

# Verluste der oberirdischen Biomasse von abfrostenden Begrünungspflanzen durch Ausgasung vor der Einarbeitung in den Boden

Alya Badawi<sup>1</sup>, Wilfried Hartl<sup>1\*</sup>, Eva Erhart<sup>1</sup>, Roland Albert<sup>2</sup>,  
Wolfgang Wanek<sup>2</sup> und Margarethe Watzka<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Die durch Ausgasung verursachten Kohlenstoff- und Stickstoffverluste wirken sich negativ in Richtung Klima und Boden aus. Die gasförmigen Verluste an Stickstoff und Kohlenstoff wurden mit der Bilanzierungsmethode errechnet, und zwar als Differenz der Kohlenstoff- bzw. Stickstoffgehalte der Biomasse zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende, abzüglich der Auswaschungsverluste. Die Ergebnisse der Humusbilanzen zeigten, dass der Beitrag der Begrünungsvarianten zur Humusmehrung zwischen 7 % und 32 % des jährlichen Humussaldos liegt, den eine für den Biolandbau typische Fruchtfolge allein durch ihre anderen Fruchtfolgeglieder erzielt.

Die gasförmigen Verluste an Kohlenstoff lagen bei der Versuchsvariante Senf bei 42 % und bei den Varianten Leguminosenmischung und Nicht-Leguminosenmischung bei 48 % des im Herbst in den Begrünungspflanzen vorhandenen Gesamtkohlenstoffs. Für Stickstoff betrugen die gasförmigen Verluste bei Leguminosen- und Nicht-Leguminosenmischung ca. 18 % in Relation zu den Stickstoffgehalten bei Versuchsbeginn, während Senf einen Verlust von 37 % aufwies.

## Einleitung

Begrünungspflanzen haben eine vielfältige Funktion als Nährstoffkonservierer und Erhöhung der biologischen Aktivität des Bodens (RENIUS et al. 1992, DINESH et al. 1999). Eine zentrale Rolle spielen die Begrünungen beim Humusaufbau, sie speichern den aufgenommenen Kohlenstoff in der Biomasse und verbessern somit den Bodenhumusaufbau, das Wasserspeichervermögen und die Pufferfunktion des Bodens.

Die Pflanzen besitzen nicht nur die Funktion als Nährstoffspeicher, sondern sie geben auch bestimmte Stoffe aus der Wurzel und der oberirdischen Biomasse ab. Diese Vorgänge hängen stark von den Boden- und den Temperaturverhältnissen ab (MARSCHNER 1995). In einem nachhaltigen Landwirtschaftssystem sollen die Nährstoffverluste, sei es durch Emission oder durch Auswaschung möglichst gering sein.

## Material und Methodik

Ein Freilandversuch mit verschiedenen Begrünungsmischungen wurde 2008 mit der gleichen Bodenbearbeitung

## Summary

The losses of carbon and nitrogen through volatilization have negative effects on the climate and the soil. The gaseous losses of carbon and nitrogen were calculated in this experiment by using a balancing method: the difference between carbon and nitrogen contents, respectively, at the beginning and the end of the experiment, minus the C and N leached, was supposed to have been lost in gaseous form.

The results of a humus balance calculated showed that the contribution of the cover crops used to humus increase is between 7 % and 32 % of the annual humus saldo, which a typical organic crop rotation effectuates merely through its rotation crops.

The gaseous carbon losses amounted to 42 % in the white mustard-mixture and to 48 % of the total carbon present in the cover crop biomass in autumn in the mixtures with and without legumes. The gaseous nitrogen losses of the mixtures with and without legumes were around 18 % of the total nitrogen present in the cover crop biomass in autumn, while the white mustard-mixture had gaseous N losses of 37 %.

(Grubber) und am selben Aussattermin (12. August) angelegt. Der Standort war Altenmarkt im Thale / NÖ (48°34' N, 16°11' E). Es wurden drei Begrünungsvarianten getestet: eine Mischung mit Nicht-Leguminosen, eine Mischung mit Leguminosen und eine Begrünung mit Senf. Am 27.10.2008 wurde die oberirdische Pflanzenfrischmasse geerntet. In jeder dieser Varianten war ein Anteil von ca. 3% aus Beikräutern und Durchwuchs enthalten.

Die geernteten Begrünungspflanzen wurden in offenen Gitter-Stapelboxen (60 x 40 x 20 cm) gleichmäßig verteilt aufgelegt und während der Wintermonate der Witterung ausgesetzt. Fiberglasgitter unter- (2 mm Maschenweite) und oberhalb (7 mm Maschenweite) dieser Boxen verhinderten einen Eintrag von außen (z.B. Herbstlaub) bzw. einen Verlust von Teilen der Begrünungspflanzen. Diese "offenen" Boxen wurden auf geschlossene Stapelboxen gestellt, die zum Auffangen der Auswaschungsflüssigkeit dienen.

Nach jedem Regenereignis wurde die Menge der Auswaschungsflüssigkeit in den Boxen bestimmt (insgesamt 10 Termine). Der Biofilm der sich nach einer gewissen Zeit

<sup>1</sup> Bio Forschung Austria, Rinnböckstraße 15, A-1110 WIEN

<sup>2</sup> Universität Wien, Department für Chemische Ökologie und Ökosystemforschung, Althanstraße 14, A-1091 WIEN

\* Ansprechpartner: Dr. Wilfried Hartl, [w.hartl@bioforschung.at](mailto:w.hartl@bioforschung.at)

in den Versuchsboxen bildete, wurde abgekratzt und der Auswaschungsflüssigkeit hinzugefügt und homogenisiert. Daraus wurden die Stichproben entnommen, filtriert und die feste und die flüssige Fraktion getrennt analysiert.

Zusätzlich wurde noch eine Nullvariante (ohne Pflanzen) mit gleichem Aufbau in 4-facher Wiederholung in den Versuch integriert. Die Anordnung der Boxen wurde regelmäßig neu randomisiert, um Einflüsse von außen (z.B. Sonneneinstrahlung oder Schatten) auszugleichen.

Die Menge an Pflanzenmaterial pro Boxenfläche (0,24m<sup>2</sup>) entsprach der auf 0,24m<sup>2</sup> Fläche geernteten Biomasse, wobei darauf geachtet wurde, dass die in den Begrünungen vorhandenen Pflanzenarten mengenanteilmäßig auch in den Boxen repräsentiert waren. Pro Begrünungsvariante wurden 4 solcher Boxen aufgestellt. Zur Erhebung der Anfangswerte wurden an einer weiteren Probe pro Variante mit gleicher Artenzusammensetzung zu Versuchsbeginn die Trockenmasse, die Gehalte an C und N (im Elementaranalysator) analysiert. Dieselben Parameter wurden am 2. März an den in den Boxen verbliebenen Pflanzenresten analysiert, um so die gesamten Verluste über den Winter zu quantifizieren.

Unmittelbar neben den Boxen mit den Versuchspflanzen wurden zwei Data Logger aufgestellt, um die bodennahe Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit sowie die Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in 2 Metern Höhe aufzunehmen.

## Ergebnisse

In der *Tabelle 1* und *Tabelle 2* sind folgende Fraktionen dargestellt:

- Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff in den Proben zu Versuchsbeginn am 27.10.08.
- Verluste an Kohlenstoff und Stickstoff in Form von Auswaschung (rückgerechnet aus den Gehalten in den jeweiligen Auswaschungslösungen).
- Gehalte in der Versuchsbiomasse zu Versuchsende am 04.03.09.
- Verluste durch Ausgasungen.

Die gasförmigen Verluste ergeben sich aus der Differenz der Kohlenstoff- bzw. Stickstoffgehalte in der Biomasse

zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende, abzüglich der Auswaschungsverluste.

Wie aus *Tabelle 1* ersichtlich beträgt der Anteil des ausgewaschenen Kohlenstoffs 6 - 8,7% des in der Anfangsbiomasse enthaltenen Kohlenstoffs. Dieser Anteil ist verglichen mit den Ausgasungsverlusten sehr gering. Generell bestehen nur geringe Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten. Die Variante Senf zeigte mit 42% einen geringeren gasförmigen Verlust als die Varianten Leguminosen- und Nicht-Leguminosenmischung, welche ca. 48% des Kohlenstoffes als CO<sub>2</sub> verloren. Die Versuchsvariante Senf weist einen geringeren Stickstoff-Auswaschungsverlust (wie in *Tabelle 2* ersichtlich) auf als die Varianten Leguminosen- und Nicht-Leguminosenmischung, jedoch einen fast doppelt so hohen gasförmigen Verlust (37%) als die beiden anderen Versuchsvarianten mit 18 - 19 % (vgl. *Tabelle 2*). Die Varianten Leguminosen und Nicht-Leguminosenmischung verhalten sich hinsichtlich der Auswaschungs- und Ausgasungsverluste sehr ähnlich.

Die Ergebnisse der Humusbilanzen zeigen, dass der Beitrag der Begrünungsvarianten zur Humusmehrung zwischen 7 % und 32 % des jährlichen Humussaldos liegt, den eine Biolandbautypische Fruchtfolge allein durch ihre anderen Fruchtfolgeglieder erzielt.

## Diskussion

In diesem Versuch wurden die gasförmigen Verluste nicht direkt gemessen, sondern als Differenz zwischen den Kohlenstoff- bzw. Stickstoffgehalten der Biomasse zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende, abzüglich der Auswaschungsverluste errechnet. Hohe gasförmige Verluste von Kohlenstoff wurden bei den Versuchsvarianten Leguminosenmischung und Nicht-Leguminosenmischung (48%) festgestellt. Diese sind wahrscheinlich auf die relativ weiche Zusammensetzung der Blattbiomasse zurückzuführen, die nach Frostereignissen von der Mikrofauna rasch zersetzt werden konnte. Mikroorganismen sind vor allem an den Umsatzprozessen der leicht abbaubaren C- und N-Fractionen beteiligt (FRIEDEL et al. 1997). Andererseits zeigte die Senfmischung mit 42 % geringere Verluste an Kohlenstoff (als CO<sub>2</sub>), möglicherweise als Folge des robusteren (skleromorpheren) Gesamtbaues dieser Pflanzen,

**Tabelle 1: Relative Kohlenstoffgehalte bzw. -verluste in den Versuchsvarianten %, S: Senf, N: Nicht-Leguminosenmischung, L: Leguminosenmischung**

	C (%) Versuchsbeginn 27.10.2008	C (%) Auswaschung	C (%) Versuchsende 04.03.2009	C (%) Ausgasung
S	100	6,0	51,6	42,3
N	100	8,6	43,5	47,9
L	100	8,7	43,4	47,8

**Tabelle 2: Relative Stickstoffgehalte bzw. -verluste in den Versuchsvarianten (%), S: Senf, N: Nicht-Leguminosenmischung, L: Leguminosenmischung**

	N (%) Versuchsbeginn 27.10.2008	N (%) Auswaschung	N (%) Versuchsende 04.03.2009	N (%) Ausgasung
S	100	24,5	38,3	37,2
N	100	32,9	48,6	18,5
L	100	32,1	49,7	18,2

bei denen mit der Alterung der Anteil der Stängel stark ansteigt, deren hoher Cellulose und Ligninanteil schwerer abgebaut wird.

Bei den gasförmigen Stickstoffverlusten erreicht der Senf mit 37 % die höchsten Verluste. Der mögliche Grund hierfür sind die leicht flüchtigen Senfölglycoside, die neben Schwefel rel. viel Stickstoff enthalten und bei Zerstörung der Blattstruktur (z.B. durch Frost, Umknicken durch Wind, mikrobiellen Abbau) freigesetzt werden (STRASBURGER et al. 2008). Die gasförmigen Stickstoffverluste bei der Variante Leguminosenmischung und Nicht-Leguminosenmischung lagen dem gegenüber nur im Bereich von 18 %. Die Frage von gasförmigen Verlusten von Pflanzen wird in der Literatur wenig behandelt. So untersuchten z.B. MANNHEIM et al. (1996) Ammoniakemissionen mit einem Windtunnelsystem, wobei sie bei Ernterückständen zwischen 0,9 und 3,7% Ammoniak-Verluste feststellen konnten. In unserem Versuch umfassten die gasförmigen Verluste jedoch alle Stickstoffverbindungen, sodass viel höhere Werte gefunden wurden. Auch KULOZIK-ERBEN (2007) stellte anhand eines Gefäßversuchs fest, dass die Bilanzierungsmethode weit höhere gasförmige Verluste ergab als eine parallel durchgeführte Ammoniak-Emissionsmessung.

Begrünungsbiomasse weist ein engeres C/N-Verhältnis auf als z.B. Stroh. Daher liefern Begrünungen eher Nährhumus, der durch die Aktivierung des Bodenlebens die Nährstoff-dynamik fördert. Die lebenden Wurzeln der Begrünungspflanzen bringen beachtliche Mengen an abgestorbenen Zellen, Exsudaten und Sekreten in den Boden ein, die als Nahrungsgrundlage für die Bodenmikroorganismen dienen. Die Mikroorganismen, die die organischen Substanzen abbauen, produzieren verklebend wirkende Stoffwechselprodukte, wie Polysaccharide, während Klee- und Graswurzeln die Aggregate umhüllen und dadurch die Bodenstruktur verbessern (WATSON et al. 2002, BESTE 2005).

Wie HUSZ (1999) veranschaulichte, sind für den Aufbau von 1 % Bodenhumus nicht nur rund 16 t/ha Kohlenstoff nötig, sondern auch rund 1600 kg/ha Stickstoff. Damit können Begrünungen mit ihrem engeren C/N-Verhältnis die Umwandlung von Stroh mit seinem sehr weiten C/N-Verhältnis zu Bodenhumus unterstützen und liefern damit einen Beitrag zur Humusbildung, der über die reine C-Zufuhr durch ihre eigene Biomasse hinausgeht.

Die Versuche zeigen eindeutig, dass die Variante Senf die höchsten Stickstoffverluste durch Ausgasung erfährt. Dagegen ist der Verlust an Kohlenstoff geringer als bei den anderen Versuchsvarianten.

Somit kann aufgrund vorliegender Ergebnisse für die landwirtschaftliche Praxis durchaus empfohlen werden, eher die Varianten Leguminosen- und Nicht-Leguminosenmischung anstatt dem üblicherweise verwendeten Senf als Grünsaat anzubauen.

## Literatur

- BESTE, A., 2005: Landwirtschaftlicher Bodenschutz in der Praxis. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- DINESH, R., M.A. SURYANARAYANA, G. SHYAM PRASAD, A.K. BANDYOPADHYAY, A.K. NAIR and T.V.R.S. SHARMA, 1999: Influence of leguminous cover crops on microbial and selected enzyme activities in soils of a plantation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162, 57- 60.
- FRIEDEL, J.K., E. DIERENBACH und D. GABEL, 1997: Die Rolle der mikrobiellen Biomasse im C- und N-Kreislauf ökologisch bewirtschafteter Ackerböden. 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn. 77-83pp.
- HUSZ, G., 1999: Stickstoffdynamik in Abhängigkeit von ökologischen Rahmenbedingungen insbesondere Huminhaushalt. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Stickstoff in Bioabfall- und Grünschnittkompost – Bewertung von Bindungsdynamik und Düngewert. Runder Tisch Kompost, Wien, 29. - 30. September 1998. Eigenverlag Umweltbundesamt. pp. 39-57.
- KULOZIK-ERBEN, A., 2007: Emissionen gasförmiger Stickstoff-Verbindungen ( $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) aus Pflanzen in Abhängigkeit von der N-Versorgung und pflanzenartspezifischen Stoffwechseleigenschaften. Dissertation. Institut für Pflanzenernährung der Justus-Liebig-Universität Giessen. 164pp.
- MANNHEIM, T., J. BRASCHKAT und H. MARSCHNER, 1997: Ammoniakemissionen aus alternierenden Pflanzen und bei der Zersetzung von Ernterückständen. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*:160, 125-132.
- MARSCHNER, H., 1995: Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. Cambridge. 889pp.
- RENIUS, W., E. LÜTKE ENTRUP und N. LÜTKE ENTRUP, 1992: Zwischenfruchtanbau – Zur Futtergewinnung und Gründüngung. 3. Auflage. Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 244pp.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK und A.F.W. SCHIMPER, 2008: Lehrbuch der Botanik. Spektrum Verlag, Heidelberg, 1175pp.
- WATSON, C., D. ATKINSON, P. GOSLING, L. JACKSON and F. RAYNS, 2002: Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use Managem.* 18, 239-247.