

Zuwachsleistung und N-Aufnahme von Zwischenfrüchten unter norddeutschen Bedingungen: Potentiale zur Vermeidung negativer Umwelteffekte

M. BÖLDT, R., LOGES, C. KLUß UND F. TAUBE

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

mboeldt@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die Anbaubedeutung von Zwischenfrüchten (ZF) hat in Deutschland in den letzten Jahren stark zugenommen. So wurden im Jahr 2016 auf 14,7% der genutzten Ackerfläche ZF angebaut. Dies stellt eine 50 %ige Steigerung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 dar (Destatis 2011, 2017). Eine weitere Zunahme des ZF-Anbaus ist unter dem Aspekt der derzeitigen agrar- und umweltpolitischen Ziele Deutschlands sehr wahrscheinlich. Beispielhaft wären hier die „Körnerleguminosenstrategie“ (BMEL 2016, MELUND 2017) sowie die „Zukunftsstrategie ökologischer Landbau“ (BMEL 2016) zu nennen. Beide Strategien fordern nachhaltige Anbausysteme, die ohne den ZF-Anbau langfristig die gesetzten Ziele verfehlen. Einerseits kann die Erzeugung heimischer Eiweißfuttermittel aus Körnerleguminosen aufgrund hoher Rest-N_{MIN}-Mengen in der Nachernteperiode zu erheblichen umweltrelevanten Stickstoff(N)-Verlusten führen (Hauggaard-Nielsen et al. 2009). Andererseits macht der Verzicht von mineralischen Düngemitteln im ökologischen Landbau die Minderung von Nährstoffverlusten unerlässlich (Leithold et al. 2017). Die Integration von ZF in die Fruchtfolgen kann durch eine erfolgreiche Konservierung der Nährstoffe über die Winterperiode diesen Problemen entgegenwirken (Kaye et al. 2017, Valkama et al. 2015). Insbesondere in Norddeutschland können die Witterungsbedingungen einen erfolgreichen ZF-Anbau allerdings nicht immer gewährleisten (späte Erntetermine, hohe Niederschläge im Herbst, milde Winter). Unter diesem Hintergrund wurden in Schleswig-Holstein auf einer ökologisch umgestellten Fläche über zwei Anbaujahre unterschiedliche ZF getestet. Der Fokus lag hierbei auf der vergleichenden Untersuchung von winterharten, abfrierenden und als Untersaaten in die Vorfrucht etablierten ZF-Kulturen. Der Einfluss der Fruchtfolgestellung durch zwei unterschiedlicher Vorfrüchte (Getreide / Körnerleguminose) fand zusätzlich Berücksichtigung.

Das Ziel der Studie war die Erfassung der N-Pfade und -Verluste im Kontaktraum Pflanze-Boden. Dabei wurde eine Bewertung des Zwischenfruchtanbaus in Bezug auf umweltrelevante Parameter durchgeführt.

Es wurden folgenden Hypothesen formuliert:

1. Abfrierende Zwischenfrüchte weisen gegenüber winterharten Zwischenfrüchten höhere N-Verluste auf.
2. Eine als Untersaat etablierte Zwischenfrucht reduziert die N-Verluste am effektivsten.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in den Jahren 2015/16 und 2016/17 auf einer seit 2013 ökologisch bewirtschaftenden Fläche mit der viehlosen Fruchtfolge „Klee gras – Sommerweizen – Wintertriticale – Erbse – Hafer – Dinkel + Klee gras-Untersaat“ durchgeführt. Der Standort befindet sich im Naturraum Vorgeest in Schleswig-Holstein (54.32 N, 9.80 O; Ø-

Jahrestemperatur 8,8° C; Ø-Jahresniederschlagssumme 826 mm; Bodenart SI2; Bodentyp Braunerde). Nach den Vorfürchten Erbse (ER) und Triticale (TR) wurde jeweils eine randomisierte mehrfaktorielle Blockanlage mit sechs verschiedenen Zwischenfruchtvarianten angelegt (n=4). Die Varianten waren Gelbsenf (GS, abfrierend), Winterrübse (WR, winterhart) und Deutsches Weidelgras (DW, winterhart, Untersaat in die Vorfrucht). Jeder dieser Reinsaaten wurden als weitere Varianten ein legumer Gemegepartner beiseitegestellt. Die Aussaatstärke lag hier bei der Hälfte der sortenspezifischen Empfehlung. Als Kontrollvarianten dienten Parzellen in Schwarzbrache (SB) und Selbstbegrünung (SG). Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich jeweils von der ZF-Aussaat Ende August bis zum Umbruch im März des Folgejahres. Es wurden die Parameter Lachgas(N₂O)-Emissionen, Nitrat(NO₃)-Auswaschung (NO₃), mineralischer Boden-N (N_{MIN}) sowie N-Gehalte in der ober- und unterirdischen pflanzlichen Biomasse vergleichend untersucht. Geprüft wurde der Einfluss der Faktoren Vorfrucht, Zwischenfrucht und Gemengeanbau. Die oberirdische und unterirdische (Steingrobe et al. 2000) Biomasse wurde zu mehreren Terminen beprobt und auf deren N-Gehalte hin untersucht. Die N₂O-Emissionen wurden mittels statischer Messkammern im wöchentlichen Rhythmus bestimmt und über den Betrachtungszeitraum kumuliert (Hutchinson & Mosier 1981). Die Erhebung der N-Auswaschungen (Oktober - März) erfolgte durch im Oberboden installierte keramische Saugkerzen in einer Tiefe von 75 cm. Hier wurden wöchentlich die N-Konzentrationen im Sickerwasser analysiert und die Gesamtfrachten mittels klimatischer Wasserbilanz berechnet (Mohrlok 2009).

Ergebnisse und Diskussion

Ein statistisch abgesicherter Einfluss eines legumen Gemegepartners in der Zwischenfruchtansaat auf die Untersuchungsparameter konnte nicht festgestellt werden. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich daher auf die Ergebnisse aus den Reinsaatvarianten. Tabelle 1 stellt die Stickstoffpfade und -verluste im Mittel der zwei Anbauperioden dar. Die Nitrat-Auswaschungsverluste (NO₃-N) waren bei der Kontrolle Schwarzbrache (SB) unabhängig von der Vorfrucht gegenüber allen anderen Varianten signifikant erhöht (Tabelle 1). Die Zwischenfrüchte konnten die Nitratfracht insgesamt um durchschnittlich 64 % verringern. Innerhalb der Zwischenfrüchte wies der abfrierende Gelbsenf (GS) die höchsten Nitratverluste auf (sig. nach Triticale). Unter Berücksichtigung der Verläufe der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser und Stickstoffmengen in der Biomasse (Daten nicht dargestellt) zeigt sich, dass GS den zuvor gebundenen Stickstoff bereits im Februar/März wieder freisetzt, was auf eine frühzeitige Mineralisierung der abgestorbenen Biomasse nach dem Winter schließen lässt.

Tabelle 1. Stickstoffverluste und -aufnahmen ausgewählter Zwischenfrüchte nach den Vorfürchten Erbse und Triticale im Mittel über die zwei Anbaujahre (kg N ha⁻¹).

Zwischenfrucht	NO ₃ -N Fracht		N ₂ O-N _{kum}		N _{MAX} ANPP *		N _{MAX} BNPP **		N _{MAX} fBNPP ***	
	Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht	
	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale
Dt. Weidelgras	37,5 ^b	15,2 ^{bc}	1,12 ^b	0,40 ^b	98,2	59,2 ^a	54,5 ^a	60,7 ^a	0,30	0,62
Gelbsenf	54,1 ^{ab}	29,6 ^b	1,82 ^a	1,02 ^a	114,9	73,1 ^a	22,4 ^c	35,8 ^b	0,04	0,17
Winterrübse	34,5 ^b	8,3 ^c	1,50 ^{ab}	0,48 ^b	111	58,9 ^a	37 ^b	53,7 ^a	0,12	0,49
Selbstbegrünung	42,1 ^b	11,2 ^c	1,59 ^{ab}	0,48 ^b	91,1	37,7 ^b	32,2 ^{bc}	45,3 ^{ab}	0,11	0,55
Schwarzbrache	96,5 ^a	64,1 ^a	1,30 ^{ab}	0,57 ^b	-	-	-	-	-	-

* ANPP = Aboveground net primary production; ** BNPP = Belowground net primary production

*** fBNPP = fraction of BNPP

Die Lachgasemissionen (N_2O-N) waren nach der Vorfrucht Erbse (ER) am größten und zeigten mit Werten über einem Kilogramm im Betrachtungszeitraum ein vergleichsweise hohes Emissionspotenzial auf (Tabelle 1). GS wies gegenüber den winterharten Zwischenfrüchten die signifikant höchsten Flussraten auf. Hier führten insbesondere Frost-Tau-Ereignisse im Winter zu Emissionsspitzen. Die Anwesenheit von schnell verfügbarem Kohlenstoff und Stickstoff bei GS, als Folge der Umsetzung der abgestorbenen Pflanzenbestandteile, könnten hier als zusätzlicher Treiber für die lachgasbildenden Denitrifikationsprozesse gedient haben.

Die in Tabelle 1 gezeigte maximalen Stickstoffgehalte (N_{MAX}) in den Zwischenfrüchten zeigen auf die Gesamtpflanze bezogen ($N_{ANPP} + N_{BNPP}$) nach beiden Vorfrüchten eine vergleichsweise hohe N-Akkumulation von über 100 kg N ha^{-1} . Nach der Vorfrucht Erbse waren die N-Aufnahmen insgesamt am höchsten. Bei alleiniger Betrachtung der oberirdischen N-Gehalte konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede unter den Zwischenfrüchten festgestellt werden. Allerdings scheint das Deutsche Weidelgras (DW) tendenziell das höchste N-Aneignungsvermögen zu besitzen. Demgegenüber zeigt sich bei den N-Gehalten in den Wurzeln, dass GS gegenüber Winterrübse (WR) und DW signifikant geringere Werte aufweist. Hier zeigt DW ebenfalls die höchsten Werte, welches sich durch eine generell stärkere Wurzelbildung der homorhizischen Gräser erklären lässt. Bei Betrachtung der N-Verteilung innerhalb der ober- und unterirdischen Biomasse ist ein Einfluss der Vorfrucht sichtbar. Nach der abtragenden Triticale (TR) neigen die Zwischenfrüchte zu stärkeren unterirdischen N-Bindung (N_{fBNPP}), was auf das pflanzenphysiologische Prinzip des „funktionellen Gleichgewichts“ (functional equilibrium) hindeutet. Demnach wird eine negative Korrelation zwischen Nährstoffverfügbarkeit im Boden und Wurzelbildung angenommen. Die Ergebnisse in Abbildung 1 bilden hierzu ergänzend die N-Verfügbarkeit im Boden ab. Hier zeigen sich die Boden- N_{MIN} -Werte nach TR gegenüber ER überall als verringert. Insgesamt konnten die Zwischenfrüchte gegenüber der Kontrolle SB die N_{MIN} -Werte bis zum November um 60 % signifikant senken und somit das N-Auswaschungspotenzial über Winter minimieren. Statistische Unterschiede innerhalb der Zwischenfrüchte konnten aber nicht festgestellt werden. Weiterhin zeigten die Zwischenfruchtvarianten im März im Vergleich zum November überwiegend höhere N_{MIN} -Werte an.

GS stellt hier tendenziell am meisten Boden-Stickstoff der Folgekultur zur Verfügung. Dies weist ebenfalls auf eine frühzeitigere Mineralisierung der abgestorbenen Pflanzenbestandteile bei GS hin.

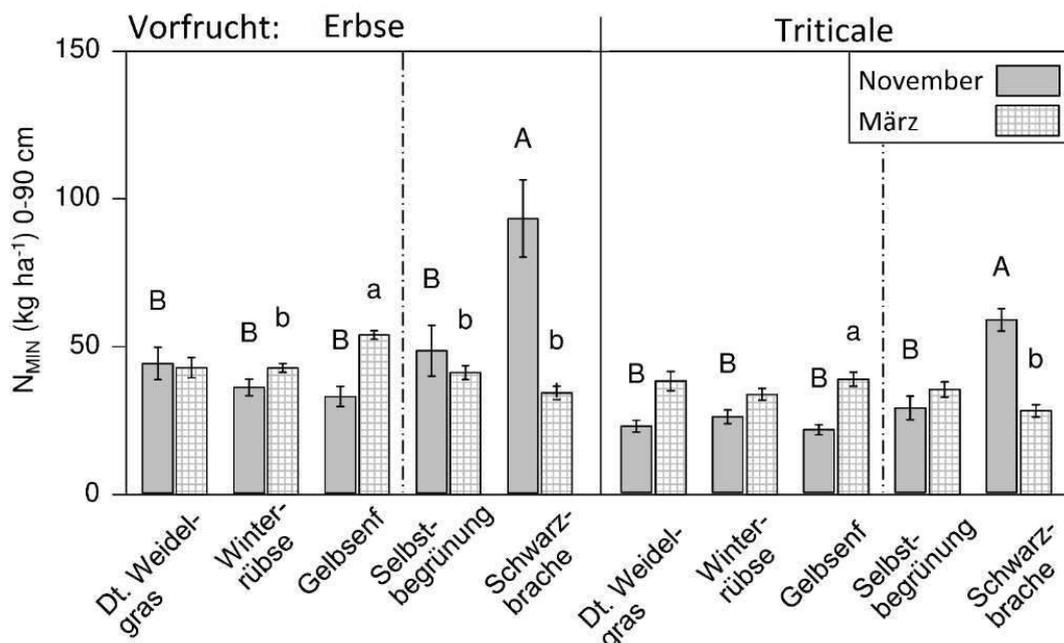


Abb. 1: Boden- N_{MIN} -Werte ausgewählter Zwischenfrüchte nach den Vorfrüchten Erbse und Triticale im Mittel über die zwei Anbaujahre (kg N ha^{-1}).

Schlussfolgerungen

Es bestätigte sich, dass insbesondere beim Körnerleguminosenanbau mit höheren N-Verlusten in der Nachernteperiode zu rechnen ist. Hier führte der nachgestellte Anbau von ZF zu einer nennenswerten Minimierung der unerwünschten systemaren N-Austräge. Der Anbau von nicht winterharten ZF stellt sich unter den norddeutschen Witterungsbedingungen allerdings als unvorteilhaft heraus. Eine vorzeitige Mineralisierung des zuvor gebundenen N kann hier bereits während der ZF-Periode zu einer frühzeitigeren N-Freisetzung und somit zu Verlusten führen. Unter Berücksichtigung aller Untersuchungsparameter zeigt die winterharte Untersaat-ZF das größte Potenzial für einen erfolgreichen N-Transfer über den Winter. Die im Verhältnis ausgeprägtere Wurzelbildung wirkte diesbezüglich begünstigend. Dies könnte sich langfristig auch positiv auf die Humusbilanz auswirken. Daher findet derzeit eine Auswertung der Studie unter Berücksichtigung der Kohlenstoffeinträge statt.

Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2016): Ackerbohne, Erbse & Co. Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft.
URL: <www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EiweisspflanzenstrategieBMEL.pdf?__blob=publicationFile> (Abruf: 15.04.2018)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2016): Zukunftsstrategie ökologischer Landbau - Impulse für mehr Nachhaltigkeit in Deutschland
URL: <www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Zukunftsstrategie-%C3%B6kologischer-Landbau.pdf?__blob=publicationFile> (Abruf: 15.04.2018)
- DESTATIS (2011 & 2017): *Agrarstrukturerhebung. Blatt 1101 T & 1302 R*
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., MUNDUS, S. & JENSEN, E. S. (2009): Nitrogen dynamics following grain legumes and subsequent catch crops and the effects on succeeding cereal crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 84(3), 281-291.
- 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.
- KAYE, J. P. & QUEMADA, M. (2017): Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(1), 4.
- LEITHOLD ET AL. (2017): *Stickstoff und Schwefel im ökologischen Landbau*. Verlag Dr. Köster Berlin. ISBN 978389574882
- MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT, NATUR UND DIGITALISIERUNG DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (MELUND) (2017): *Richtlinien für die Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung (MSL)*:
URL: <www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/Foerderungweiser/Downloads/10_RiLi_29122017.pdf?__blob=publicationFile&v=4> (Abruf: 17.04.2018)
- MOHRLOK, U. (2009): *Bilanzmodelle in der Grundwasserhydraulik*. Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, S. 120ff. 10.5445/KSP/1000012015
- STEINGROBE, B., SCHMID, H. & CLAASSEN, N. (2000): The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops—influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163(6), 617-622.
- VALKAMA, E., LEMOLA, R., KÄNKÄNEN, H. & TURTOLA, E. (2015): Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 93-101.