

Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den zeitlichen Verlauf von N-Verlusten

J. HÖSCH und G. DERSCH

Abstract

To minimise nitrogen losses the amount of manure or fertiliser applied should be closely matched to the crop production potential. As nitrogen leaching is unavoidable in humid regions cover crops offer the opportunity to manage the residual soil mineral nitrogen properly. The in time establishment of cover crops could decrease nitrate leaching to the low level of 18 kg N*ha⁻¹ compared to 48 kg N*ha⁻¹ on bare soil. On condition that N fertiliser rates are adequate cover crops are more efficient in reducing nitrate leaching (17 kg N*ha⁻¹) than single measurements such as drastic N input restrictions but without catch crops (42 kg N*ha⁻¹). As cover crops are only a temporarily store for nitrogen the N inputs to the subsequent crops should be reduced in equivalence to maintain their effective contributions in the improvement of ground water quality.

1. Einleitung

Vor allem Ackerflächen sind die Hauptursache für den Stickstoffaustrag ins Grundwasser. Es muss deshalb vorrangiges Ziel sein, dieses Risiko durch geeignete Formen der Bewirtschaftung zu vermindern. Insbesondere der Ausbringungszeitpunkt, die Menge und Form der

Dünger sowie die Art und Zeit der Bodenbedeckung sind von entscheidender Bedeutung, in welchem Ausmaß Stoffe ins Grundwasser verloren gehen.

Am Versuchsstandort Wolfpassing ist seit dem Oktober 1990 eine Sickerwassersammleranlage installiert. In Verbindung mit entsprechenden Feldversuchen wurde in den letzten zwölf Jahren der Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Stickstoffaustrag untersucht.

2. Material und Methode

Der Versuchsstandort der vorliegenden Untersuchungen liegt im NÖ-Alpenvorland in der Nähe von Wieselburg auf einer Seehöhe von 295 m. Klimatisch wird dieser Standort durch Jahresgesamtniederschläge von etwa 900 mm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von ca. 8,3° C gekennzeichnet. Eine detaillierte Zusammenstellung der Charakteristika des Standortes sowie der eingesetzten Sickerwassersammler (Einbautiefe 1,4 m, installierter Unterdruck 0,3 bar) findet sich in DACHLER (1992) und BÖHM et al. (1999).

Die Anlage wurde im Herbst 1990 in Betrieb genommen. Auf der Versuchsfläche wurde ab dem Frühjahr 1991 eine intensive Ackerfruchtfolge mit den Kul-

turen Körnermais (KM), Sommergerste (SG), Winterweizen (WW) und Zuckerrübe (ZR) getestet (siehe *Tabelle 1*). Das Hauptaugenmerk der Versuchsserie lag beim Einfluss des Zwischenfruchtbaus (ZF) auf dem Nitratstickstoffverlust ins Sickerwasser. Jeweils vor den Hackfrüchten wurden unterschiedliche Begrünnungsvarianten angebaut. Gleichzeitig wurde in diesen Jahren die Düngung (keine Düngung, mineralische N-Düngung, organische Düngung) variiert. In den restlichen Jahren wurden die Kulturen einheitlich mit Stickstoff (mineralisch) gedüngt. Im Versuchszeitraum erfolgte 1996 nach der Ernte der Sommergerste eine einmalige Planänderung. Eine detaillierte Zusammenstellung der jeweiligen Prüfglieder beider Versuchszeiträume ist in BÖHM et al. (1999) und DERSCH und HÖSCH (2001) zu finden.

Im folgenden werden Auswertungen von ausgewählten, in *Tabelle 2* angeführten, Varianten über den gesamten Zeitraum dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1 Niederschlag und Sickerwasseranfall

Ausgehend von den hohen Niederschlagsmengen in dieser Region (im Mittel im Versuchszeitraum 908 mm pro

Tabelle 1: Fruchtfolge im Versuchszeitraum 1991 bis 2002

Kultur	1991	1992	1993	1994	1995	1996 ¹	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	KM	SG ±ZF	KM	SG ±ZF	KM	SG ±ZF	ZR	WW ±ZF	SG ±ZF	KM	WW ±ZF	KM

¹ Versuchsplanänderung nach Ernte der Sommergerste

Tabelle 2: Bewirtschaftung ausgewählter Varianten in den zwei Versuchsperioden (eingesetzte mineralische und organische Düngermengen in kg N pro ha)

Variante	1. Periode (Herbst 1990 bis Sommer 1996)			2. Periode (Herbst 1996 bis Herbst 2002)		
	mineralischer N	Gülle N	Zwischenfrucht	mineralischer N	Gülle N	Zwischenfrucht
A	35	0	NEIN	35	0	JA
B	75	0	NEIN	78	0	NEIN
C	115	0	NEIN	122	0	JA
D	35	55	JA	51	35	JA

Autoren: Dipl.-Ing. Johannes HÖSCH und Dr. Georg DERSCH, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Landwirtschaftliche Untersuchung und Forschung Wien, Institut für Agrarökologie, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Tabelle 3: Mittlere monatliche Niederschlags- und Sickerwassermengen in mm (Okt. 1990 bis Okt. 2002)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Gesamt
Niederschlag	34	43	76	66	90	86	105	92	103	68	74	70	908
Sickerwassermenge	21	22	43	38	26	19	18	25	22	21	27	27	310
in % vom Niederschlag	62	52	57	58	29	22	17	27	22	31	37	38	34

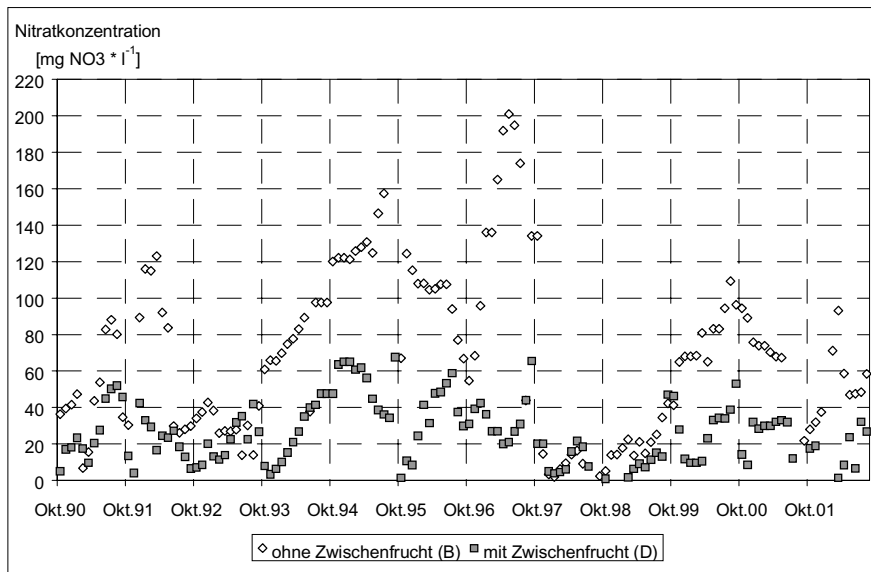


Abbildung 1: Nitratgehalte im Sickerwasser in Abhängigkeit vom Zwischenfruchtanbau (Okt. 1990 bis Okt. 2002)

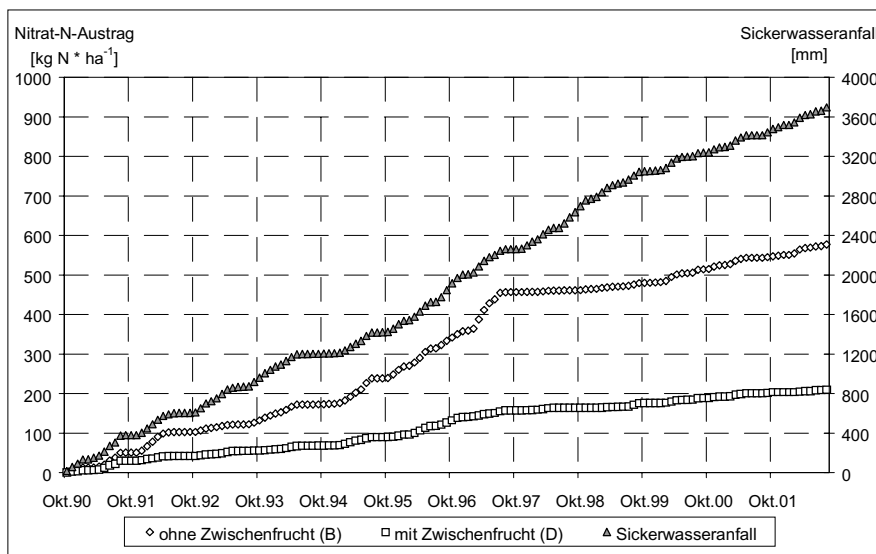


Abbildung 2: Kumulierter Sickerwasseranfall und Nitratstickstoffverlust in Abhängigkeit vom Zwischenfruchtanbau (Okt. 1990 bis Okt. 2002)

Jahr) konnten zwischen den Varianten nur vereinzelt geringe Unterschiede in den Sickerwassermengen festgestellt werden. Diese Unterschiede sind jedoch nicht kausal interpretierbar, da sie zum Teil Varianten betreffen, die im jeweiligen Zeitraum hinsichtlich des Wasser- verbrauchs (begrünt oder nicht begrünt) gleich geführt wurden. Deshalb wurde für die weitere Verarbeitung der Daten

ein Mittelwert berechnet, in den die Ergebnisse aller auswertbaren Sickerwassersammler eingingen. In Tabelle 3 sind die mittleren monatlichen Sickerwassermengen den durchschnittlichen Niederschlagsmengen gegenübergestellt. In den Monaten November bis April finden sich bei hoher positiver klimatischer Wasserbilanz die höchsten Sickerwassermengen. Hingegen werden bei hoher Evapo-

transpiration die Sickerwassermengen in den übrigen Monaten deutlich reduziert, sind aber wegen der hohen Niederschlagsmengen im Vergleich zum pannonischen Gebiet noch als sehr hoch einzustufen. Es zeigte sich, dass bei diesen Niederschlagsmengen beinahe kontinuierlich Sickerwasser anfällt. Lediglich in äußerst trockenen Sommern (z. B. 1994) waren keine Sickerwässer erfassbar (siehe Abbildung 2). Im Mittel des Versuchszeitraumes lag die anfallende Sickerwassermenge bei 34% der Niederschlagsmenge und war somit in einem für diese Region typischen Bereich.

3.2 Einfluss des Zwischenfruchtanbaus auf die Nitratkonzentration und den Nitratstickstoffverlust

Wie aus den Angaben in Tabelle 2 zu sehen ist, wurde jeweils eine Variante über den gesamten Versuchszeitraum ohne (B) bzw. mit (D) Zwischenfrucht geführt. Die Düngung lag in beiden Zeiträumen und bei den beiden Varianten auf einem vergleichbaren Niveau. In Abbildung 1 sind die mittleren monatlichen Nitratgehalte im Sickerwasser dieser Varianten im zeitlichen Verlauf dargestellt. Obwohl diese Varianten in Summe kaum unterschiedlich gedüngt wurden, waren die Nitratgehalte bei Zwischenfruchtanbau durchgehend deutlich niedriger. Es zeigt sich, dass es durch die im zweijährigen Turnus nach Getreide durchgeführten Begrünungen möglich ist, die Nitratgehalte nicht nur im unmittelbaren folgenden Frühjahr, sondern darüber hinaus noch im 2. Jahr deutlich zu reduzieren. Über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet ergibt sich eine mittlere Nitratkonzentration von 25 mg* l^{-1} . Wird auf die Zwischenfrucht verzichtet, so erhöht sich die Nitratkonzentration auf 69 mg* l^{-1} und liegt somit deutlich über dem Nitrat-Grenzwert von 50 mg* l^{-1} . Gleichzeitig ist zu erkennen, dass der Nitratgehalt bei den Varianten, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau, zeitlichen Schwankungen unterliegt: Die

Tabelle 4: Mittlerer monatlicher Stickstoffverlust in kg N*ha⁻¹ in Abhängigkeit vom Zwischenfruchtanbau (Okt. 1990 bis Okt. 2002)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Gesamt
ohne Zwischenfrucht	3,1	3,4	7,8	7,0	5,2	4,2	3,4	3,1	2,0	1,8	3,5	3,7	48,3
mit Zwischenfrucht	1,0	0,9	2,4	2,6	2,1	1,7	1,1	1,8	1,0	0,8	1,1	1,1	17,6

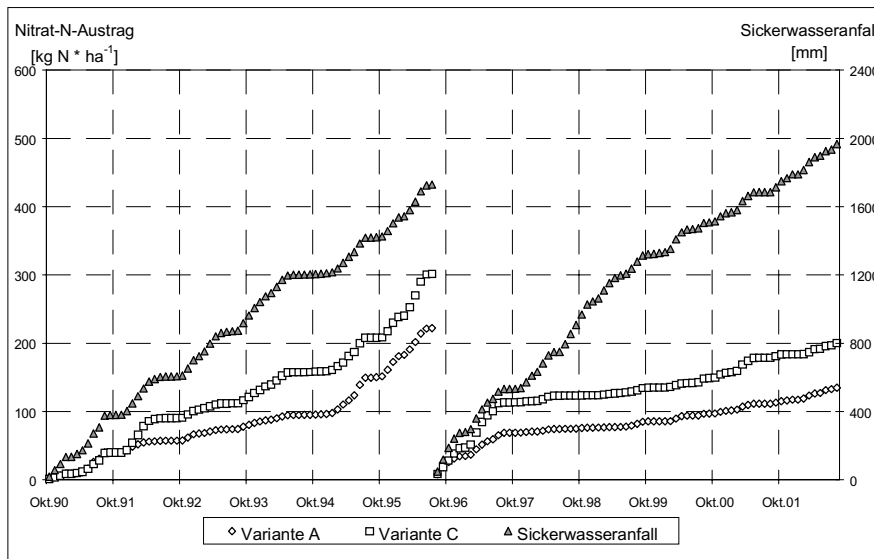


Abbildung 3: Kumulierter Sickerwasseranfall und Nitratstickstoffverlust in Abhängigkeit von der Düngung (Okt. 1990 bis Okt. 2002)

Spitzen bei den Nitratgehalten werden nicht nur vor der intensiven N-Aufnahme der nachfolgenden Hackfrüchte (Frühsommer 1995, 1997, 2000) erreicht, sondern auch noch verzögert im darauffolgenden Jahr. Dies ist darauf zurückzuführen, dass infolge einer fehlenden Begrünung höhere N-Mengen in tiefere Bodenschichten verlagert und von den Maiswurzeln nur unzureichend erschlossen werden können und im folgenden Winterhalbjahr ausgewaschen werden.

Der Stickstoffaustrag (Abbildung 2) spiegelt die unterschiedlichen Nitratgehalte wider. Werden bei Verzicht auf Zwischenfrucht im Mittel pro Jahr rund 48 kg N*ha⁻¹ ausgetragen, so reduziert sich der Austrag bei Zwischenfruchtanbau auf 18 kg N*ha⁻¹. In Tabelle 4 sind die durchschnittlichen monatlichen Austragsraten zusammengefasst. Dabei ist zu erkennen, dass die Austräge im gesamten Jahresverlauf differenzieren, zwei Drittel des Unterschiedes kommen jedoch in den ersten beiden Quartalen (Jänner - Juni) zustande (jeweils rund 10 kg N*ha⁻¹). Die angebaute Zwischenfrucht bindet im Spätsommer und Herbst den im Boden frei verfügbaren Stickstoff (Reststickstoff und durch Mineralisie-

rung frei werdender Stickstoff) und verhindert somit dessen Verlagerung in tiefere Schichten. Fehlt die Zwischenfrucht so äußert sich dies in höheren Austragsraten jeweils in den ersten beiden Quartalen der folgenden 2 Jahre.

3.3 Einfluss der Düngung auf den Stickstoffverlust

In Abbildung 3 sind die Sickerwassermengen und Stickstoffverluste der in den beiden Versuchsperioden unterschiedlich gedüngten Varianten A und C dargestellt. Die Sickerwassermengen lagen mit jährlich 292 mm in der ersten und 322 mm in der zweiten Versuchsperiode auf gleichem Niveau. Mit einer durchschnittlich gedüngten Menge von 35 kg N*ha⁻¹ (A) wurden in der ersten Versuchsperiode 222 kg N*ha⁻¹ und in der zweiten 135 kg N*ha⁻¹ ausgetragen. Die deutlich höheren Düngermengen bei Variante C führten zu Austrägen von 301 kg N*ha⁻¹ bzw. 201 kg N*ha⁻¹.

Aus dem zeitlichen Verlauf des N-Austrages ist erkennbar, dass die höchsten Austräge im ersten Versuchszeitraum bei beiden Varianten immer zu bzw. nach Perioden geringer N-Aufnahme zu finden sind. Der Verlauf ist somit vergleich-

bar mit der unter Pkt. 3.2 beschriebenen Variante B ohne Zwischenfrucht.

Die im Sommer 1996 (nach der Ernte der Sommergerste) durchgeführte Versuchsplanänderung führte zum Anbau einer Zwischenfrucht bei beiden dargestellten Varianten. Es zeigt sich, dass es durch die erstmalige Anlage einer Zwischenfrucht (im Sommer 1996) nicht möglich ist, den vorhandenen, über Jahre aufgebauten N-Pool, unmittelbar abzuschöpfen. Erst im weiteren Verlauf und durch wiederholten Zwischenfruchtanbau kann der Stickstoff im System Boden - Pflanze gehalten werden.

Die hohen Austragsraten im ersten Jahr der zweiten Versuchsperiode sind somit nicht dieser Periode anzurechnen, sondern als Nachwirkung der ersten Versuchsperiode zu werten. Deshalb wurde in Tabelle 5 das Jahr nach der Versuchsumstellung der ersten Versuchsperiode zugerechnet. Die mittleren jährlichen N-Bilanzen bestätigen die Unterschiede in den N-Austrägen.

Positive Bilanzen von lediglich 11 kg N*ha⁻¹ - wie sie in der ersten Periode bei Variante C zu finden sind - führen zu hohen Austrägen von 60 kg N*ha⁻¹. Zwischenfruchtanbau in Verbindung mit negativen Bilanzen von -13 kg N*ha⁻¹ verringert den N-Verlust auf 17 kg N*ha⁻¹. Auffällig ist, dass selbst bei negativen Bilanzen von -60 kg N*ha⁻¹ bei Verzicht auf Zwischenfruchtanbau Stickstoffausträge von 42 kg N*ha⁻¹ vorliegen. Nur in Verbindung mit Zwischenfruchtanbau können selbst bei stark negativen Bilanzen (-52 kg N*ha⁻¹ bei Variante A) noch geringere Austräge (14 kg N*ha⁻¹) erreicht werden. Diese Ergebnisse belegen, dass die Auswaschung von Stickstoff nicht primär von dessen Zufuhr, sondern von der Dauer der Bodenbedeckung mit Pflanzen abhängt. Denn selbst minimale N-Einträge von 30 kg pro Jahr ohne Zwischenfrucht weisen einen höheren N-Austrag auf als Einträge von 118 kg mit Zwischenfrucht. Die Tabelle 5 zeigt auch, dass Nitratkonzentrationen unterhalb des Grenzwertes von 50 mg*l⁻¹ un-

Tabelle 5: Mittlere jährliche N-Einträge (mineralisch und organisch), N-Entzüge, N-Bilanzen und N-Austräge in kg N*ha⁻¹ und Nitratkonzentrationen (mg*l⁻¹)

Zeitraum Variante	Okt. 1990 bis Juli 1997		Aug. 1997 bis Sep. 2002	
	A	C	A	C
N-Eintrag	30	119	42	118
N-Entzug	90	107	94	131
N-Bilanz	-60	11	-52	-13
N-Austrag	42	60	14	17
NO ₃ -Konzentration	57	81	21	27

abhängig von der ausgebrachten Düngermenge nur durch die Anlage von Zwischenfrüchten erreicht werden können.

4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse bestätigen den in Österreich eingeschlagenen Weg, im Rahmen von Agrarumweltprogrammen Maßnahmen mit eher moderaten N-Düngungsobergrenzen (ÖPUL2000-Maßnahme 'Reduktion ertragssteigernder Betriebsmittel auf Ackerflächen') bei einer Reihe

von Kulturen (z. B. Mais 150 kg N*ha⁻¹, Winterweizen 130 kg N*ha⁻¹, Körnererbsen 140 kg N*ha⁻¹ usw.) anzubieten. Damit werden je nach Standort und dem, vom jährlichen Witterungsverlauf abhängigen, Ertragsniveau leicht positive bis leicht negative N-Bilanzen erzielt.

In großem Umfang wird diese Maßnahme in der Praxis mit einem zumindest 20%igen Begrünungsanteil der Ackerfläche (ÖPUL2000-Maßnahme 'Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Win-

ter') kombiniert. Wie die Ergebnisse zeigen, ist diese Kombination der richtige Weg um eine deutliche Reduktion der N-Austragsmengen zu erreichen. Um die Effizienz der Maßnahme 'Reduktion ertragssteigernder Betriebsmittel im Ackerbau' zu steigern, sollte deshalb eine obligatorische Verknüpfung mit der Maßnahme 'Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter' erfolgen.

5. Literatur

- BÖHM, K., G. DERSCH und J. HÖSCH, 1999: Wirkung von Zwischenfruchtanbau bei unterschiedlicher Düngung auf Maisertrag und Stoffaustrag (N, Ca, Mg, Cl) im Lysimeterversuch. Bericht 8. Lysimetertagung, 87-92.
- DACHLER, M., 1992: Was können Krumenlysimeter? Bericht 2. Lysimetertagung, 33-38.
- DERSCH, G. und J. HÖSCH, 2001: Wirkung unterschiedlicher Begrünungen (mit Leguminosen, abfrostend, winterhart) in Kombination mit Gülle auf den N-Austrag und die Düngewirkung im N.Ö. Alpenvorland. Bericht 9. Lysimetertagung, 149-125.