau leicht verfügbarer organischer Substanz aus der Streu zu verzeichnen war.

Der Streuabbau ist stark vom C/N-Verhältnis abhängig, was den anfangs langsameren Umsatz von *C. epigejos* erklärt.

Die Auswaschung von DOC und TDN aus dem Substrat wird maßgebend durch die Textur beeinflusst. Anfänglich findet eine starke DOC-Auswaschung bei den Streu-Reinsandvarianten statt, später jedoch liegt sie in den Lehmsand-Varianten höher, deren CO<sub>2</sub>-Produktion dann abnimmt.

NO<sub>3</sub>-N Auswaschung infolge Nitrifikation erfolgt nur bei der Streu von *L. corniculatus*. Bei der Streu von *C. epigejos* ist keine NO<sub>3</sub>-N Auswaschung nachweisbar. Beim Lehmsand ist offenbar zu Anfang die mikrobielle Aktivität erhöht und führt zu stärkerer Nitrifikation.

DOC aus der Streu wird vom Substrat zurückgehalten bzw. immobilisiert sowie möglicherweise mikrobiell abgebaut. Weitere Einblicke in die Umsetzungs-

prozesse werden aus Ergebnissen der isotopenanalytischen Untersuchungen erwartet.

### Danksagung

Wir danken J. Esperschütz and F. Buegger (HelmholtzZentrum München) für die Herstellung und Bereitstellung des <sup>13</sup>C und <sup>15</sup>N markierten Pflanzenmaterials. Danke an S. Chabbi, Y. Zweig und I. Schicha für die Unterstützung beim Aufbau der Mikrokosmenanlage und der Probenahme sowie an die Mitarbeiter des Lehrstuhllabors, insbesondere an G. Franke. Wir möchten der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Finanzierung des Projektes danken.

### Literatur

Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Fischer, A., Winter, S. and Hüttl, R. F., 2009: The artificial catchment "Chicken Creek" (Lusatia, Germany) - a landscape laboratory for interdisciplinary studies of initial ecosystem development. *Ecol. Eng.* doi:10.1016/j.ecoleng.2009.09.003.

Wecker, B., 2005: Kleinräumige Heterogenität kohlehaltiger Kippböden und ihre Auswirkungen auf den Stoffhaushalt: Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung, 29, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Cottbus, 133.