

**T. Rinnofner - R. Farthofer - J.K. Friedel - G. Pietsch - A. Strauss-Sieberth –
W. Loiskandl - B. Freyer**

Stickstoffaufnahme und Biomassertrag von Zwischenfrüchten und deren Auswirkungen auf Ertrag und Qualität der Folgekultur und Nitratgehalte in der Bodenlösung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet

Nitrogen Uptake and Biomass Yield of Catch Crops and Effects on Yield and Quality of Subsequent Crops and Nitrate Contents in Soil Solution under Conditions of Organic Farming in the Pannonian Region

Einleitung

Zu den wesentlichen Aufgaben von Zwischenfrüchten im ökologischen Landbau (vergl. Kolbe et al. 2004) gehört die Aufnahme des nach der Hauptfrucht im Boden verbliebenen mineralischen Stickstoffs (N_{\min}) und die damit verbundene Verringerung des Nitratauswaschungsrisikos. Bei anschließender Einarbeitung der Zwischenfrüchte bleibt dieser Stickstoff für die Folgekultur erhalten. Legume Zwischenfrüchte können zusätzlich Stickstoff aus der Luft fixieren (Biological Nitrogen Fixation, BNF) und in die Fruchtfolge einbringen. Ziel dieses Projekts war eine Quantifizierung der Auswirkungen von Zwischenfruchtgemengen mit unterschiedlich hohen Leguminosenanteilen auf den Stickstoffhaushalt sowie auf Erträge und Qualitäten der nachfolgenden Hauptfrüchte unter pannonischen Standortbedingungen.

Standort und Methoden

In einer vollständig randomisierten Blockanlage wurden drei Varianten mit Zwischenfruchtgemengen unterschiedlichen Leguminosenanteils und eine Variante ohne Zwischenfruchtanbau verglichen. Die Versuchsanlage befand sich auf den ökologisch bewirtschafteten Teilflächen der Versuchswirtschaft in Großenzersdorf (Tschernosem aus Löss, lehmiger Schluff, 550 mm NS, 9,8°C). Die Zwischenfruchtvarianten (Tabelle 1) waren in folgenden Fruchtfolgeausschnitt eingebunden: Winterweizen + ZF (2002) - Kartoffel (2003) - Winterroggen + ZF (2004) - Sommergerste (2005).

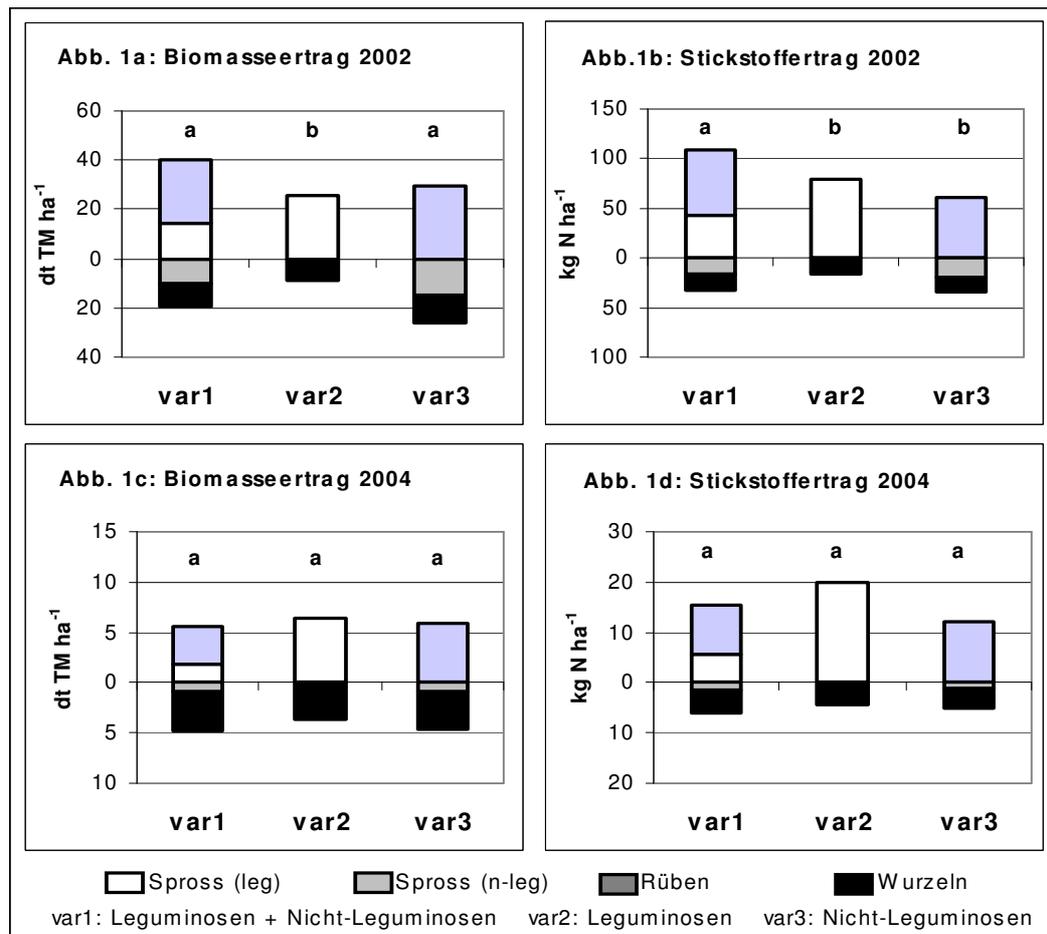
Tabelle 1: **Saatstärken in kg ha⁻¹ für die Varianten mit Zwischenfruchtanbau**

	var1 (leg + n-leg)	var2 (leg)	var3 (n-leg)	var4 (sbr)
Futtererbse	40	80		
Saatwicke	20	40		
Platterbse	45	90		
Phacelia	2,5		5	
Ölrettich	3		6	
Stoppelrübe	2		4	

Von den Haupt- und Zwischenfrüchten wurden die Biomasseerträge erhoben, von den Zwischenfrüchten wurde zusätzlich der Stickstoffertrag gemessen und von den Beständen mit Leguminosen die Luftstickstoff-Fixierleistung mittels erweiterter Differenzmethode geschätzt. Im Boden wurden zu verschiedenen Terminen der mineralische Stickstoff, die Stickstoffnachlieferung, die mikrobielle Biomasse, der Gesamtstickstoff und der organische Kohlenstoff gemessen. Zur Abschätzung der verlagerten Stickstoffmengen wurden über Saugkerzen während der Wintermonate Bodenlösung aus 80 und 140 cm Tiefe entnommen und deren Nitratgehalt bestimmt. Zusätzlich wurden über eine Dauermessstelle kontinuierlich Messungen der Bodenwassergehalte und Bodenwasserspannungen in verschiedenen Bodentiefen durchgeführt. Mit Hilfe dieser Messwerte wurden die Sickerwassermengen zum einen über die klimatische Wasserbilanz, zum anderen mit Hilfe eines prozessorientierten Simulationsmodells berechnet. Aus der Verrechnung der Sickerwassermengen mit den entsprechenden Stickstoffkonzentrationen in den Bodenlösungen wurden die verlagerten Stickstoffmengen abgeschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

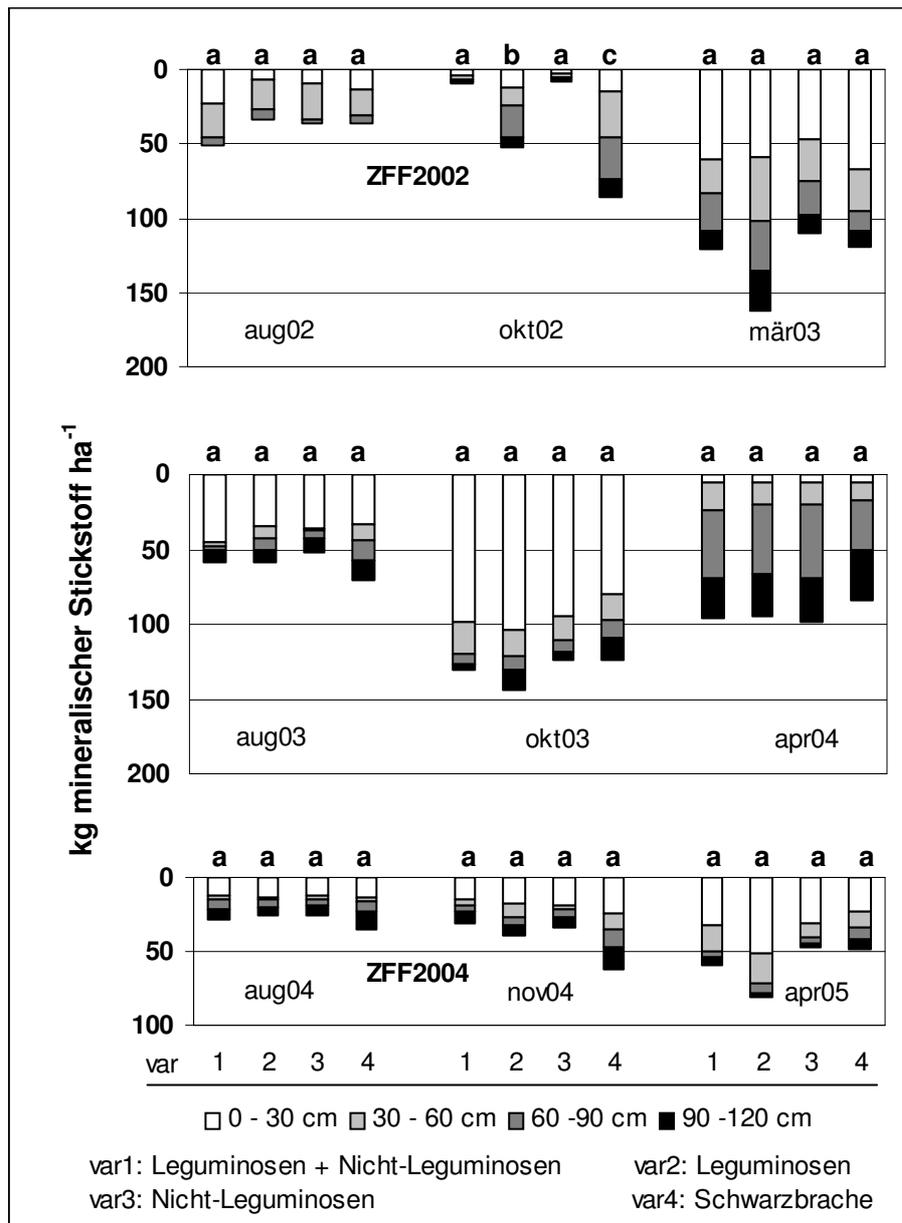
Der Zwischenfruchtanbau im Jahr 2002 erbrachte gute gesamt-pflanzliche Biomasseerträge. Sie lagen zwischen 35 und 60 dt TM ha⁻¹ und waren in var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) signifikant höher als in var2 (leg). Der gesamt-pflanzliche N-Ertrag lag bei 141 kg N ha⁻¹ in var1 (leg + n-leg) und um 90 kg N ha⁻¹ für var2 (leg) und var3 (n-leg). Die reine Leguminosenvariante fixierte 34 kg N ha⁻¹, die gemischte Variante sogar 48 kg N ha⁻¹. Die Zwischenfrüchte im Herbst 2004 waren aufgrund der Trockenheit sehr schlecht entwickelt und zeigten keine signifikanten Unterschiede in Biomasse- und Stickstoffertrag (Abbildung 1).



Werte mit gleichen Buchstaben über den Säulen unterscheiden sich zum jeweiligen Termin nicht signifikant im gesamt-pflanzlichen Biomasse- bzw. Stickstoffertrag (Tukey; $P < 0,05$)

Abbildung 1: **Biomasseerträge und Stickstofferträge der Zwischenfruchtvarianten**

Die unterschiedlichen Auswirkungen der verschiedenen Zwischenfrucht-Gemenge auf den N_{\min} -Gehalt im Boden waren im Herbst 2002 überaus deutlich. Var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) reduzierten den N_{\min} -Gehalt im Herbst auf einen vernachlässigbar geringen Wert. Auch var2 (leg) konnte den N_{\min} -Gehalt im Boden signifikant auf 50 kg N ha^{-1} gegenüber 80 kg N ha^{-1} in var4 (sbr) reduzieren. Die Zwischenfrüchte im Herbst 2004 führten aufgrund ihrer marginalen Entwicklung zu keiner signifikanten Reduktion des N_{\min} -Gehalts gegenüber der Schwarzbrache (Abbildung 2). Unterschiede im mineralisierbaren N, mikrobiellen N und Gesamt-N ergaben sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt.



Die Mittelwerte eines Termins mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Abbildung 2: Mineralischer Stickstoff im Boden für die gesamte Versuchslaufzeit

Eine Ertragsdifferenzierung in den Folgefrüchten (vgl. Tabelle 2) konnte weder bei den Kartoffeln des Jahres 2003 noch bei der Sommergerste im Jahr 2005 festgestellt werden. Da die Kartoffeln die bessere N-Versorgung durch die Zwischenfrüchte aufgrund von Trockenheit und starkem Kartoffelkäferbefall nicht nutzen konnten, verlagerte sich der Effekt bis zu einem gewissen Ausmaß auf den als zweite Nachfrucht folgenden Winterroggen 2004. Dieser erbrachte in den Varianten mit Zwischenfrüchten tendenziell höhere Erträge. Die Entwicklung der Zwischenfrüchte im Herbst 2004, vor der Sommergerste, war so gering,

dass keine signifikanten Auswirkung auf deren Ertrag erwartet werden konnte. Tendenziell war jedoch der Ertrag in var1 (leg + n-leg) und var2 (leg) höher als in den beiden anderen Varianten.

Tabelle 2: **Erträge der Hauptfrüchte des Fruchtfolgeausschnitts**

	Kartoffel Knollenertrag (FM in dt ha⁻¹)	Winterroggen Kornertrag (TM in dt ha⁻¹)	Sommergerste Kornertrag (TM in dt ha⁻¹)
var1 (leg + n-leg)	156 ^a	59 ^a	33 ^a
var2 (leg)	159 ^a	55 ^a	35 ^a
var3 (n-leg)	157 ^a	58 ^a	28 ^a
var4 (sbr)	166 ^a	46 ^a	30 ^a

Werte einer Spalte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey, $P < 0,05$)

Reents und Möller (2000) führten in Oberbayern (ca. 7,7 °C; 790 mm; Lehmböden) einen ähnlichen Versuch durch. Sie verwendeten in einer Variante jedoch nur eine legume und/oder eine nicht-legume Zwischenfruchtart. Ihre Ergebnisse bezüglich Erträgen in den Zwischenfrüchten und Reduktion des mineralischen Stickstoffs im Boden weisen in dieselbe Richtung wie diese Untersuchungen. Die Erträge der nachfolgenden Kartoffeln bzw. des Weizens nahmen in folgender Reihenfolge Nicht-Leguminosen – Leguminosen und Nicht-Leguminosen – Leguminosen zu.

Die Nitrat-Gehalte in den Bodenlösungen aus 140 cm Tiefe (Ergebnisse nicht dargestellt) folgten weitgehend den N_{\min} -Gehalten im Herbst. In var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) lagen sie im Frühjahr 2003 immer unter 5 mg Nitrat-N l⁻¹. In var2 (leg) und vor allem in var4 (sbr) stiegen sie bis zu 24 bzw. 35 mg Nitrat-N l⁻¹. Im folgenden Winter (2003/04) waren die Unterschiede aufgrund der Zwischenfrüchte 2002 in den Nitratgehalten den Bodenlösungen noch immer, wenn auch nicht statistisch absicherbar, vorhanden. Auch der Zwischenfruchtanbau im Herbst 2004 führte zu keiner signifikanten Differenzierung der Nitratgehalt in der Bodenlösung.

Die jährlichen Sickerungen betragen etwa 25 bis 70 mm. Zwischen den Varianten wurden keine Unterschiede in den Sickerungen festgestellt. Der Austrag des Stickstoffs unter die Untersuchungstiefe von 140 cm war aufgrund der niedrigen Sickerwassermengen gering, und die Differenzierung zwischen den Varianten war dabei ausschließlich auf die unterschiedlichen Nitratkonzentrationen in den Bodenlösungen zurückzuführen. Die pro Jahr durchschnittlich verlagerte Stickstoffmenge erreichte für die var4 (sbr) mit 14 kg N ha⁻¹ den

höchsten Wert. Die N-Fracht in var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) war mit 6 kg N ha^{-1} sehr gering, die der var2 (leg) lag mit 9 kg N ha^{-1} dazwischen (vgl. Tabelle 3).

Liebhard et al. (2005) modellierten für dasselbe Untersuchungsgebiet Sickerwassermengen und Stickstofffrachten für verschiedene Bodenarten. Als einer von mehreren Faktoren wurde auch der Zwischenfruchtanbau untersucht. Die Spannweite der durchschnittlichen jährlichen Stickstofffrachten lag zwischen $0,1$ und $20,5 \text{ kg N ha}^{-1}$. Zwischenfrüchte in der Fruchtfolge reduzierten den Nitrataustrag um $2,0$ bis $4,6 \text{ kg N ha}^{-1}$. Am meisten Einfluss auf die Sickermengen hatte allerdings die Bodenart. Die Zwischenfrüchte nahmen hauptsächlich über die Reduktion der Nitratkonzentrationen Einfluss auf die Stickstofffrachten.

Tabelle 3: **Ausgetragene Stickstoffmengen (kg N ha^{-1}) für die Winterhalbjahre**

Variante	var1 (leg + n-leg)	var2 (leg)	var3 (n-leg)	var4 (sbr)
2002/03	1	6	1	8
2003/04	13	20	15	30
2004/05	3	2	2	3
Insgesamt	17	28	18	41
Jährlicher Durchschnitt	6	9	6	14
Durchschnittl. Reduktion gegenüber Schwarzbrache	8	5	8	-

Aufgrund der ÖPUL-Förderung kann der Zwischenfruchtanbau derzeit ohne finanzielle Einbußen durchgeführt werden. Dies gilt für var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) auch ohne direkten Nutzen durch Mehrerträge in der Folgefrucht. Die var2 (leg) müsste Mehrerträge lukrieren, um ohne Verluste durchgeführt zu werden. Sie ist aber aus Sicht des Nitrathaushaltes und des Gewässerschutzes nicht empfehlenswert, da sie das Risiko der Nitratauswaschung nicht in ausreichendem Maß reduziert. Dadurch besteht gleichzeitig die Gefahr, dass der durch die BNF gewonnene Stickstoff umgehend wieder verloren geht.

Wegen ihrer Effizienz, den Reststickstoff nach der Ernte der Hauptfrüchte aus dem Boden aufzunehmen, ist var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) eindeutig der Vorzug gegenüber der var2 (leg) zu geben. Während var3 (n-leg) die kostengünstigere und anbautechnisch einfachere Variante darstellt, hat var2 den Vorteil, bei ausreichender Wasserversorgung und rechtzeitigem Anbauzeitpunkt eine beträchtliche Menge an Stickstoff mit Hilfe der BNF zusätzlich in die Fruchtfolge einzubringen. Daher ist, soweit es die Witterungsverhältnisse zulassen, der Anbau eines Zwischenfruchtgemenges aus Leguminosen und Nichtleguminosen zu befürworten. Ist der Erfolg des Zwischenfruchtanbaus aufgrund einer

späten Aussaat oder durch Trockenheit ungewiss, ist eher die kostengünstigere Variante aus nicht-legumen Zwischenfrüchten zu empfehlen.

Literatur

- Kolbe, H.; Schuster, M.; Hänsel, M.; Grünbeck, A.; Schließer, I.; Köhler, A.; Karalus, W.; Krellig, B.; Pommer, R.; Arp, B. (2004): Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft - Fachmaterial. Eigenverlag.
- Liebhard, P.; Schmid, E.; Bodner, G.; Kaul, H.P. (2005): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung und einer Zwischenfruchtbegrünung auf Sickerwasserkriterien bei Zuckerrübe im semiariden Produktionsgebiet. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17: 48 – 49.
- Reents, H. J. and Möller, D. (2000): Effects of different green manure catch crops grown after peas on nitrate dynamics in soils and on yield and quality of subsequent potatoes and wheat. T. Alföldi, W. Lockeretz, and U. Niggli (Eds.): Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, Zürich. 73-76.

Autoren:

T. Rinnofner, R. Farthofer, J.K. Friedel, G. Pietsch, B. Freyer

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Ökologischen Landbau

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

A. Strauss-Sieberth, W. Loiskandl

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft

Department für Wasser - Atmosphäre - Umwelt