

## **Einfluss von Zwischenfrüchten auf Lachgasverluste und Nitrat auswaschung im ökologischen Marktfruchtbau in Abhängigkeit von der Vorfrucht**

Böldt, M.<sup>1</sup> Loges, R., Kluß, C. und Taube, F.

Keywords: arable farming, catch crop, nitrate leaching, nitrous oxide emission

### **Abstract**

*All-arable organic farming systems, especially when they are working without organic fertilizer, are often in challenge with their nutrient management to fulfill the requirements of crops. In this context one of the main issues is to mitigate nutrient losses. Here the use of catch crops may one strategy to counteract against this. We hypothesized that under the climate conditions of north-west Germany winter hard catch crops are more suitable to reduce nitrogen (N) losses than catch crops killed by frost, here especially with cereals or legumes as previous crop. In a field experiment in 2015/16 we tested 3 different catch crops (grown in pure stand and in mixture with legumes) after peas and triticale for their nitrogen loss paths over the winter period. Soil mineral N content (0-90 cm) was determined before and after winter. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions were measured weekly. Nitrate (NO<sub>3</sub>) concentrations in leachate were analyzed once a week (Oct-Mar). The results show that corn legumes as pre crop have the highest N-loss potential over winter. In comparison, catch crops demonstrate a good reduction of nitrogen losses pathways like NO<sub>3</sub> in leachate or gaseous N<sub>2</sub>O emissions. In particular significant lower nitrate losses via leaching were recorded after corn as pre crop. In comparison winter killed white mustard showed significant higher NO<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O losses over winter. Undersown catch crops showed the highest potential to mitigate N-losses.*

### **Einleitung und Zielsetzung**

Viehlos wirtschaftende ökologische Marktfruchtbetriebe laufen Gefahr, aufgrund fehlenden Wirtschaftsdüngers, die Bestände unzureichend mit Stickstoff zu versorgen. Hier kann die N-Zufuhr über eine Strohdüngung und die N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Leguminosen den N-Entzug durch das Erntegut nur schwer nachhaltig ausgleichen (Wilbois et al. 2013). Umso bedeutender ist in diesem Anbausystem die Minderung von systemaren N-Verlusten. Hier bietet der gezielte Anbau von Zwischenfrüchte eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen. Die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und -struktur, die Nährstoffkonservierung in der Nachernteperiode, die verminderte Wirkung auf Auswaschungsverluste (Askegaard et al. 2005) sowie eine zusätzliche systemare N<sub>2</sub>-Aufnahme beim Einsatz legumer Ansaaten sind nur einige Funktionen der Zwischenfrüchte, die zu einer wesentlichen Ertrags- und Qualitätssteigerung in der Folgefrucht führen können. Diesem Aspekt widmet sich die vorliegende Arbeit, in welcher die Wirkung von Zwischenfrüchten in Bezug auf den Stickstoffkreislauf und seiner Verlustpfade hin untersucht werden soll. Dabei spielt insbesondere die Stellung der Zwischenfrucht in der Rotation eine wichtige Rolle. Vor diesem Hintergrund wurde, unter Berücksichtigung der besonderen klimatischen Standortbedingungen Schleswig-

---

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenbau und -züchtung, FG Ökologischer Landbau, Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118, Kiel, Germany, [mboeldt@gfo.uni-kiel.de](mailto:mboeldt@gfo.uni-kiel.de), [www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de](http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de)

Holsteins mit seinen späten Ernteterminen, milden Wintern und hohen Niederschlägen im Winterhalbjahr, folgende Hypothesen formuliert:

1. Winterharte Zwischenfrüchte weisen geringere systemare N-Verluste gegenüber absterbenden Zwischenfrüchten auf.
2. Nach Körnerleguminosen ist das Minderungspotenzial der N-Verluste durch Zwischenfrüchte besonders hoch.
3. Durch eine vorgezogene Bestandesetablierung einer Untersaat-Zwischenfrucht lassen sich die N-Verluste im Winterhalbjahr effektiver reduzieren.

## Methoden

Im August 2015 wurden nach den Anbaukulturen Erbse und Triticale jeweils eine randomisierte einfaktorielle Blockanlage mit verschiedenen Zwischenfrüchten (n=4 Wdhg.) angelegt (Tab.1). Der Standort befindet sich auf der Vorgeest in Schleswig-Holstein (54.32 N, 9.80 O; Ø-Jahrestemperatur 8,8° C; Ø-Jahresniederschlagssumme 826 mm; Bodenart Sl2; Bodentyp Braunerde; Bodenpunkte 43). Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von der Zwischenfruchtaussaat (20. Aug. 2015) bis zum Umbruch (17. Mrz. 2016) über das gesamte Winterhalbjahr. Hierbei wurde die N-Aufnahme der oberirdischen Biomasse, die Lachgasemissionen, die Nitratauswaschung und die Boden-N<sub>MIN</sub>-Gehalte der verschiedenen Zwischenfruchtvarianten vergleichend untersucht.

**Tabelle 1: Versuchsfaktoren**

Versuchsfaktor	Faktorstufe	Kürzel	Winterhart	Bodenbear.
Vorfrucht	Triticale	TR		
	Erbse	ER		
Zwischenfrucht	Gelbsenf	GS	-	+
	Gelbsenf + Sommerwicke	GSSW	-	+
	Winterrübe	WR	+	+
	Winterrübe + Winterwicke	WRWW	+	+
	Dt. Weidelgras ( <i>Untersaat</i> )	DW	+	-
	Dt Weidelgras + Weißkl. ( <i>Untersaat</i> )	DWWW	+	-
	Ohne Bodenbear. ( <i>Selbstbegrünung</i> )	OB		-
	Mit Bodenbear. ( <i>ohne Begrünung</i> )	MB		+

Die oberirdische Aufwuchs wurde zu vier Terminen beprobt und auf die N-Gehalte hin untersucht. Die Lachgasemissionen wurden mittels statischer Messkammern (Hutchinson & Mosier 1981) im wöchentlichen Rhythmus beprobt und für den gesamten Zeitraum berechnet. Die Bestimmung der N-Auswaschungen (Okt.-Mrz.) erfolgte durch im Boden installierte keramische Saugkerzen. Hier wurden wöchentlich die Stickstoffkonzentrationen im Sickerwasser photometrisch bestimmt. Die Sickerwassermenge wurde mittels klimatischer Wasserbilanz nach Mohrlök (2009) berechnet. Die etwaige Gesamtsickerwassermenge im Untersuchungszeitraum lag bei 390 mm.

## Ergebnisse

Tabelle 2 stellt die berechneten, mittleren N-Verluste (NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O) im Untersuchungszeitraum 2015/16 dar. Es zeigt sich, dass die Vorfrucht einen

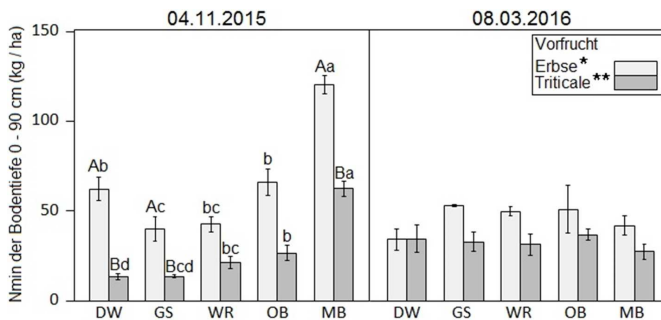
wesentlichen Einfluss auf diese Prüfparameter ausübt. Die Körnerleguminöse Erbse (ER) weist hier gegenüber der Triticale (TR) jeweils höhere Werte auf. Bei der Gesamtbetrachtung der NO<sub>3</sub>-N Auswaschungen liegt die Kontrollvariante Schwarzbrache (MB) nach Erbse mit 118 kg (nicht sig.) und nach Triticale mit 67 kg ha<sup>-1</sup> (sig.) am höchsten.

Zwischenfrucht	NO <sub>3</sub> -N Fracht* [kg ha <sup>-1</sup> ] ± SE		N <sub>2</sub> O-N Emissionen** [kg ha <sup>-1</sup> ] ± SE	
	Vorfrucht		Vorfrucht	
	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale
Dt. Weidelgras	43,6 <sup>ab</sup> ± 14,9	3,9 <sup>c</sup> ± 0,7	1,47 ± 0,4	0,23 <sup>c</sup> ± 0,06
Dt. Weidelgras + Weißklee	61 <sup>ab</sup> ± 22,4	8,1 <sup>c</sup> ± 3,8	1,57 ± 0,45	0,25 <sup>c</sup> ± 0,06
Gelbsenf	54,7 <sup>ab</sup> ± 12,4	27,6 <sup>b</sup> ± 3,6	2,29 ± 0,1	1,35 <sup>ba</sup> ± 0,24
Gelbsenf + Sommerwicke	57,1 <sup>ab</sup> ± 9	28 <sup>b</sup> ± 3,3	2,69 ± 0,37	1,7 <sup>a</sup> ± 0,15
Winterrübe	35,3 <sup>b</sup> ± 7,1	9,8 <sup>c</sup> ± 1,5	2,64 ± 0,47	0,45 <sup>cd</sup> ± 0,10
Winterrübe + Winterwicke	54,8 <sup>ab</sup> ± 4,9	7,5 <sup>bc</sup> ± 2,4	2,03 <sup>A</sup> ± 0,34	0,47 <sup>Bd</sup> ± 0,07
Ohne Bodenbearbeitung	47 <sup>ab</sup> ± 9	13,2 <sup>c</sup> ± 1,7	2,38 ± 0,52	0,6 <sup>cd</sup> ± 0,11
Mit Bodenbearbeitung	118,1 <sup>a</sup> ± 20,6	67,2 <sup>a</sup> ± 2,7	1,92 ± 0,53	0,72 <sup>bd</sup> ± 0,14

**Tabelle 2: Mittlere Nitratauswaschung und Lachgasverluste ausgewählter Zwischenfrüchte nach der Vorfrucht Erbse und Triticale**

SE = Standardfehler (n=4 Wdhg.); \* Zeitraum 07.10.15 – 17.03.16; \*\* Zeitraum 24.08.15 – 17.03.16  
 Unterschiedliche Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Vorfrüchten.  
 Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Zwischenfrüchte innerhalb einer Vorfrucht (p<0.05).

Die reduzierende Wirkung einer Zwischenfrucht auf die Auswaschungsverluste zeigt sich am deutlichsten auf den Parzellen nach dem Getreide. Einzig die Gelbsenfvarianten zeigen hier gegenüber den Vergleichsparzellen mit 28 kg NO<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> signifikant erhöhte N-Frachten auf. Auch in Bezug auf die Lachgasemissionen weist der Gelbsenf nach Triticale signifikant erhöhte N<sub>2</sub>O Verluste auf. Die als Untersaat in der Vorfrucht etablierten Weidelgrasparzellen zeigen nach beiden Vorfruchtvarianten jeweils tendenziell die geringsten N<sub>2</sub>O Emissionen. Darüber hinaus zeigt das Zwischenfrucht-Management keinen eindeutigen Einfluss auf die N<sub>2</sub>O-Verluste.



**Abbildung 1: Boden N<sub>MIN</sub>-Werte der Tiefe 0-90 cm vor und nach dem Winter**

N<sub>MIN</sub>-Ausgangswert (24.08.15): \* Erbse = 93 kg N<sub>MIN</sub> ha<sup>-1</sup>; \*\* Triticale = 55 kg N<sub>MIN</sub> ha<sup>-1</sup>  
 Unterschiedliche Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Vorfrüchten.  
 Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Zwischenfrüchte innerhalb einer Vorfrucht (p<0.05). Fehlerbalken = Standardfehler (n=4 Wdhg.)

Ein signifikanter Einfluss auf die N-Verluste durch stickstoffmehrende Leguminosen im Zwischenfruchtgemenge konnte bisher nicht gezeigt werden. Abbildung 1 zeigt vergleichend die  $N_{\text{MIN}}$ -Werte der Bodentiefe 0-90 cm vor und nach dem Winter. Die Kontrollvariante MB zeigt deutlich das hohe N-Nachlieferungs- und Auswaschungspotenzial einer Körnerleguminose als Vorfrucht. Insgesamt waren bei MB nach beiden Vorfruchtvarianten eine Abnahme der Boden- $N_{\text{MIN}}$ -Gehalte zum Frühjahr zu beobachten. Bei Ausgangswerten zur Zwischenfruchtaussaats von 55 kg (TR) und 93 kg  $N_{\text{MIN}} \text{ ha}^{-1}$  (ER) zeigt sich, dass alle Zwischenfrüchte die  $N_{\text{MIN}}$ -Werte gegenüber MB bereits im Herbst deutlich senken konnten, wobei die Gelbsenf Varianten im Herbst jeweils das höchste  $N_{\text{MIN}}$  Reduktionspotenzial aufwiesen. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen der N-Aufnahme im Spross (Daten nicht gezeigt). Hier schafft es der Gelbsenf mit über 110 kg N  $\text{ha}^{-1}$  am besten den Bodenstickstoff zu binden. Allerdings stehen durch das abfrieren dieser Kultur und die damit einhergehenden erhöhten N-Verluste (Tab. 2) diesen Gewinn entgegen.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse unterstreichen die Vorzüglichkeit des Einsatzes von Zwischenfrüchten zur Verminderung von N-Verlusten über Winter. Die Körnerleguminose als Vorfrucht wies dabei das höchste N-Verlustpotenzial auf. Insbesondere die Schwarzbrache ohne anschließende Winterbegrünung mit Boden- $N_{\text{MIN}}$ -Werten von 120 kg N  $\text{ha}^{-1}$  im Herbst (Abb. 1) und einer Nitratauswaschung von 118 kg  $\text{NO}_3\text{-N} \text{ ha}^{-1}$  (Tab. 1) sind unter umwelt- und betriebswirtschaftlichen Aspekten nicht tolerabel. Eine Bodenbearbeitung ohne anschließenden Zwischenfruchtanbau zum Winter ist nicht empfehlenswert. Die signifikant erhöhte Nitratfracht und Lachgasemission im absterbenden Gelbsenf nach Triticale (Tab. 2) scheinen das Problem, unerwünschter Wiederfreisetzung von Stickstoff in Regionen mit milden Wintern und hohen Niederschlägen, zu bestätigen. Die Untersaaten konnten hingegen ihren Vorteil einer vorgezogenen Bestandesetablierung ausspielen und zeigen tendenziell die niedrigsten N-Austräge auf. Im bereits laufenden zweiten Versuchsjahr werden weiterführende Untersuchungen zum Einfluss der Zwischenfrüchte in Bezug auf die N-Verluste und -Aufnahmen, Wurzelbildung sowie Ertrags- und Qualitätsparameter in der Folgekultur durchgeführt

## Danksagung

Die Untersuchungen werden mit Mitteln der europäischen Innovationsförderung EIP-Agri gefördert (EIP Innovationsbüro SH 2016).

## Literatur

- Askegaard, M., Olesen, J. E., & Kristensen, K. (2005). Nitrate leaching from organic arable crop rotations: effects of location, manure and catch crop. *Soil Use and Management*, 21(2), 181-188. [10.1111/j.1475-2743.2005.tb00123.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2005.tb00123.x)
- EIP Innovationsbüro SH (2016). Online verfügbar unter [www.eip-agrar-sh.de](http://www.eip-agrar-sh.de) (13.08.16).
- Hutchinson, G. L., & Mosier, A. R. (1981). Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Science Society of America Journal*, 45(2), 311-316. [10.2136/sssaj1981.03615995004500020017x](https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500020017x)
- Mohrlok, U. (2009): Bilanzmodelle in der Grundwasserhydraulik. Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, S. 120ff. [10.5445/KSP/1000012015](https://doi.org/10.5445/KSP/1000012015)
- Wilbois et al. (2013). Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit. [[www.orgprints.org/28973](http://www.orgprints.org/28973)]