

ÖPUL-Maßnahmen und deren Einfluss auf die Stoffverlagerung im Lysimeterversuch

J. HÖSCH

Abstract

The impact of different sowing dates of cover crops and different N-fertilization rates on the transfer-rate of nitrogen were tested in a lysimeter experiment in the semiarid area of Austria during five years.

The results shows that sowing dates of cover crops straight after the harvest of the main crop enabled the preservation of nutrient in cover crop biomass and kept the nutrient pool in upper soil layers. A further positive effect was the reduction of water saturation in certain soil layers by cover crop. At the same time the conservation of nitrogen in organic matter increased the mineralization capability of the soil. In this case the concurrence of optimal conditions for mineralization, high precipitation and short time of N-uptake could be a high risk of nitrogen leaching in sandy soils.

An opposed situation we found on clayey soils. The high storage capacity of water at this soil effectuated no nitrogen leaching during the five years of the experiment. There was only a slight increase of nitrate contents in deep soil layers. The results shows, that lower N-fertilization rates tends to result in lower nitrate contents in a depth of 180 cm.

Einleitung

In Österreich nehmen 74 % aller land- und forstwirtschaftlichen Betriebe mit landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) am Umweltprogramm (ÖPUL) teil. Die vom Programm erfassten Flächen (ohne Berücksichtigung der Almflächen) betragen rund 2,25 Mio. ha, das sind 88 % der LN Österreichs (Basis jeweils 2002). In den Ackerbaugebieten des nordöstlichen Flach- und Hügellandes dominieren aus dem gesamten ÖPUL-Paket vor allem zwei Maßnahmen: 'Begrünung von Ackerflächen' und 'Reduktion Ertrags-

steigernder Betriebsmittel auf Ackerflächen'. Beide Maßnahmen werden in verhältnismäßig hohem Ausmaß im angesprochenen Produktionsgebiet angenommen. Ziel der beiden Maßnahmen ist die N-Konservierung durch Anlage von Zwischenfrüchten bzw. eine Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes durch eine kulturartenspezifische N-Düngung.

Material und Methode

Lysimeter

Die Lysimeteranlage der AGES liegt ebenso wie das Produktionsgebiet Marchfeld im Hauptproduktionsgebiet nordöstliches Flach- und Hügelland. Somit können die Untersuchungen unter denselben klimatischen Einflüssen wie sie im Marchfeld vorliegen untersucht werden. Die Jahresgesamtniederschläge bewegen sich zwischen 500 und 550 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur liegt um 9,5 °C.

Die Lysimeteranlage besteht aus 18 zylindrischen Lysimetern mit einem Durchmesser von 1,96 m und einer sich daraus ergebenden Bodenoberfläche von 3,02 m². Jedes Lysimeter hat eine Höhe von 2,5 m. Die Lysimeter wurden mit Böden aus dem Raum Fuchsenbigl im Marchfeld befüllt, wobei ein 'tiefgründiger Tschernosem' (T), ein 'sandiger Tschernosem' (S) und eine 'Feuchtschwarzerde' (F) ausgewählt wurden. Jeweils 6 Lysimeter sind mit demselben Bodentyp befüllt.

Die technische Ausstattung der Anlage ermöglicht die kontinuierliche Aufzeichnung von Wassergehalt, Saugspannungen, Temperatur in 30 cm Abständen bis

in eine Tiefe von 210 cm sowie die Erfassung der Sickerwassermenge.

Das abfließende Sickerwasser wird in Auffangbehältern gesammelt und im zweiwöchigen Rhythmus werden - wenn vorhanden - Proben für die Analytik gezogen. Daneben besteht die Möglichkeit aus den oben angeführten Tiefenstufen Bodenlösung mittels Saugkerzen zu gewinnen. Einmal monatlich wird Unterdruck angelegt und Proben werden - wenn es die Wasserverhältnisse in den Lysimetern zulassen - gezogen. Detaillierte Anlagenbeschreibungen finden sich im Bericht zur 6. Gumpensteiner Lysimetertagung (DACHLER, 1996; GERZABEK und KRENN, 1996; KRENN und KLAGHOFER, 1996; SCHWABACH und ROSENKRANZ, 1996) sowie der DBG-Mitteilung 85 (BÖHM und HÖSCH, 1997).

Versuchsaufstellung

Im Verlauf der Versuchstätigkeiten an der Lysimeterstation Hirschstetten wurden bis dato zwei Forschungsprojekte bearbeitet. Zu Beginn stand die Frage des Zwischenfruchtanbaues im Vordergrund. Dabei wurden insbesondere die Frage von Anbau- und Umbruchzeitpunkt bearbeitet. Eine detaillierte Darstellung dieser Versuchsperiode findet sich im Bericht zur 9. Gumpensteiner Lysimetertagung (BÖHM und HÖSCH, 2001). Im zweiten Projekt lag der Schwerpunkt bei unterschiedlichen N-Mengen: Zum einen wurde nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (RLSD) gedüngt, zum anderen nach den Höchstmengen der Maßnahme 'Reduktion Ertragssteigernder Betriebsmittel im Ackerbau'. Im Zuge der veränderten Fragestellungen

Tabelle 1: Fruchtfolge im Versuchszeitraum 1998 bis 2003

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Kultur	SG+ZF	SW+ZF	SG	WW+ZF	K	KM

Autor: Dipl.-Ing. Johannes HÖSCH, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Landwirtschaftliche Produktionsgrundlagen, Zentrum Versuchswesen, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Tabelle 2: N-Mengen 1998 bis 2003 in Abhängigkeit vom Bodentyp

	¹⁾	1998 (SG)	1999 (SW)	2000 (SG)	2001 (WW)	2002 (K)	2003 (KM)
Sandiger Tschernosem	RLSD	50	120 (70+50)	50	80 (30+30+20)	102 (60+42)	95 (30+65)
	ÖPUL	50	120 (70+50)	50	80 (30+30+20)	102 (102+0)	95 (34+61)
Tiefgründiger Tschernosem	RLSD	50	120 (70+50)	50	120 (40+40+40)	147 (80+67)	160 (50+110)
	ÖPUL	50	120 (70+50)	50	120 (40+40+40)	115 (80+35)	135 (40+95)

¹⁾ **Ab 2002 RLSD:** Düngung nach den Richtlinien der sachgerechten Düngung; **ÖPUL:** Düngung nach Kulturartenspezifischen Obergrenzen der Maßnahme 'Reduktion Ertragssteigernder Betriebsmittel auf Ackerflächen'; beim sandigen Tschernosem wurde ein stabiler N-Dünger verwendet

Tabelle 3: Bewirtschaftung ausgewählter Lysimeter in den zwei Versuchsperioden

Lysimeter	Projekt 1	Projekt 2
S01, T15	A ¹⁾	RLSD
S16, T12	A	ÖPUL
S13, T09	B	RLSD
S10, T12	B	ÖPUL

¹⁾ A: früher Anbauzeitpunkt (Mitte Aug.), Umbruch Anfang Dezember; B: später Anbauzeitpunkt (Mitte Sep.), Umbruch im darauf folgenden Frühjahr

war eine Umstellung des Versuchsplanes notwendig, sodass eine Auswertung der Ergebnisse über den gesamten Zeitraum von 1998 bis 2003 auf Basis von einzelnen Lysimetern notwendig ist.

Als Auswertungszeitraum wurde die Zeit von August 1998 bis einschließlich Juli 2003 gewählt. In diesem Zeitraum wurde die in Tabelle 1 angeführte Fruchtfolge angebaut. In Tabelle 2 sind die ausgebrachten Stickstoffmengen der einzelnen Prüfglieder angeführt und Tabelle 3 zeigt die Bewirtschaftung der in der Auswertung verwendeten Lysimeter in den zwei Projektphasen.

Ergebnisse und Diskussion

Niederschlag und Sickerwasseranfall

In Tabelle 4 und Abbildung 1 sind die relevanten Angaben von Niederschlag und dem angefallenen Sickerwasser bei den Lysimetern mit sandigem Tschernosem dargestellt. Die Zeiträume 1999/00 und 2000/01 sind als "trockene" Jahre und die anderen als "feuchte" Jahre einzustufen. Ebenfalls angeführt sind die Bewässerungsmengen die vor allem in den letzten beiden Jahren zu Kartoffel und Körnermais in zum Teil unterschiedlichen Mengen gegeben wurden. Bedingt durch die unterschiedlichen Anbauzeitpunkte (Mitte August gegenüber Mitte September) und die damit einhergehenden unterschiedlichen Aufwuchsmengen er-

gaben im ersten Projektjahr sehr unterschiedliche Sickerwassermengen. Im zweiten Projektjahr traten diese Unterschiede durch den um rd. 110 mm niedrigeren Niederschlag und der trockenen Periode zwischen den beiden Anbauzeiten nicht auf. In den folgenden Jahren sind recht einheitliche Sickerwassermengen zu beobachten. Geringfügige Unterschiede sind zwar nach wie vor gegeben, können aber nur vereinzelt einer pflanzenbaulichen Maßnahme zugeordnet werden (z.B. höherer Kartoffelertrag bei Lysimeter S01 gegenüber den andern Lysimetern um rd. 50-100 dt/ha). Über den gesamten Zeitraum betrachtet bewegte sich der Sickerwasseranfall

zwischen 15 % und 20 % der eingebrachten (Niederschlag und Bewässerung) Gesamtmenge. Diese Mengen sind für den Standort eher untypisch hoch, zeigen aber auch deutlich, dass selbst im Trockengebiet bei einem Boden mit geringer Speicherfähigkeit durchaus hohe Sickerwassermengen anfallen können. Im Gegensatz dazu fiel bei den Lysimetern mit tiefgründigem Tschernosem lediglich im ersten Jahr und nur bei den Lysimetern mit spätem Anbauzeitpunkt der Zwischenfrucht Sickerwasser an (die Mengen lagen bei rd. 75 mm pro Lysimeter). Im übrigen Zeitraum - selbst bei hohen Niederschlagsmengen (bzw. Bewässerungsmengen) - konnte kein Si-

Tabelle 4: Jährliche Niederschlags- und Sickerwassermengen in mm (jeweils August bis Juli)

	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	Gesamt
Niederschlag	553,9	440,1	478,0	539,0	588,8	2.599,8
Beregnung (S01; S13)	0,0	0,0	33,0	154,0	60,0	247,0
Beregnung (S10; S16)	0,0	0,0	33,0	104,0	60,0	197,0
Sickerwasser S01	102,5	11,9	55,0	40,5	214,7	424,5
Sickerwasser S16	89,5	16,7	79,3	51,7	239,4	476,5
Sickerwasser S13	169,2	22,5	67,5	60,1	250,2	569,5
Sickerwasser S10	153,9	15,4	72,0	45,8	224,9	512,0

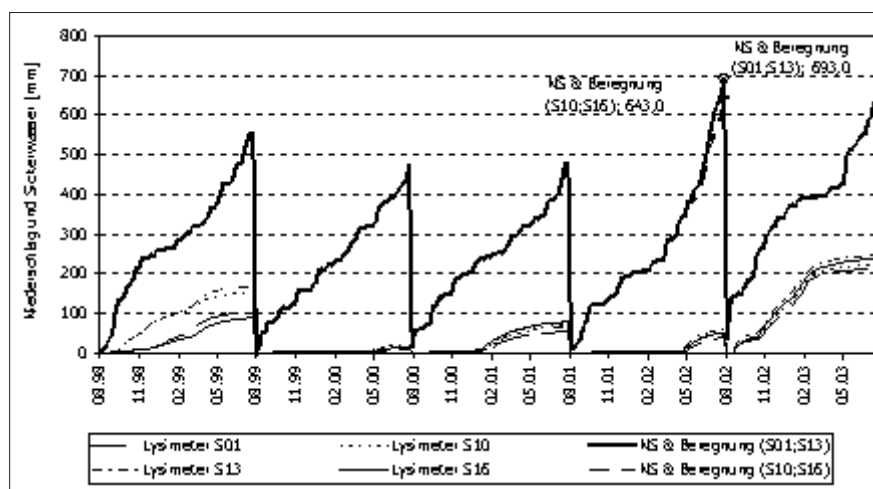


Abbildung 1: Kumulierte jährliche Niederschlags- und Sickerwassermengen im Verlauf von 1998-2003 (jeweils von August bis Juli)

Tabelle 5: Jährliche kulturartenspezifische N-Bilanzen und N-Aufnahme durch die Zwischenfrucht einzelner Lysimeter

Lysimeter	ZF ¹⁾	SW 1999	ZF ¹⁾	SG 2000	WW 2001	ZF ¹⁾	K 2002	KM 2003	Gesamt
S01	24	19	47	11	38	22	13	28	109
S16	64	37	57	15	28	36	28	26	134
S13	21	27	30	7	35	29	28	37	134
S10	28	32	33	8	34	31	9	35	118
T15	96	-22	64	5	17	68	68	39	106
T12	57	-27	98	2	25	61	62	-2	60
T09	89	-41	47	-11	19	64	32	8	6
T06	89	-37	56	-9	-12	40	57	-21	-24

¹⁾ die Angaben beziehen sich auf die aufgenommene N-Menge durch die Zwischenfrucht; die Aufwuchsmengen wurden nicht abgefahren sondern verblieben auf den Lysimetern!

ckerwasser gewonnen werden. Dies ist in erster Linie auf den intensiven Zwischenfruchtanbau und den damit verbundenen hohen Wasserverbrauch bei gleichzeitigem hohem Speichervermögen des Bodens zurückzuführen. Der Wassergehalt im Profil wurde im Verlauf der Vegetation so stark reduziert, dass nachfolgende Niederschläge vollständig gespeichert werden konnten. Um Aussagen über das Nährstoffverhalten auch beim tiefgründigen Tschernosem tätigen zu können, werden bei den nachfolgenden Auswertungen die Ergebnisse der Bodenlösungsuntersuchungen in 180 cm Tiefe herangezogen.

Stickstoffbilanz

Der Boden des sandigen Tschernosems ist als geringwertiges Ackerland (Bodenmächtigkeit nur rund 1 m, darunter Schotter- und Sandschichten) mit niedriger Ertragslage einzustufen. Obwohl die Stickstoffdüngung im Verlauf der Jahre eher zurückhaltend erfolgte (siehe *Tabelle 2*) kam es zu jährlichen positiven einfachen Stickstoffbilanzen (N-Eintrag (Düngung + Bewässerung) - Entzug (Abfuhr durch Erntegut)). Im Durchschnitt der Jahre lag dieser positive Saldo zwischen 21 und 27 kg (*Tabelle 5*). Die Ursache für die geringen Entzüge ist in der Charakteristik des Bodens zu finden. Durch die geringe Speicherfähigkeit kam es in Trockenphasen immer wieder zu Stresssituationen und führte oft zu einer frühen Abreife der Bestände.

Mit Ausnahme des Lysimeters T15 lagen beim tiefgründigen Tschernosem deutlich niedrigere N-Überschüsse vor, bzw. kam es zu negativen Bilanzen. Insbesondere in den ersten beiden Versuchsjahren ergaben sich negative N-

Bilanzen. Im Jahr 2000 (Kartoffel) waren die Aufwuchsmengen zu gering (hoher Kartoffelkäferdruck), um den gedüngten Stickstoff aufzunehmen. Unterschiede zwischen den Varianten nach ÖPUL und nach RLSD konnten im Jahr 2003 festgestellt werden. Hier lagen die Bilanzen bei den Lysimetern nach ÖPUL (T06 und T12) im leicht negativen Bereich, nach RLSD (T09 und T15) hingegen im leicht positiven Bereich. Obwohl auch beim tiefgründigen Tschernosem keine Spitzenerträge und -entzüge erzielt werden konnten, lagen diese wegen der besseren Speicherfähigkeit doch deutlich höher als beim sandigen Tschernosem.

Nitratgehalt und Stickstoffmengen

Wie oben angeführt fielen nur beim sandigen Tschernosem im Verlauf der fünf Projektjahre kontinuierlich Sickerwassermengen an. In *Abbildung 2* sind die Nitratgehalte und Austragsmengen beim sandigen Tschernosem dargestellt. Es zeigt sich, dass vor allem im ersten Projektabschnitt deutliche Unterschiede in den Nitratgehalten und Austragsmengen zu finden sind. Als Ursache dafür sind die unterschiedlichen Anbauzeitpunkte der Zwischenfrucht anzusehen. Dies wurde bereits in BÖHM und HÖSCH, 2001 ausführlich beschrieben.

Mit Umstellung der Versuchsstruktur im Jahr 2001 glichen sich die Nitratgehalte im Verlauf des Jahres 2002 einander an. Eine Differenzierung der Nitratgehalte ist ab diesem Zeitpunkt nicht mehr zu erkennen. Die oben beschriebenen hohen Niederschlags- und Beregnungsmengen führten im Wirtschaftsjahr 2002/03 zu sehr hohen Austragsraten bis zu 160 kg N/ha bei Nitratgehalten von

200-250 mg NO₃/l (mit Spitzenwerten bis zu 400 mg NO₃/l). Wie in *Tabelle 2* beschrieben, wurden beim sandigen Tschernosem die gleichen Gesamtmenngen gedüngt. Lediglich der Ausbringungszeitpunkt und die Düngerform (bei der Variante nach ÖPUL wurde ein stabilerer N-Dünger verwendet und die gesamte Menge wurde auf einmal ausgebracht) wurden variiert.

Die Nitratgehalte und Austragsraten bei den Lysimetern S10 und S13 verliefen über den gesamten Versuchszeitraum einheitlich und es konnte insbesondere im zweiten Versuchsabschnitt kaum eine Differenzierung zwischen den Varianten festgestellt werden. Hingegen war dies bei den Lysimetern S01 und S16 lediglich im ersten Abschnitt der Fall. Im zweiten Zeitraum kam es zu deutlichen Unterschieden sowohl beim Nitratgehalt als auch bei den Austragsmengen. Entgegen den Erwartungen waren dabei die Werte beim Lysimeter S01 (RLSD) deutlich niedriger als beim Lysimeter S16 (ÖPUL).

Die Ursache dafür ist in der 'Vorgeschichte' der Lysimeter zu suchen und nicht unmittelbar im Austragsjahr. Beim Lysimeter S01 wurden im gesamten Zeitraum durch Zwischenfrüchte 93 kg N/ha gebunden, beim Lysimeter S16 hingegen 157 kg N/ha (*Tabelle 5*). Gleichzeitig lagen bei beiden Lysimetern durchgängig positive N-Bilanzen vor. Deshalb ist davon auszugehen, dass der organisch gebundene Stickstoff zum größten Teil im System verblieben ist, da auch die Austragsraten in den ersten Jahren bei den entsprechenden Lysimetern relativ niedrig und einheitlich waren. Erst im letzten Versuchsabschnitt (2002/03) kam es zu sehr hohen Sickerwassermengen und damit zu hohen Austragsmengen. Ständig feuchte Bedingungen (intensive Bewässerung bei der Kartoffel) in den Sommermonaten führten zu hohen Mineralisierungsraten - mit einem höheren Potential bei Lysimeter S16. Die so freigesetzten N-Mengen konnten jedoch von der Kartoffel nicht aufgenommen werden und wurden schließlich durch die hohen Herbstniederschläge 2002 bei gleichzeitiger Schwarzbrache nach unten verlagert und ausgetragen.

Für die Auswertungen beim tiefgründigen Tschernosem wurde die Boden-

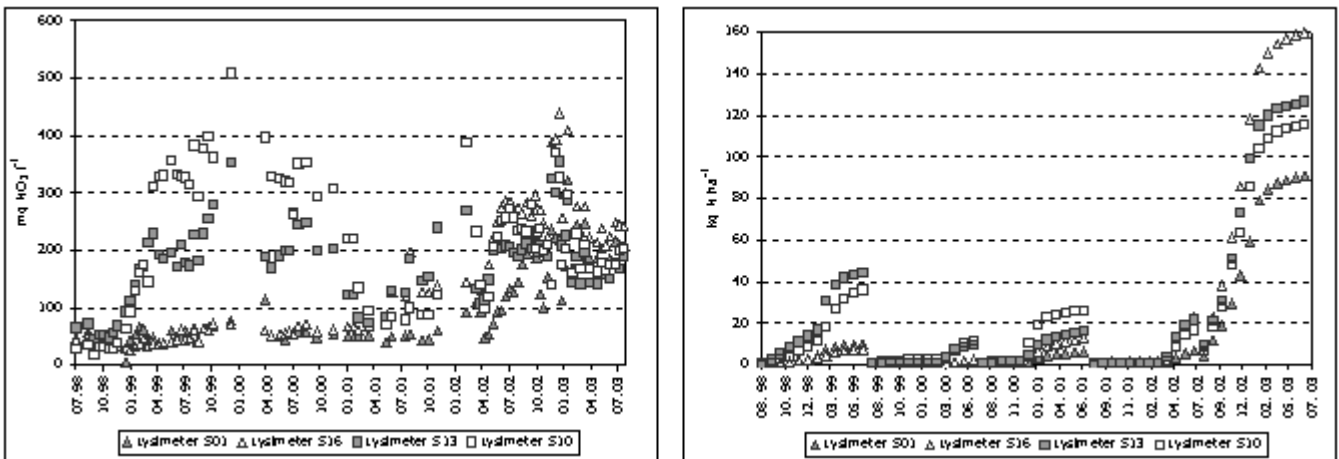


Abbildung 2: Nitratgehalt im Sickerwasser der Lysimeter mit sandigem Tschernosem (links) sowie kumulierte jährliche Stickstoffmengen im Sickerwasser (rechts) im Verlauf von 1998 bis 2003

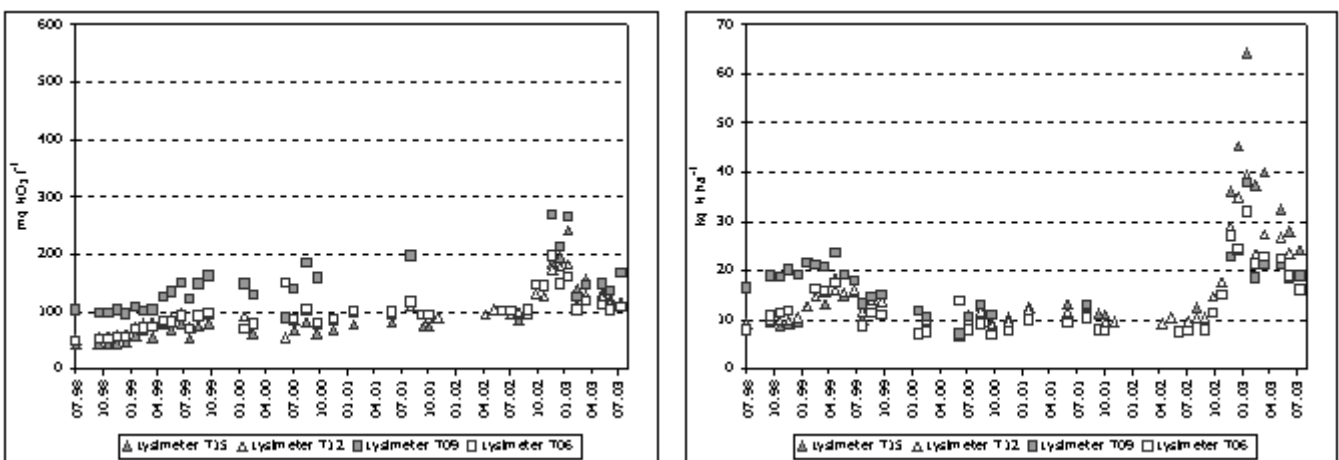


Abbildung 3: Nitratgehalt in 180 cm Tiefe der Lysimeter mit tiefgründigem Tschernosem (links) sowie pflanzenverfügbare Stickstoffmengen in einer Bodenschicht von 30 cm (165 - 195 cm) (rechts) im Verlauf von 1998 bis 2003

schicht von 165 bis 195 cm Tiefe mit dem Messpunkt in 180 cm Tiefe herangezogen. Mit Hilfe der Wassergehaltmessungen und den Nitratgehalten der Bodenlösungen wurden die in dieser Schicht vorhandenen pflanzenverfügbaren Stickstoffmengen errechnet. In *Abbildung 3* sind Ergebnisse der Untersuchungen und Berechnungen dargestellt. Es zeigt sich, dass es bei diesem Bodentyp und in dieser Tiefe nur zu geringfügigen Schwankungen im Verlauf der Zeit kommt. Die Nitratgehalte liegen über einen langen Zeitraum rund um 100 mg NO_3/l . Erst im letzten Abschnitt steigen die Gehalte an, fallen dann aber wieder ab. Ähnlich verhält sich die Situation bei den pflanzenverfügbaren N-Mengen in dieser Bodenschicht. In Abhängigkeit vom Wassergehalt liegen in der 30 cm Schicht N-Mengen von 10 bis 20 kg N/ha vor. Erst zum Ende des Auswertungszeitraumes sind kurzfristig Mengen von rund 40 kg N/ha zu finden.

Auswirkungen der unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen sind bei diesem Bodentyp nur tendenziell erkennbar. So liegen beim Lysimeter T15 die höchsten positiven N-Salden und auch die höchsten N-Mengen im Bodenprofil vor. Die Lysimeter T09 und T15 (gedüngt nach RLSD) weisen im letzten ausgewerteten Jahr geringfügig höhere Nitratgehalte auf als die nach ÖPUL bewirtschafteten Lysimeter (T06, T12). Eine abgesicherte Aussage über den Einfluss der reduzierten Düngung auf die N-Anreicherung im Boden kann aber bis jetzt nicht gemacht werden.

Generell muss beim tiefgründigen Tschernosem angemerkt werden, dass durch die hohe Speicherfähigkeit des Bodenprofils im Verlauf der bisherigen Versuchstätigkeit keine nennenswerten Änderungen im Nitratgehalt bzw. in den N-Mengen in der Tiefe 180 cm festgestellt werden konnten. Im Gegensatz zum sandigen Tschernosem können Bi-

lanzüberschüsse nicht unmittelbar verifiziert werden. Da beim tiefgründigen Tschernosem ein durchgängiges sehr speicherfähiges Bodenprofil vorhanden ist, kommt es in Trockenperioden immer wieder zu Wasser- und Stofftransporten in höhere Schichten. Dadurch findet auch die Tiefenverlagerung über einen viel längeren Zeitraum statt, sodass bisher keine Aussage über ein eventuelles Austragsrisiko getroffen werden kann. Es ist lediglich festzustellen, dass durch die hohen Niederschlags- und Bewässerungsmengen 2002 die Nitratkonzentrationen und N-Mengen in 180 cm Tiefe gegen Ende des Auswertungszeitraumes angestiegen sind.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse sind eine weitere Bestätigung, dass die Stickstoffverlagerung in tiefe Bodenschichten durch den Anbau von Zwischenfrüchten unmittelbar nach der Ernte der Hauptkultur deutlich ver-

ringert werden kann. Dies trifft sowohl bei seicht- als auch bei tiefgründigen Standorten zu. Gleichzeitig wird aber durch die Konservierung von Stickstoff in organischer Form das Mineralisierungspotential des Standortes erhöht. Dies kann in Abhängigkeit vom Bodentyp, der weiteren Bewirtschaftungsintensität und den folgenden Niederschlagsverhältnissen zu - langfristig gesehen - unterschiedlichen Auswirkungen führen. Bei seichtgründigen Standorten besteht zunehmend die Gefahr, dass nach Jahren guter Stickstoffkonservierung durch den Zwischenfruchtanbau ein Jahr mit extremem Stickstoffaustrag folgt. Auslöser dafür ist das Zusammentreffen von optimalen Voraussetzungen für die Mineralisation, hohen Niederschlagsmengen und nur kurze N-Aufnahmezeiten. Dies war im Versuchsabschnitt 2002/03 der Fall. Hoher Kartoffelkäferdruck führte dazu, dass die Kartoffel bereits ab Ende Juli nur mehr geringe N-Mengen aufnahm. Durch die Bewässerung waren die Voraussetzungen für die N-Mineralisation optimal. Nachfolgende intensive Niederschläge im Herbst trugen dazu bei, dass der mineralisierte Stickstoff rasch in tiefe Schichten verlagert wurde und es zu extrem hohen Austragsraten

kam. Selbst eine Zwischenfrucht unmittelbar nach der Kartoffelernte hätte vermutlich dieses Extremereignis nicht verhindern können, da die Verlagerung sehr rasch erfolgte. Bei extrem seichtgründigen Standorten ist deshalb davon auszugehen, dass beim Zusammentreffen von den oben angeführten Einflussfaktoren derartige Austragsschübe nicht verhindert werden können.

Eine vollkommen gegensätzliche Situation ist hingegen bei tiefgründigen Standorten zu erkennen. Hier zeigte sich, dass, bedingt durch das hohe Speichervermögen des Bodens, derartige Extremereignisse sich nicht unmittelbar in Form von Stickstoffaustrag äußern. Ein geringfügiger Anstieg der Nitratgehalte (ausgehend von einem relativ hohen Niveau von 100 mg NO₃/l) ist in der tiefsten Bodenschicht zu beobachten. Dieser Anstieg ist bei niedrigeren N-Gaben, wie bei der Maßnahme 'Reduktion Ertragssteigernder Betriebsmittel' vorgesehen, tendenziell niedriger. Um einer Akkumulation von Stickstoff in tiefen Schichten entgegenzuwirken ist deshalb bei der Bewirtschaftung tiefgründiger Tschernoseme eine ausgeglichene bzw. leicht negative N-Bilanz bei gleichzeitigem Zwischenfruchtanbau im Abstand von zwei

bis drei Jahren anzustreben. Dies wird durch die derzeit gängige Praxis im Rahmen des ÖPUL in einem großen Ausmaß erreicht und sollte auch in Zukunft zumindest in diesem Umfang bestehen bleiben.

Literatur

- BÖHM, K. und J. HÖSCH, 2001: Der Zwischenfruchtanbau als Instrument der Stoffkonservierung. Bericht über die 9. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irdning, 51-56.
- BÖHM, K., J. HÖSCH und M. DACHLER, 1997: Lysimeteranlage Hirschstetten/Wien - Konzeption - Aufgaben - Ziele. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 85, II, 843-846.
- DACHLER, M., 1996: Entstehungsgeschichte und Konzeption der Lysimeteranlage Hirschstetten. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 27-32.
- GERZABEK, M. und A. KRENN, 1996: Errichtung der Lysimeteranlage Hirschstetten. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 33-36.
- KRENN, A. und E. KLAGHOFER, 1996: Vergleich bodenphysikalischer Kennwerte in der Natur und im Lysimeter. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 37-40.
- SCHWABACH, H. und H. ROSENKRANZ, 1996: Lysimeteranlage Hirschstetten - Instrumentierung und Datenerfassung. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 41-45.

