

Der Zwischenfruchtanbau als Instrument der Stoffkonservierung

K. BÖHM und J. HÖSCH

Abstract

In a lysimeter experiment in the semiarid part of Austria it was found that the loss of nitrogen was depending on precipitation and as a result on seepage water, on soil properties and on sowing date of a cover crop. The point of soil water saturation of the different soil types was rarely respectively not exceeded in the year with low precipitation.

High precipitation during the first year resulted in temporary water saturation, soil water movement and percolation. The precipitation rate in the period from wax-ripe stage of the main crop till the sowing date of cover crop occurred as the critical time for nitrogen movement and loss. Sowing dates straight after the yield 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. The cover crop biomass retained in the soil system and represented after mineralization the nutrient pool for the next main crop. In consequence the early sowing date for cover crop is an efficient instrument to insure nitrogen preservation at locations with shallow soils and low water capacity, which should be implemented in agricultural practice especially in years with high precipitation rates. The lysimeter experiment showed, that frost hardy cover crops had no advantage concerning nitrogen leaching compared to frost tender plants if cereals were grown as following crop.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Der Zwischenfruchtanbau stellt eine Möglichkeit dar, Schwarzbrachezeiten zu verkürzen, in denen zweifellos die Gefahr der Erosion, aber auch des Stoffaustrags in das Grundwasser am

größten ist. Unklarheit besteht allerdings nach wie vor über die Wahl des geeigneten Anbau- und Umbruchtermins. Zweifelhafte Gründe gaben den Anlass, ein Forschungsprojekt am Standort des BFL (Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft) zu diesem Thema durchzuführen.

Zum einen das ÖPUL-Programm (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft), an dem der Landwirt seit 1995 teilnehmen kann und das zum Ziel hat, den Landwirt durch seinen freiwilligen Verzicht auf eine Ertragsmaximierung zugunsten einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Landbewirtschaftung finanziell zu entschädigen.

Die Maßnahme „Fruchtfolgestabilisierung“ und damit einhergehend der Zwischenfruchtanbau wurde am stärksten von den Landwirten im Rahmen der ÖPUL-Förderungsmaßnahmen angenommen. Eine Klärung hinsichtlich der geeigneten Anbau- und Umbruchtermine ist daher von großer wirtschaftlicher Bedeutung und gleichzeitig auch von hoher Relevanz in Hinblick auf die Evaluierung des ÖPUL-Programmes, zu der Österreich von Seiten der EU verpflichtet ist.

Zum andern zählt das Marchfeld mit intensiv geführtem Ackerbau zu jenen Regionen in Österreich, in denen der europaweit gültige Nitratgrenzwert von 50 mg/l im Grundwasser häufig beträchtlich überschritten wird. Die seit 22. Dezember 2000 gültige Wasserrahmenrichtlinie der EU sieht eine zeitliche Limitierung zur Grundwassersanierung vor.

Die Praxis zeigt, dass Maßnahmen zur Grundwassersanierung oftmals unter großer Zeitverzögerung wirksam werden und selbst dann nicht immer im erwarteten Umfang.

Mit Hilfe eines Lysimeterversuchs wurde am BFL, an der Grenze zum Marchfeld, der Einfluss verschiedener Anbau- und Umbruchtermine einer Zwischenfrucht gemäß den Vorgaben des ÖPUL-Programmes auf die Stoffverfrachtung und den Stoffaustrag untersucht. Ziel des Versuches war es, Erkenntnisse für ein optimiertes Zwischenfruchtmanagement zu gewinnen und damit beizutragen den Stoffaustrag und im besonderen den Nitrataustrag in das Grundwasser zu minimieren.

2. Material und Methode

2.1 Lysimeter

Die Lysimeteranlage des BFL besteht aus 18 gestört befüllten Lysimetern. Die drei verschiedenen „Lysimeterböden“ (Sandiger Tschernosem/Calcaric Phaeozem, IS-S/gKi; Feuchtschwarzerde/Gleyic Phaeozem, L-sU; Tiefgründiger Tschernosem/Calcaric Chernozem, IU-sU) stammen aus dem Marchfeld/NÖ. Pro Bodentyp existieren 6 Wiederholungen. Die natürliche Variabilität der Bodeneigenschaften innerhalb der Wiederholungen wurde durch die gestörte Befüllung so weit als möglich unterbunden.

Eine detaillierte Anlagebeschreibung und erste Lysimeterergebnisse sind den Berichten der 6. und 7. Gumpensteiner Lysimetertagung (DACHLER 1996, GERZABEK und KRENN 1996, KRENN und KLAGHOFER 1996, SCHWABACH und ROSENKRANZ 1996, BÖHM 1996, HÖSCH 1996) und der DBG-Mitteilung 85 (BÖHM und HÖSCH 1997) zu entnehmen.

2.2 Versuchsaufstellung

Für die Versuchsfragestellung wurden alle 18 Lysimeter der Anlage des BFL herangezogen. Der Versuch umfasste pro Bodentyp 3 Prüfglieder mit je 2 Wiederholungen (Tabelle 1). Der Zwischen-

Autoren: Dipl.-Ing. Karin BÖHM und Dipl.-Ing. Johannes HÖSCH, Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Tabelle 1: Zwischenfrucht Anbau- und Umbruchtermine

Prüfglieder	Versuchsjahr 1998/1999			Versuchsjahr 1999/2000		
	Anbau	Ernte**	Umbruch	Anbau	Ernte**	Umbruch
PG1	13.08.98	01.12.98	01.12.98	19.08.99	02.12.99	02.12.99
PG2*	10.09.98	01.12.98	03.03.99	06.09.99	02.12.99	14.02.00
PG3	10.09.98	03.03.99	03.03.99	06.09.99	03.03.00	03.03.00

* simuliertes Abfrosten des PERKO-Bestandes

** der PERKO-Bestand wurde geerntet und nach Ermittlung der Ertragsdaten wieder auf die Lysimeter aufgebracht

fruchtanbau und alle weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen erfolgten unabhängig vom Bodentyp.

Die Prüfglieder unterschieden sich ausschließlich durch die unterschiedlichen Anbau- und Umbruchtermine der Zwischenfrucht (ZF). Als Zwischenfrucht wurde in beiden Versuchsjahren der winterharte Chinakohl-Rübsenbastard PERKO auf allen Lysimetern angebaut. Prüfglied 1 (PG1) wurde bis spätestens 20. August angebaut und ab 1. Dezember umgebrochen und eingearbeitet. Bei Prüfglied 2 (PG2) und Prüfglied 3 (PG3) erfolgte der Anbau bis spätestens 10. September des Versuchsjahres. Um die Auswirkungen einer abfrosten Zwischenfrucht auf den Stoffaustausch zu erfassen, wurde der PERKO-Bestand von PG2 Anfang Dezember „simuliert“ abgefrostet, indem die Biomasse abgeerntet und auf der Lysimeterfläche belassen wurde. Der Umbruch erfolgte bei PG2 ab 15. Februar und bei PG3 nicht vor dem 1. März des Folgejahres.

Das 1. Versuchsjahr 1998/1999 startete mit der Ernte der Vorfrucht (VF) Sommergerste (SG) am 23.07.1998 (=Tag 0) und endete mit der Ernte der Hauptfrucht (HF) Sommerweizen (SWE) am 21.07.1999. Das 2. Versuchsjahr 1999/2000 startete am 21.07.1999 (=Tag 0) mit der Ernte der Vorfrucht SWE und endete mit der Ernte der Hauptfrucht SG am 30.06.2000. Am 11.10.2000 wurde als Nachfrucht Winterweizen (WW) angebaut. Das Stroh und Korn der jeweiligen Hauptfrucht wurde entzogen, die

Biomasse der Zwischenfrucht wurde auf den jeweiligen Lysimeterflächen belassen.

Die umgebende Ackerfläche wurde während des Versuchszeitraumes mit der entsprechenden Kultur zeitgleich (bei ZF wie PG3) bestellt. Die SG im Versuchsjahr 1999/2000 wurde im Zeitraum 11.-14.05.2000 mit insgesamt 26,5 mm und am 12.06.2000 mit 6,6 mm zur Bestandsicherung künstlich beregnet.

Das Düngeregime erfolgte auf allen drei Bodentypen gleich (Tabelle 2).

Die Sickerwasserprobenahme (SW) erfolgte 14-tägig und die Entnahme von Bodenlösung (BL) 1-mal monatlich. Der Unterdruck bei der Bodenlösungsentnahme betrug 0,5 bar. Der Sickerwasseranlauf bei den Lysimetern vom Bodentyp Feuchtschwarzerde wurde im Mai 1997 verschlossen, um den am Entnahmestandort vorhandenen Grundwasseranfluss zu simulieren, dadurch konnte bei diesen Lysimetern kein Sickerwasser gewonnen werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Niederschläge

Der Gesamtniederschlag im Versuchszeitraum 1998/1999 betrug 588 mm und stellte für die Region Marchfeld ein feuchtes Jahr dar, hingegen betrug im Versuchszeitraum 1999/2000 der Gesamtniederschlag nur 391 mm und war von Trockenheit gekennzeichnet. Durch die Trockenheit wurde die SG im Ver-

suchsjahr 1999/2000 sehr früh geerntet und so verkürzte sich das Versuchsjahr im Vergleich zum Versuchsjahr 1998/1999 um ein knappes Monat. Geht man davon aus, dass das Getreide in der Phase des Abreifens dem Boden kaum noch Wasser und Nährstoffe entzieht und diesen Zeitraum mit etwa einem Monat anberaumt, so ist die Niederschlagsintensität dieses Zeitraumes für das anschließende Versuchsjahr von Bedeutung. Die Niederschlagsintensität im Frühjahr 1998 war hoch, die Niederschläge der Vormonate der Versuchsjahre 1998/1999 und 1999/2000 unterschieden sich jedoch nicht wesentlich (Tabelle 3). Auch im Zeitraum zwischen Versuchsbeginn und 1. Anbau waren die Niederschlagsintensitäten ähnlich hoch. Beträchtliche Unterschiede ergaben sich jedoch in dem Zeitraum zwischen 1. Anbau und 2. Anbau der beiden Versuchsjahre. Die Niederschlagsdifferenz betrug dabei 48 mm, insgesamt unterschieden sich die beiden Versuchsjahre in dem für die Versuchsfragestellung relevanten Zeitraum um 65 mm.

3.2 Sickerwasseranfall

Ein Sickerwasseranfall wurde bei den Lysimetern Sandiger Tschernosem in beiden Versuchsjahren verzeichnet, bei den Lysimetern Tiefgründiger Tschernosem fiel lediglich im Versuchsjahr 1998/1999 Sickerwasser an (Tabelle 4).

3.2.1 1. Versuchsjahr 1998/1999

Im Versuchsjahr 1998/1999 unterschied sich PG1 von PG2 und PG3 beim Sandigen Tschernosem trotz des Umstandes, dass PG1 bereits am 1.12.1998 umgebrochen wurde und bis zum Anbau der HF (SWE) brach lag mit um 39-65 mm geringerem Sickerwasseranfall von PG2 und PG3 (Abbildung 1).

Diese Unterschiede werden als Wirkung der unterschiedlichen Anbautermine gesehen. Der Wassergehalt lag zum Zeitpunkt des 1. Anbaues bei einem pF-Wert von 2,2 und somit im mittleren Bereich der Feldkapazität. Bis zum Zeitpunkt des 2. Anbaues fielen 91 mm Niederschlag, was zu einer weiteren Wassersättigung im Boden führte. Die Wasserspannung lag zum 2. Anbautermin bei einem pF-Wert von 1,8 und darunter. Durch den hohen Grobporenanteil (Sandanteil 68-89%) und das eingeschränkte Speicher-

Tabelle 2: Düngemengen und -form im Versuchsverlauf

Kultur	Termin	N-Dünger (N)		P-Dünger (P ₂ O ₅)		K-Dünger (K ₂ O)	
		Menge (kg/ha)	Form	Menge (kg/ha)	Form	Menge (kg/ha)	Form
SG	16.03.98	50	NAC	60	0/12/20	100	0/12/20
SWE	15.03.99	70	NAC	60	0/12/20	100	0/12/20
	25.05.99	50	NAC	0		0	
SG	23.03.00	50	NAC	60	Triplephosphat	100	60er Kali

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Niederschlagsverteilung am Anfang der Versuchsjahre

Zwischenfruchtmanagement	1998/1999		1999/2000	
	Zeiträume	Niederschläge	Zeiträume	Niederschläge
Vormonat → Ernte VF	24.06.-23.07.98	72 mm	22.06.-21.07.99	64 mm
Start → 1. Anbau ZF	24.07.-13.08.98	63 mm	22.07.-19.08.99	54 mm
1. Anbau ZF → 2. Anbau ZF	14.08.-10.09.98	91 mm	20.08.-06.09.99	43 mm

Tabelle 4: Sickerwasseranfall im Versuchszeitraum

Bodentyp	Prüfglied	Sickerwasseranfall (mm)	
		1998/1999	1999/2000
Sandiger Tschernosem „S“	PG1	97	13
	PG2	136	8
	PG3	162	18
Tiefgründiger Tschernosem „T“	PG1	1	0
	PG2	48	0
	PG3	73	0

volumen (Grobschotterkörper ab 95 cm Bodentiefe) des Sandigen Tschernosems kam es durch die Unterschreitung der unteren Feldkapazitätsgrenze (pF1,8) zu einer Abwärtsbewegung des Bodenwassers im Bodenprofil und in Folge dessen zu beträchtlichen Sickerwasseranfällen. Durch den früheren Anbau (PG1) der Zwischenfrucht wurde die Situation ent-

schärft, da die Zwischenfrucht einen Teil des vorhandenen Bodenwassers im Zuge des Biomassezuwachses verbrauchte. Zum Zeitpunkt des 2. Anbautermins (PG2, PG3) hatte bereits eine Verlagerung von Bodenlösung und Nährstoffen bis in den Grobschotterkörper stattgefunden und konnte dadurch von der Zwischenfrucht nicht mehr genutzt werden.

Grundsätzlich zeigten sich beim Tiefgründigen Tschernosem ähnliche Tendenzen mit dem Unterschied, dass die Wasserhaltefähigkeit durch den hohen Schluff- und Tonanteil beträchtlich höher ist als beim Sandigen Tschernosem und die Gründigkeit des Bodens bei 2 Metern liegt. Beim 1. Anbau (PG1) konnte der gesamte Bodenwasseranteil im System Boden-Pflanze verbleiben und es kam zu keinem nennenswerten Sickerwasseranfall. Beim 2. Anbau (PG2, PG3) kam es zu einem Überschreiten der Wasserhaltefähigkeit des Bodens und daraus resultiert ein Sickerwasseranfall von 48-73 mm.

Die Unterschiede im Sickerwasseranfall zwischen 1. Anbau und 2. Anbau lagen beim Sandigen Tschernosem (39-65 mm) und beim Tiefgründigen Tschernosem (47-72 mm) in ähnlichen Größenordnungen.

Das PG2 (simuliertes Abfrosten) unterscheidet sich von PG3 (überwinternde ZF) mit einem deutlich niedrigeren Sickerwasseranfall, sowohl beim Sandigen Tschernosem (26 mm) als auch beim Tiefgründigen Tschernosem (25 mm)

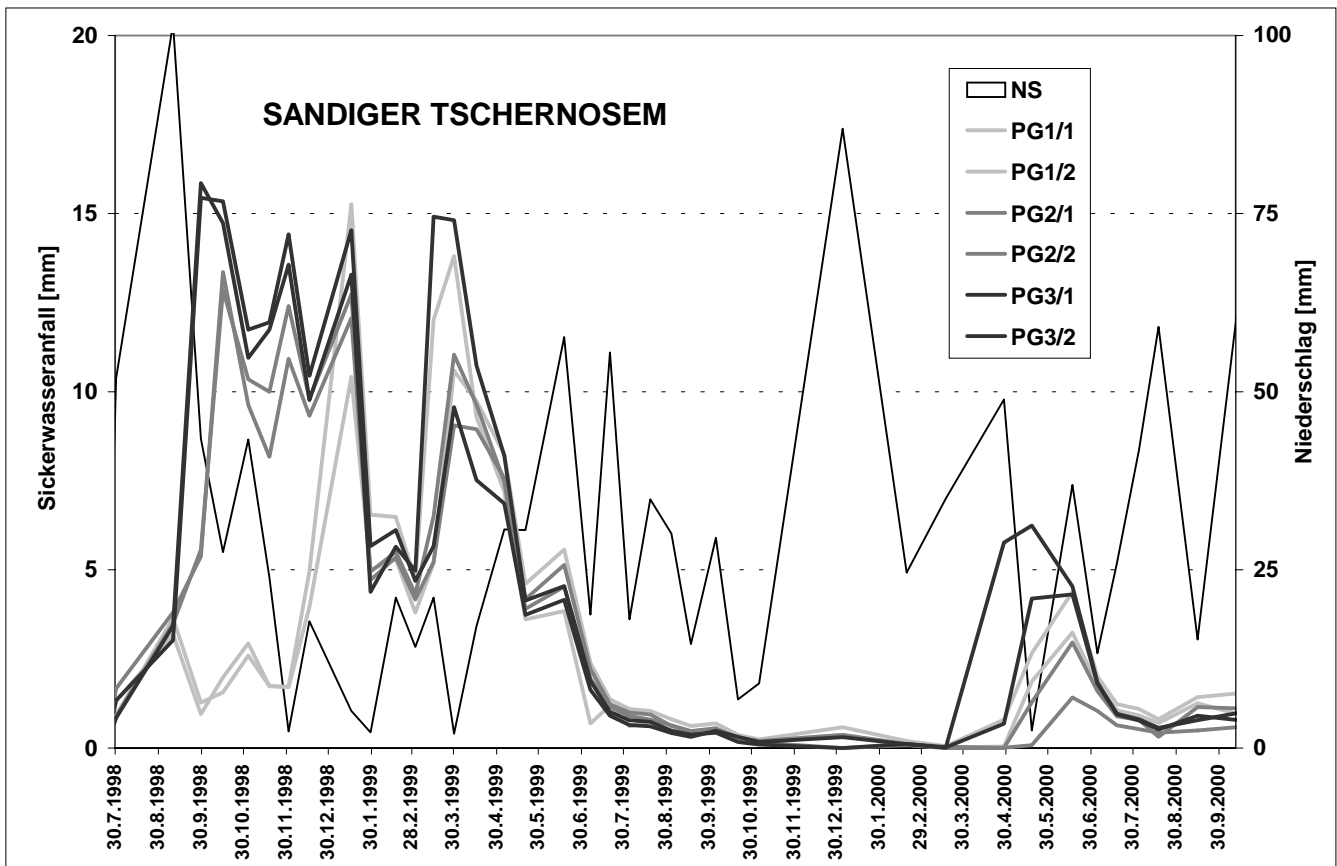


Abbildung 1: Niederschlagsintensität und Sickerwasseranfall der Lysimeter „Sandiger Tschernosem“ über den gesamten Versuchsverlauf (23.07.1998 - 11.10.2000).

(Tabelle 4). Dies erscheint auf den ersten Blick paradox, da man davon ausgeht, dass eine Zwischenfrucht mit längerem Bedeckungsgrad dem System Boden eine größere Menge an Bodenwasser entzieht als dies bei einer Zwischenfrucht der Fall ist, deren Blattmasse Anfang Dezember abstirbt.

Beim PG2 als Beispiel für eine abfrostande Zwischenfrucht scheint das Phänomen der „Mattenbildung“ aufgetreten zu sein. Die Zwischenfrucht wurde Anfang Dezember geerntet, die Grünmasse quantitativ und qualitativ erfasst und anschließend vorgetrocknet (zur Vermeidung von Fäulnis) und wieder auf die entsprechenden Lysimeterflächen aufgebracht. Ab diesem Zeitpunkt fungierte die tote Grünmasse einem Schwamm ähnlich als Wasserspeicher für Niederschläge. Die Niederschläge wurden dadurch nur teilweise in den Boden infiltriert, ein Teil des Niederschlagswassers wurde durch Verdunstung direkt wieder an die Luft abgegeben. Das Phänomen zeigte sich deutlich in diesem niederschlagsreichen Jahr an den bei PG2 um 16% („S“) und 34% („T“) geringeren Sickerwassermengen verglichen mit jenen von PG3.

3.2.2 2. Versuchsjahr 1999/2000

Das 2. Versuchsjahr unterschied sich vom 1. Versuchsjahr mit 197 mm weniger Niederschlag. Dies erklärt auch den deutlich geringeren Sickerwasseranfall beim Sandigen Tschernosem (8-18 mm) und beim Tiefgründigen Tschernosem (0 mm). Durch die geringere Wassersättigung des Bodens wurde das Potential, den Sickerwasseranfall durch den frühen Anbau der Zwischenfrucht deutlich zu reduzieren, nicht ausgeschöpft.

3.2.3 Zeitlicher Verlauf des Sickerwasseranfalles

Im zeitlichen Verlauf (Abbildung 1) ist die Wirkung des früheren Anbautermins auf den Sickerwasseranfall des Sandigen Tschernosems im Versuchsjahr 1998/1999 zu erkennen. Der Einfluss zeigte sich von Anfang September 1998 bis Anfang Dezember 1998 deutlich. Weiters zeigt *Abbildung 1* auch die zeitverzögerte Wirkung intensiver Niederschläge auf den Sickerwasseranfall.

Ein deutlicher Sickerwasseranfall beim Tiefgründigen Tschernosem war von

Ende September 1998 bis Ende Juni 1999 bei PG2 und PG3 zu verzeichnen. Im anschließenden Versuchsverlauf waren keine Sickerwasseranfälle mehr zu verzeichnen.

Die markantesten Unterschiede im Bereich Bodenwasserhaushalt traten zwischen den beiden Versuchsjahren in der Bodentiefe 0-60 cm bei den Wassergehaltsdaten zwischen 2. Anbau- und 1. Umbruchtermin auf. Im Versuchsjahr 1998/1999 zeigten sich beim Sandigen Tschernosem um 7-12% WG, bei der Feuchtschwarzerde um 7-8% WG und beim Tiefgründigen Tschernosem um 6% WG höhere Wassergehalte als im Versuchsjahr 1999/2000. Mit zunehmender Bodentiefe (bis 90 cm) verlagerte sich dieser Trend zeitlich vom 1. Umbruch zum 2. Umbruchtermin.

3.3 Stickstoffdynamik

3.3.1 Nitratkonzentration im Sickerwasser und in der Bodenlösung

3.3.1.1 Sandiger Tschernosem

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser lag beim PG1 während der gesamten Versuchsdauer im Bereich 50 mg/l (*Abbildung 2*). Dagegen wiesen PG2 und PG3 während des Versuchsverlaufes Nitratkonzentrationen im Bereich von 170-400 mg/l auf.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass das Temperaturniveau der Lysimeterböden um 2-3°C über dem des umgebenden Bodens liegt. Durch den begehbaren Lysimeterkeller kommt es zu einer artifiziellen Erwärmung im Bodenprofil. Da die Umsetzungsprozesse durch die Temperatur gesteuert werden, kam es in den Lysimeterböden zu höheren Stoffumsätzen als dies im Freiland zu erwarten wäre. Somit stellt die Versuchsaufstellung im Lysimeter eine „worst case“ Variante dar.

Die Ursache für die Unterschiede bei den Nitratkonzentrationen lag an den zeitversetzten Anbauterminen der Zwischenfrucht. Zum 1. Anbautermin wurde der verfügbare Stickstoff direkt von der Zwischenfrucht akkumuliert zum 2. Anbautermin war ein Teil des verfügbaren Stickstoffs durch die Abwärtsbewegung des Bodenwassers bereits in Bodentiefen verlagert, die von der Zwischenfrucht nicht mehr genutzt werden konnten. Die

se Annahme wurde auch durch die Nitratkonzentration der Bodenlösung in 90 cm Bodentiefe bestätigt. Das Nitratkonzentrationsniveau in 90 cm ist mit dem des Sickerwassers ident.

Die Auswirkung dieser Verlagerung auf die Nitratkonzentration war auch noch im darauffolgenden trockenen Versuchsjahr zu erkennen.

3.3.1.2 Feuchtschwarzerde

In der Bodenschicht 30-90 cm waren die Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung bei allen Varianten auf einem relativ niedrigen Niveau von etwa 100 mg/l im Gegensatz zu den darunter liegenden Schichten (50-350 mg/l Nitrat) und zeigten den Stickstoffzug durch die Kulturpflanzen auf. Generell lag die Nitratkonzentration des PG1 im Bodenprofil im unteren Konzentrationsbereich.

3.3.1.3 Tiefgründiger Tschernosem

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von PG2 und PG3 lagen zwischen 100-180 mg/l.

In der Bodenlösung der Bodentiefe 0-90 cm bewegte sich die Nitratkonzentration vom Prüfglied unabhängig im Versuchsverlauf durch den Pflanzenentzug im Bereich 5-100 mg/l. In tieferen Bodenschichten erhöht sich die Nitratkonzentration (50-150 mg/l). Die Nitratkonzentration in der Bodentiefe 180 cm liegt beim PG1 im Bereich von 50-100 mg/l und bei PG2 und PG3 bei 100-180 mg/l. Die Konzentration in 180 cm Tiefe stimmte mit der Nitratkonzentration im Sickerwasser überein.

3.3.2 Nitratstickstoffausträge über das Sickerwasser

Die höchsten Stickstoffausträge wurden im Versuchsjahr 1998/1999 beim Sandigen Tschernosem bei PG3 mit 40 kg/ha (*Tabelle 5*) festgestellt.

Der Einfluss von Anbautermin 1 und Anbautermin 2 auf den Stickstoffaustrag korrelierte mit dem Sickerwasseranfall und zeigte daher ein ähnliches Muster. Die Austräge des Sandigen Tschernosems beim früheren Anbautermin lagen in beiden Versuchsjahren im Durchschnitt um 67% unter jenen von PG2 und um 81% unter den Austrägen von PG3. Die Unterschiede beim Stickstoffaustrag zwischen PG2 und PG3 ergaben sich

Tabelle 5: Nitratstickstoffaustrag über das Sickerwasser

Bodentyp	Prüfglied	NO ₃ -Stickstoffaustrag (kg/ha)	
		1998/1999	1999/2000
Sandiger Tschernosem „S“	PG1	8,68	1,56
	PG2	25,28	4,85
	PG3	39,69	9,97
Tiefgründiger Tschernosem „T“	PG1	0,01	0,00
	PG2	13,80	0,00
	PG3	22,97	0,00

aufgrund des unterschiedlichen Sickerwasserwasseranfalls der beiden Prüfglieder.

Betrachtet man den Stickstoffaustrag beim Sandigen Tschernosem getrennt nach Zwischenfrucht- und Hauptfruchtanbau so zeigte sich bei PG1 und PG2 ein Anteil von etwa 37-49% während des Zwischenfruchtanbaues und zwischen 51-63% während des Hauptfruchtanbaues. Noch ausgeprägter zeigte sich diese Verteilung bei PG3, hier lag der Anteil des Stickstoffaustrages während des Zwischenfruchtanbaues bei 20-35% und der Anteil während des Hauptfruchtanbaues bei 65-80%. Je höher die Wassersättigung eines durchlässigen Bodens ist,

desto schwieriger scheint es für die Hauptfrucht, die vorhandenen Nährstoffe während der ersten Wuchsphase aufzunehmen und so dem Stoffaustrag entgegenzuwirken.

Beim Tiefgründigen Tschernosem waren zum 1. Anbauermin keine Stickstoffverluste über das Sickerwasser zu verzeichnen. Beim späteren Anbauermin lagen die Verluste zwischen 13-23 kg/ha Nitratstickstoff, abhängig vom Sickerwasseranfall.

Beim Tiefgründigen Tschernosem zeigte sich im ersten Versuchsjahr 1998/1999 bei PG2 und PG3 ein vergleichbares Muster wie beim Sandigen Tschernosem. In der Zeit während des Zwischenfrucht-

anbaues wurden zwischen 36-49% des Stickstoffes ausgetragen und während des Hauptfruchtanbaues zwischen 51-64%.

3.3.3 Stickstoffeintrag und -austrag durch Bewirtschaftungsmaßnahmen

In *Tabelle 6* sind die Differenzen zwischen dem Stickstoffinput (Stickstoffdüngung) und dem Stickstoffoutput (Entzug von Stroh und Korn durch Ernte) angeführt.

Der Stickstoffentzug durch das Erntegut lag beim Sandigen Tschernosem vom Prüfglied unabhängig im 1. Versuchsjahr 1998/1999 um 64 kg/ha und im 2. Versuchsjahr 1999/2000 um 48 kg/ha unter dem der Feuchtschwarzerde, sowie um 61 kg/ha im 1. Versuchsjahr und um 15 kg/ha im 2. Versuchsjahr unter dem Stickstoffentzug des Tiefgründigen Tschernosems. Hierbei wurde der Einfluss der Bodeneigenschaften der jeweiligen Bodentypen auf die Ertragsfähigkeit deutlich sichtbar. Konnte der eingesetzte Stickstoff im Fall der Feuchtschwarzerde und des Tiefgründigen

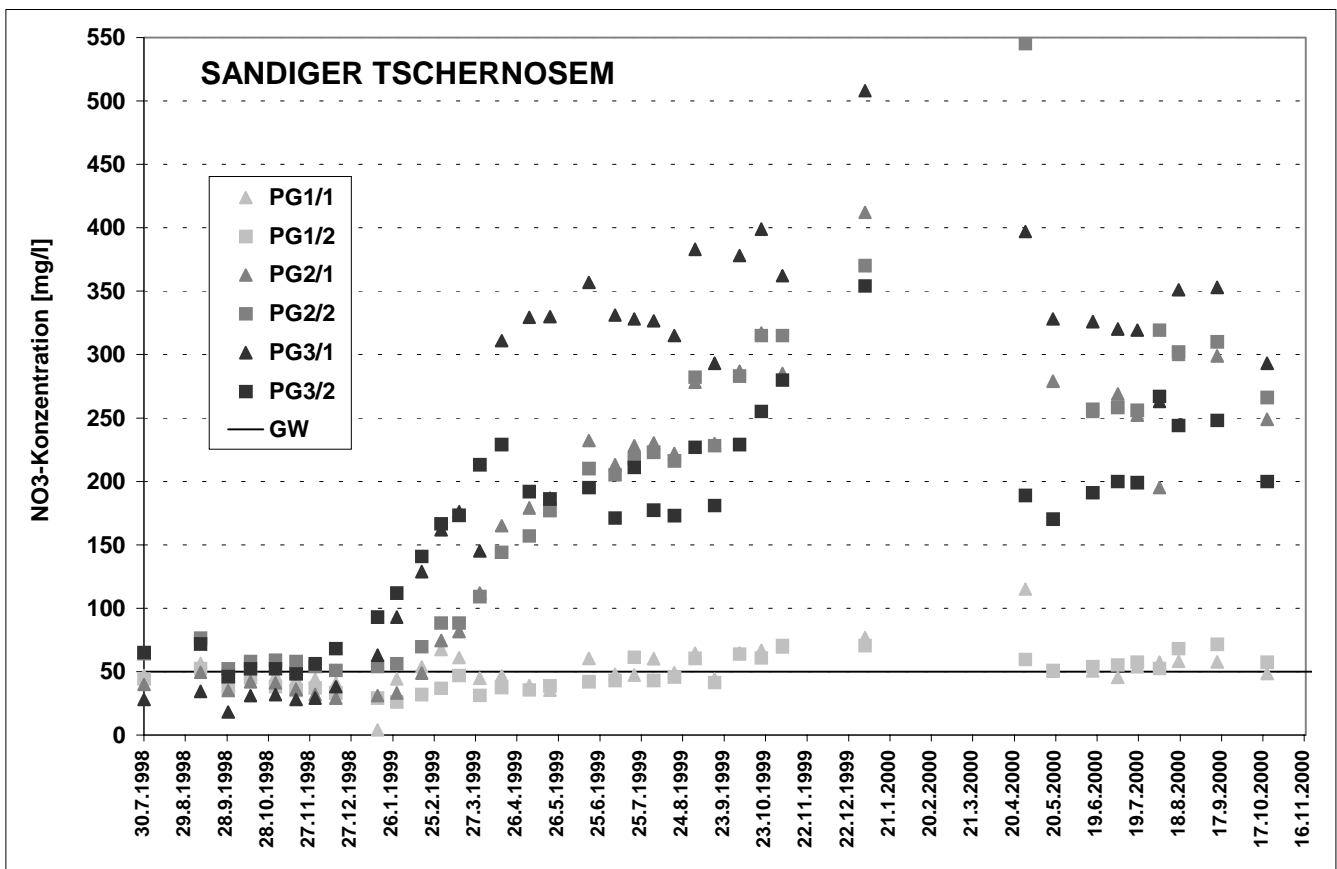


Abbildung 2: Nitratkonzentration im Sickerwasser der Lysimeter „Sandiger Tschernosem“. Eine Betrachtung der Prüfglieder und ihrer Wiederholungen.

Tabelle 6: Stickstoffinput minus Stickstoffoutput

Bodentyp	Prüfglied	N Input-Output (kg/ha)	
		1998/1999	1999/2000
Sandiger Tschernosem „S“	PG1	28	8
	PG2	29	1
	PG3	29	3
Feuchtschwarzerde „F“	PG1	-43	-46
	PG2	-32	-52
	PG3	-31	-34
Tiefgründiger Tschernosem „T“	PG1	-25	-2
	PG2	-29	-18
	PG3	-39	-15

Tschernosems in vollem Umfang zur Ertragssteigerung genutzt werden, so verblieb ein Teil des zugeführten Düngestickstoffs im Boden des Sandigen Tschernosems und wurde wie im Falle des feuchten Versuchsjahres 1998/1999 durch den frühen Anbau der Zwischenfrucht entweder konserviert oder im Boden verlagert und ausgewaschen.

Betrachtet man die Stickstoffkonservierung durch die Zwischenfrucht, so zeigte sich im 1. Versuchsjahr beim 1. Anbautermin (PG1), sowohl beim Sandigen Tschernosem mit 40% höherer Stickstoffkonservierung als auch bei der Feuchtschwarzerde mit 60% höherer Stickstoffkonservierung als beim 2. Anbau der Einfluss des früheren Anbautermins in einem feuchten Jahr. Diese Tendenz konnte beim Tiefgründigen Tschernosem durch die große Streuung nicht beobachtet werden.

Mit dem Anbau einer winterharten Zwischenfrucht und Getreide als Folgefrucht konnte das Stoffkonservierungspotential der winterharten Zwischenfrucht nicht wirklich ausgeschöpft werden, da der Anbau von Getreide bereits Mitte März erfolgte. Das Potential einer winterharten Zwischenfrucht wird dann ausgeschöpft, wenn eine Kultur mit spätem Anbautermin wie z.B. Mais (Anbau ab Mitte April) folgt und im fortschreitenden Frühjahr durch den stetigen Temperaturanstieg die Mineralisationsprozesse stark ankurbelt und so die freiwerdenden Nährstoffe durch die noch vorhandene Zwischenfrucht konserviert werden.

4. Zusammenfassung

Die Gegenüberstellung eines niederschlagsarmen und eines niederschlagsreichen Versuchsjahres im Lysimeterversuch zeigte, dass grundsätzlich der Anfall an Sickerwasser die Höhe des Stickstoffaustrags aus dem Boden in das Grundwasser steuert. Einen weiteren maßgeblichen Einfluss auf den Stickstoffaustrag hatte die Wahl des Anbautermins der Zwischenfrucht. Im niederschlagsarmen Versuchsjahr wurde die Wassersättigung der Böden abhängig vom Bodentyp selten bzw. nicht überschritten. Im niederschlagsreichen Versuchsjahr verursachten Phasen mit Wassersättigung eine Abwärtsbewegung der Bodenlösung, was den Anfall von Sickerwasser zur Folge hatte. Dabei war die Niederschlagsintensität in der Zeitspanne vom Abreifen der Hauptfrucht bis zum Anbau der Zwischenfrucht entscheidend dafür, in welchem Ausmaß Stickstoff im Boden verlagert und ausgetragen wurde. Der Anbau der Zwischenfrucht knapp nach der Ernte ermöglichte es, den pflanzenverfügbaren Stickstoff durch die Konservierung in der Zwischenfruchtbiomasse in oberen pflanzenverfügbaren Bodenschichten zu halten und so den Stoffaustrag zu reduzieren, bei gleichzeitiger Abnahme der Wassersättigung. Ein späterer Zwischenfruchtanbautermin konnte den in bereits tieferen Bodenschichten (>90 cm) befindlichen Stickstoff nicht mehr in effizienter Weise nutzen. Die Zwischenfrucht wurde dem System nicht entzogen, und somit standen die konservier-

ten Nährstoffe nach der Mineralisation der Nachfrucht erneut zur Verfügung. Daraus resultiert, dass der frühe Zwischenfruchtanbau besonders bei ausstragsgefährdeten Böden (hoher Sandanteil, geringe Gründigkeit) für die Stickstoffkonservierung ein wirkungsvolles Instrument darstellt, das von der Praxis besonders nach niederschlagsreichen Phasen im Frühjahr und Frühsommer eingesetzt werden sollte. Im Lysimeterversuch zeigte sich, dass der Einsatz einer abfrostandenen oder überwinternden Zwischenfrucht bei anschließendem Anbau von Sommergetreide keinen wesentlichen Einfluss auf die Stoffkonservierung hatte. Der Anbau einer überwinternden Zwischenfrucht als Instrument der Stoffkonservierung scheint dann sinnvoll, wenn Kulturen mit späten Anbauterminen folgen.

5. Literatur

- BÖHM, K., 1996: Erste Ergebnisse der Sickerwasseranalysen. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 47-53.
- BÖHM, K., J. HÖSCH und M. DACHLER, 1997: Lysimeteranlage Hirschstetten/Wien - Konzeption - Aufgaben - Ziele. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 85, II, 843-846.
- BÖHM, K. und J. HÖSCH, 1997: Anlagenzustand der Lysimeterstation Hirschstetten am Beispiel einzelner Parameter. Bericht über die 7. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 141-145.
- 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, 33-40.
- HÖSCH, J., 1996: Erste Erfahrungen mit der Lysimeteranlage Hirschstetten. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 55-58.
- 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.