

Lysimeter und Landwirtschaft

P. CEPUDER

Einleitung

Der diffuse Eintrag von Nährstoffen aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten in das Grundwasser ist immer wieder ein breit diskutiertes Thema sowohl am Wirtschaftstisch als auch in vielen wissenschaftlichen Kreisen. Die Europäische Union hat im Jahr 2000 eine Richtlinie (EU, 2000) erlassen deren Ziele unter anderem die Sicherstellung eines guten Zustandes der Oberflächen- und Grundwasser sowie die Verhinderung einer Verschlechterung des Zustandes der Gewässer beinhaltet. Österreich hat diese Richtlinie mit dem Bundesgesetz "Änderung des Wasserrechtsgesetzes 1959 und des Wasserbautenförderungsgesetzes 1985 sowie Aufhebung des Hydrografiegesetzes" (BGBl. Nr.82, 2003) in nationales Recht umgesetzt. Damit verpflichtet sich Österreich die Wasserqualität seiner Gewässer zu erhalten bzw. Maßnahmen zur Verbesserung einzuleiten.

Die Landwirtschaft hat in der Vergangenheit zur Verschlechterung der Grundwasserqualität in Tal- und Beckenlagen beigetragen. Diesbezügliche wissenschaftliche Untersuchungen in den letzten 15 Jahren sollten die Wasser- und Stofftransportvorgänge besser beschreiben und Möglichkeiten zur Reduzierung des Nährstoffaustrags aufzeigen. Nährstoff-

austräge werden durch viele Parameter beeinflusst. Zu den wesentlichsten zählen die klimatischen Faktoren, wie Niederschlagsmenge und Niederschlagsverteilung in der Vegetationsperiode, die Bodenparameter wie Speicherfähigkeit, Durchlässigkeit und Humusgehalt, die Kulturart sowie die eingesetzten Betriebsmittel Pflanzennährstoffe und Bewässerung. Einige dieser Faktoren können direkt oder indirekt durch die Bewirtschaftungsform beeinflusst werden. Darauf aufbauend wurden während der letzten Jahre in den Hauptanbaugebieten Niederösterreichs, im Tullner Feld und im Marchfeld, Untersuchungen in Hinblick auf den Stickstoffaustrag durchgeführt. Nur durch langjährige Untersuchungen bzw. durch eine Vielzahl von Wiederholungen können die Nährstoffausträge ausreichend erfasst werden, um ein repräsentatives Bild einer Region zu erhalten.

Material und Methoden

Die beiden Untersuchungsgebiete Tullner Feld und Marchfeld unterscheiden sich im wesentlichen in den klimatischen Gegebenheiten. Tschermosem ist in beiden Untersuchungsgebieten die vorherrschende Bodenform, wobei im Tullner Feld der Anteil an hochwertigen Böden überwiegt.

Mit rund 600 mm durchschnittlicher Niederschlagsmenge und den etwas besseren Bodenbeschaffenheiten ist im Tullner Feld eine Bewässerung der Hauptkulturen nicht notwendig. Gemüse wird kaum angebaut. Im vom Pannonikum beeinflussten Marchfeld mit über 100 mm weniger jährlichem Niederschlag, sind fast alle Kulturen bewässerungsbedürftig. Der Anteil an Gemüse ist deutlich höher als im Tullner Feld. Zuckerrübe und Körnermais können ohne zusätzliches Wasser kaum wirtschaftliche Erträge erzielen. *Tabelle 1* und *2* zeigen die durchschnittlichen Monatswerte der Temperatur und des Niederschlags für die Messstellen Langenlebern (Tullner Feld) und Fuchsenbigl (Marchfeld). In beiden Gebieten können diese Jahresmengen um 25 bis 30% schwanken. Bei den Temperaturen liegt das Marchfeld etwas über dem Tullner Feld, wobei besonders die hohen Sommertemperaturen und die tiefen Wintertemperaturen den pannonischen Einfluss zeigen.

Zur Messung der Nährstoffausträge wurden Lysimeter verwendet. Lysimeter sind mit Boden gefüllte Gefäße, an deren Unterseite Bodenwasser zur Analyse gewonnen werden kann. Durch die definierte Oberfläche ist eine Quantifizierung der einsickernden Wassermenge und somit der Nährstoffe möglich. Lysimeter gibt es in den unterschiedlichsten

Tabelle 1: Durchschnittliche Monatswerte der Temperatur und des Niederschlags im Tullner Feld (Monatsmittel 1981 - 1990)

Langenlebern (Tullner Feld)	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Temperatur [°C]	-0,9	-0,1	4,8	9,5	14,7	17,1	19,6	19,0	15,0	10,1	3,9	1,1
Niederschlag [mm]	26	34	32	44	78	80	75	64	63	38	39	37

Temperatur Jahresmittel: 9,5 °C; Jahresniederschlag: 610 mm

Tabelle 2: Durchschnittliche Monatswerte der Temperatur und des Niederschlags im Marchfeld (Monatsmittel 1981 - 1990)

Fuchsenbigl (Marchfeld)	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Temperatur [°C]	-1,2	0,2	5,2	10,3	15,5	17,9	20,8	20,1	15,8	10,5	4,0	1,0
Niederschlag [mm]	25	37	31	27	59	63	43	54	51	28	38	39

Temperatur Jahresmittel: 10,0 °C; Jahresniederschlag: 495 mm

Autor: Dr. Peter CEPUDER, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Muthgasse 18, A-1190 WIEN



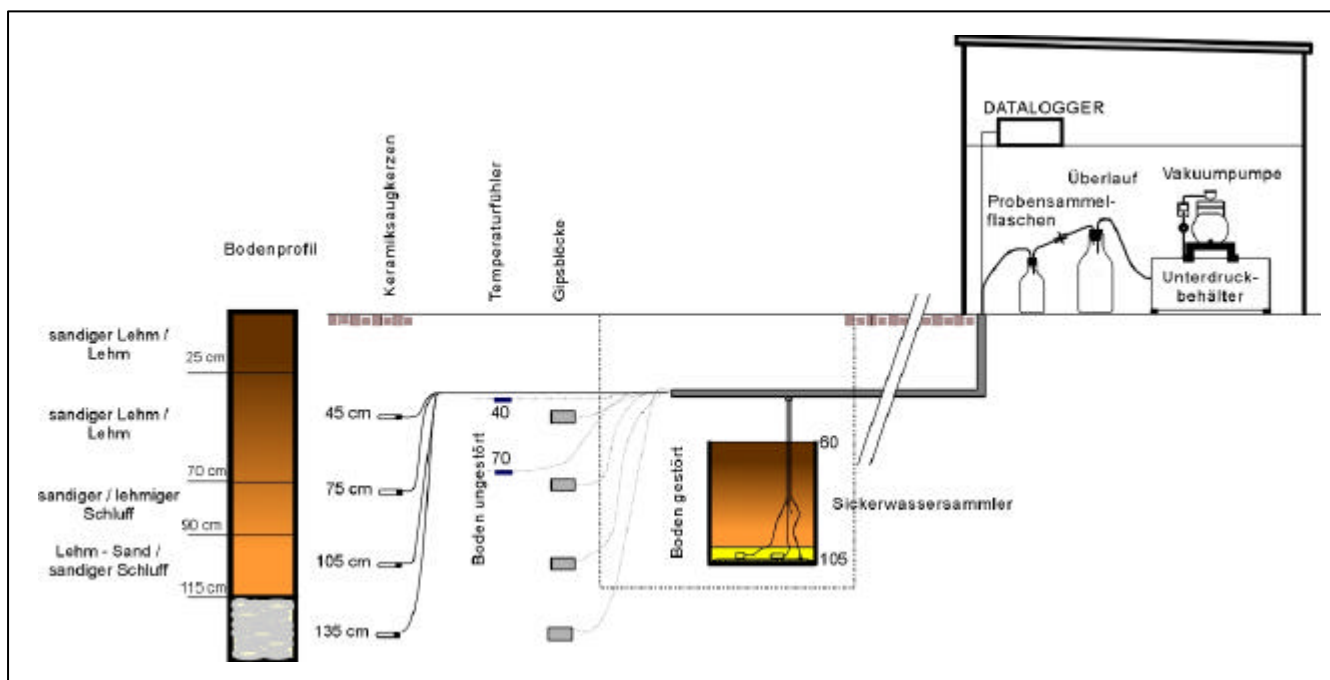


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Messstellen

Abmessungen, begonnen von kleinen Sickerwassersammlern unterhalb der Wurzelzone (ca. 0,07 m²) bis einige 100 m² große betonierte Wannen. Diese können auch mit Saugvorrichtungen ausgestattet sein, welche speziell in Trockengebieten eine bessere Erfassung des Sickerwassers erlauben. Für die Erfassung der Sickerwassermengen und des Stickstoffaustrages wurde an beiden Standorten das selbe Messstellensystem verwendet. *Abbildung 1* zeigt den Aufbau einer solchen Messstelle schematisch.

Es wurden Saugkerzen und Gipsblöcke im ungestörten Bodenbereich in den Tiefen 45, 75, 105 und 135 cm eingebaut. Mit diesen wurde einerseits die Qualität des Bodenwassers im Profil bestimmt und andererseits die Saugspannung und somit die Wasserverfügbarkeit gemessen. Der Sickerwassersammler (Kleinlysimeter) wurde aus Kostengründen im gestörten Bodenbereich eingebaut. Damit wurde das aus der Wurzelzone perkolierende Wasser erfasst. Die Unterkannte des Kleinlysimeters befindet sich in der Tiefe von 105 cm und somit an der Untergrenze der Wurzelzone.

Im Tullner Feld als auch im Marchfeld wurden jeweils über 10 Jahre diesbezügliche Messungen durchgeführt (CEPUDER, 2003; CEPUDER et al., 2002; CEPUDER et al., 1998a; CEPUDER et al., 1998b). Obwohl die Fragestellungen un-

terschiedlich waren, können die Ergebnisse einander ergänzen und gemeinsam ein besseres Bild der Grundwasserbelastung mit Stickstoff zeigen.

Im Tullnerfeld stand der Einfluss verschiedener Düngevarianten im Vordergrund. So wurde in einer ersten Phase von ungedüngt bis 130% mit Mineraldünger pflanzenabhängig gedüngt, als auch eine Schwarzbrache und eine Gülleparzelle geführt. In einer zweiten Phase wurde der Schwerpunkt der Stickstoffbelastung auf die Gülledüngung gelegt und je zwei Entzugs- und Entsorgungspartellen einer 100% Mineraldüngungsvariante gegenübergestellt. Bereits etablierte Maßnahmen wie ÖPUL (Österreichische Programm für eine Umweltverträgliche Landwirtschaft) gerechte Bewirtschaftung, oder Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffdüngung (N_{\min}) als auch der Anbau von Zwischenbegrünungen wurden berücksichtigt.

Die verwendete Fruchtfolge war mit Sommergerste - Winterweizen - Körnermais - Winterweizen - Körnertraps für das Tullnerfeld repräsentativ.

Im Marchfeld hingegen wurde der Stickstoffaustrag zwischen einer konventionellen fünfschlägigen (Zuckerrübe - Sommergerste - Winterweizen - Sorghum - Sommergerste) und einer alternativen achtschlägigen (Zuckerrübe - Sommergerste - Erbse - Winterweizen -

Pferdebohne - Sorghum - Sojabohne - Winterweizen) Fruchtfolge in den Jahren 1993 bis 1996 verglichen. Danach wurde der Einfluss intensiver Gemüsefruchtfolgen (Zuckerrübe - Karotte - Sommergerste - Zwiebel - Kartoffel - Winterweizen) untersucht. Dabei wurden ebenfalls die diversen Förderprogramme wie ÖPUL mit Zwischenbegrünungen und N_{\min} -Analysen berücksichtigt. Alle Gemüsekulturen mussten entsprechend dem geringen natürlichen Niederschlagsangebot bewässert werden. Da in den drei Untersuchungsjahren die Niederschläge in den jeweiligen Vegetationsperioden stark schwankten, waren auch die Bewässerungsgaben sehr unterschiedlich.

Ergebnisse

Ertrag

Im Tullner Feld konnte bei einem völligen Stickstoffdüngerverzicht ein deutlicher Rückgang des Ertrags in einem Zeitraum von 4 Jahren (1993 bis 1996) festgestellt werden. Im ersten Jahr der ungedüngten Behandlung konnten jedoch noch hohe Erträge verzeichnet werden, was die hohe Bodenfruchtbarkeit dieses Standortes zeigt. Ansonsten hatte generell die optimal gedüngte Variante die besten Erträge, auch die Überdüngung führte zu Ertragsrückgängen.

Im Marchfeld lag nicht die Frage der Erträge im Vordergrund. Generell kann gesagt werden, dass die Erträge dem durchschnittlichen Ertragsniveau des Gebietes entsprechen.

Sickerwasser

Im Tullner Feld wurden durchschnittlich 74 mm Sickerwasser gemessen. Das sind 13% des durchschnittlichen Niederschlages (1992 bis 2001) von 576 mm. In der Parzelle ohne Pflanzenbewuchs konnten in den Jahren 1993 bis 1996 durchschnittlich 168 mm Sickerwasser erfasst werden, was einem Anteil von 29% (Niederschlag 585 mm) entspricht.

Im Marchfeld wurden in den Jahren 1992 bis 1996 bei einem durchschnittlichen Niederschlag von 584 mm und teilweiser Bewässerung eine Sickerwassermenge von 72 mm gemessen, was einem Anteil von 12% entspricht. In den Jahren 1999 bis 2001 wurden in den intensiven Gemüsefruchtfolgen mit Bewässerung durchschnittlich 55 mm Sickerwasser erfasst, was einem Anteil von 11% des Niederschlages entspricht. Der Niederschlag war mit 497 mm jedoch auch deutlich geringer.

Stickstoffaustrag

Im Tullner Feld konnte bei einem völligen Stickstoffdüngerverzicht ein deutlicher Rückgang des Stickstoffaustrages auf bis zu 2 bis 4 kg/ha in den Versuchsjahren 1993 bis 1996 festgestellt werden. Die Varianten mit 100% und 130% Stickstoffdüngung zeigten einen gleichbleibenden (jährlich ca. 54 kg/ha) bzw. leicht steigenden Trend (jährlich ca. 71 kg/ha) hinsichtlich Stickstoffaustrag. In den Jahren nach den hohen Niederschlägen (1995, 1996) konnte auf Grund der gestiegenen Sickerwassermengen auch ein Anstieg des Stickstoffaustrages festgestellt werden.

Die über 5 Jahre als Schwarzbrache geführte Parzelle zeigte die Mineralisierungsleistung der guten Böden im Tullner Feld. So wurden, obwohl diese Fläche nicht gedüngt wurde, Stickstoffausträge bis 150 kg/ha und Jahr gemessen. Je höher der durchschnittliche Jahresniederschlag war, desto höher war auch der Austrag. Dieser wurde durch den fehlenden Wasserentzug der Kulturen auf dieser Parzelle noch gefördert.

In den Jahren 1997 bis 2001 mit Schwerpunkt auf Gülledüngung und ÖPUL-Maßnahmen konnte generell eine Verbesserung hinsichtlich des Stickstoffaustrages erreicht werden. In der 100% Mineraldüngervariante wurde ein durchschnittlicher Stickstoffaustrag von 27 kg/ha ermittelt. Die Gülle "Entsorgungsvariante" - über 200 kg Stickstoff in Form von Gülle pro Jahr - erreichte einen Wert von 49 kg/ha, wohingegen mit der "Entzugsvariante" (Stickstoffdüngermenge gleich der Mineraldüngervariante) nur 18 kg/ha erzielt wurden.

Im Marchfeld zeigte der Vergleich zwischen konventioneller und alternativer Fruchtfolge (1993 bis 1996) keine gravierenden Unterschiede im Stickstoffaustrag, obwohl die achtschlägige alternative Fruchtfolge drei Leguminosenkulturen beinhaltete. Die alternative Fruchtfolge enthielt jedoch auch zweimal eine Zwischenbegrünung. Durchschnittlich wurde ein Stickstoffaustrag von 18 kg/ha gemessen.

Eine Extensivierungsvariante mit ungedüngtem Dauergrünland hat gezeigt, dass die Stickstoffausträge rasch und stark reduziert werden können. In dieser wurden durchschnittlich nur 4 kg/ha gemessen.

Die Versuchsreihe der Jahre 1999 bis 2001 mit intensivem Gemüseanbau auf 6 Feldern im Marchfeld lieferte einen durchschnittlichen Stickstoffaustrag von 11 kg/ha bei Schwankungen zwischen 2 und 32 kg/ha. Diese eher geringen Austräge sind sicherlich auch auf die angebauten Zwischenfrüchte und sonstige kulturbegleitende Grundwasserschutzmaßnahmen zurückzuführen.

Nitratkonzentration

Die durchschnittliche Nitratkonzentration im Sickerwasser kann auch als Parameter für eine Belastung des Grundwassers herangezogen werden, wenn die Grundwasserneubildung hauptsächlich durch Sickerwasser erfolgt und eine Infiltration von Gewässern vernachlässigt werden kann. In der zweiten Versuchsperiode (1997 bis 2001) wurde im Tullner Feld in der 100% Mineraldüngervariante ein durchschnittlicher Nitratgehalt von 150 mg/l gemessen. In der vergleichbaren Güllevariante betrug dieser nur knapp 100 mg/l. Die Variante "Gülleent-

sorgung" hatte jedoch mit 220 mg/l Nitrat die höchsten Gehalte über den Versuchszeitraum. Der für das Grundwasser gültige Schwellenwert von 45 mg/l wurde in allen Fällen deutlich überschritten. Diese durchschnittlichen Zahlen täuschen jedoch insofern ein bisschen, da im Laufe der Jahre ein Rückgang in allen Parzellen aufgrund der ÖPUL-Maßnahmen festzustellen war. Der Hauptgrund für diese Verbesserung dürfte die Vermeidung von langen Schwarzbracheperioden gewesen sein.

Die Nitratkonzentration hängt auch stark mit dem Anfall an Sickerwasser zusammen. So konnten deutlich geringere Nitratkonzentrationen in den niederschlagsstarken Jahren 1995 und 1996 und somit höhere Sickerwasserraten erreicht werden.

Im Marchfeld wurden in den Jahren 1993 bis 1996 Nitratkonzentrationen zwischen 37 und 326 mg/l festgestellt wobei die hohen Werten hauptsächlich in der leguminosenbetonten alternativen Fruchtfolge auftraten. Die durchschnittlichen Nitratkonzentrationen der intensiven Gemüsefruchtfolgen der Jahre 1999 bis 2001 lagen zwischen 27 und 275 mg/l, wobei mit steigendem Gemüseanteil die Konzentration deutlich gestiegen ist und auch ein Jahresdurchschnitt von über 400 erreicht wurde.

Schlussfolgerungen

Es hat sich gezeigt, dass im komplexen System "Boden" der Stickstoffhaushalt besonders hinsichtlich der Mineralisation des organischen Anteils nur langsam - oft erst nach einem bis zwei Jahren - auf Veränderungen reagiert. Durch die auf Pflanzenentzug ausgerichtete Düngung kann der Stickstoffaustrag auf ein Minimum reduziert werden ohne Ertragseinbußen hinnehmen zu müssen. In den mit Gülle gedüngten Parzellen sind höhere Nitratkonzentrationen gemessen worden. Generell ist die verzögerte Wirkung der Gülle durch nach und nach stattfindende Mineralisation der organischen Substanzen erkennbar. Daher sollte bei langfristiger Anwendung von Gülle deren Gesamtstickstoffgehalt durch regelmäßige, genaue Kontrollen des pflanzenverfügbaren Stickstoffvorrates (N_{\min}) im Boden zur Feststellung von Stickstoffmangel bzw. -überschuss berück-

sichtigt werden. Durch diese sorgfältige Beurteilung der Düngewirksamkeit kann ebenfalls das Risiko einer Stickstoffauswaschung besonders in grundwassersensiblen Gebieten maßgeblich reduziert werden. ÖPUL - Maßnahmen wie kulturbedingte Stickstoffdüngerhöchstgaben oder Zwischenbegrünungen sollten berücksichtigt werden, was sich speziell bei der Anwendung im Getreidebau großflächig positiv auswirken dürfte. Dabei ist es am effektivsten, wenn der Anbau einer Zwischenbegrünung möglichst frühzeitig und der Umbruch möglichst spät erfolgt. Der in der Zwischenfrucht gespeicherte Stickstoff kann von der nächsten Kultur genutzt werden. Damit können die N_{\min} -Gehalte in allen Bodenschichten sowie der Stickstoffaustrag deutlich verringert werden. Leguminosen sollten nicht Bestandteil der Zwischenfrucht sein, da durch die Bindung von Luftstickstoff zusätzlich Stickstoff in das System eingebracht wird. Ebenso sollte eine zu enge Leguminosenfrucht-

folge vermieden werden, da bei nicht optimaler Berücksichtigung der Luftstickstoffbindung höhere Stickstoffausträge auftreten können. In der Düngeplanung sollten auf jeden Fall alle Möglichkeiten zur Reduktion des Stickstoffeintrages berücksichtigt werden. Hilfreich dazu dürften auch die Broschüren "Richtlinien für die sachgerechte Düngung" (BMLF, 1996) bzw. "Grundwasserschutz und Ackerbau" (NÖLR, 2003) sein.

Auch die Berechnung sollte genau bemessen sein, sodass es zu keiner wesentlichen Steigerung der Sickerwasserbildung und folglich höherem Stickstoffaustrag kommt.

Literatur

BGBI. Nr.82/2003: "Änderung des Wasserrechtsgesetzes 1959 und des Wasserbautenförderungsgesetzes 1985 sowie Aufhebung des Hydrographiegesetzes". Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

BMLF, 1996: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 4. Auflage Wien. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

CEPUDER, P., 2003: Landbewirtschaftung und Stickstoffaustrag: Feldstudie 1997 bis 2001 im Tullner Feld. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 5-6, 79-88.

CEPUDER, P. und W. SCHLEDERER, 2002: Endbericht - Untersuchung der Grundwasserbelastung mit Nitrat unter Feldgemüsebau im panonischen Klimaraum. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

CEPUDER, P. und Ch. MITTERMAYR, 1998a: Landbewirtschaftung und Stickstoffaustrag: Feldstudie 1992 bis 1997 im Tullner Feld. Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 9/10, 243-253.

CEPUDER P., M. TULLER, A. SAGERER und J. SUDA, 1998b: Stickstoffanalyse bei unterschiedlichen Fruchtfolgen am Standort Fuchsenbigl. In: Grundwasserschonender Ackerbau im Marchfeld. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien.

EU, 2000: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie) vom 23.10.2000.

NÖLR, 2003: Grundwasserschutz und Ackerbau. Broschüre der NÖ Landesregierung.