INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG 5

VORGESCHICHTE UND ZIELSETZUNG 7

METHODIK 8

Anlage der Lysimeterstandorte ... 8
Entnahme von Ernteproben ... 10
Bodenanalysen ... 10
Wirtschaftsdüngerproben ... 11
Nährstoffbilanzierung ... 11
Rechenprogramme und statistische Verfahren ... 12

BESCHREIBUNG DER STANDORTE 13

Phosphatgehalte der Böden ... 16

EINFLUSS DES STANDORTS 17

Niederschläge und Sickerwasserbildung ... 17
Einfluss des Bodens ... 20

EINFLUSS DER BEWIRTSCHAFTUNG 25

Der Einfluss der Düngemenge ... 25
Düngung zu ungünstigen Zeitpunkten ... 27
Nitratauswaschung und Nährstoffbilanz ... 29
Einfluss der Begrünung ... 30
Grünbrache ... 31
Unterschiede der Hauptkulturen ... 33
Anbau von Leguminosen ... 34
Unterschied der Nitratauswaschung zwischen einem Standort mit Wirtschaftsdünger und einem Standort mit Mineraldünger ... 35

VERGLEICH DES N_{MIN} UND DES MINERALISIERBAREN STICKSTOFFS AUF DEN STANDORTEN 36

AUSBLICK 38

Wozu die Lysimeteranlagen weiter betreiben? ... 38
Schwerpunkte und Ziele der Lysimeteranlagen für die Zukunft ... 39

LITERATUR 40

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieses Forschungsprojekts war es, unter Praxisbedingungen die Einflüsse des Standorts und der Bewirtschaftung auf die Nitrat- und Phosphatbefrachtung des Sickerwassers unter Ackerflächen zu untersuchen. Dazu wurden seit 1996 an drei Standorten in Oberösterreich mittels Feldlysimetern Sickerwasserproben entnommen und auf ihren Nitrat- und Phosphatgehalt (seit 2001) untersucht. Ebenso wurden von den Standorten seit 2002 Bodenproben genommen, um den Gehalt an mineralischem und mineralisierbarem Stickstoff zu bestimmen. Die Lysimeter wurden jeweils an zwei tiefgründigen Standorten und einem seichtgründigen Standort installiert. An den tiefgründigen Standorten wurde je ein Standort mit Wirtschaftsdünger und einer mit Mineraldünger versorgt. Es stehen somit detaillierte Daten über die Nitratverfrachtung unterschiedlicher Boden- und Klimaeigenschaften und Bewirtschaftungsarten über einen Zeitraum von 12 Jahren zur Verfügung.

Am seichtgründigen Standort waren sowohl bei Nitrat als auch Phosphat die Auswaschung und die Konzentration im Sickerwasser zwei- bis viermal höher als auf den tiefgründigen Standorten, obwohl das Düngeniveau auf diesem Standort niedriger lag und als moderat bezeichnet werden muss. Trotz regelmäßiger Anlage von Zwischenbegrünungen war es bisher nur in einem von zwölf Jahren auf diesem Standort möglich, eine durchschnittliche Nitratkonzentration im Sickerwasser zu erzielen, die unter dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l lag. Dies ist hauptsächlich auf die Seichtgründigkeit dieses Standortes zurückzuführen, sodass auch durch eine gewässerschonende Bewirtschaftung keine akzeptable Nitratkonzentration im Sickerwasser erreicht werden konnte.

Weiters wurde der Nitrataustrag stark von den Düngemaßnahmen beeinflusst: Düngegaben unmittelbar vor Niederschlägen oder im Herbst, wie dies am Standort mit Wirtschaftsdünger üblich ist, um die Wirtschaftsdüngerlagerräume für die Wintermonate zu leeren, führten zu einem Anstieg der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Durch das Einarbeiten von Ernteresten wird der Spätherbst-N_{min}-Gehalt erhöht. Dies ist im verstärkten Maße der Fall, wenn im Herbst eine Grünbrache umgebrochen wird. Die hohen Nitratgehalte im Boden können von der Folgefrucht im Herbst und im Winter noch nicht aufgenommen werden, sodass sowohl Nitratkonzentration als auch Nitratauswaschung in den Wintermonaten sehr hoch waren. Erst eine darauf folgende Begrünung konnte die Stickstoffgehalte im Boden reduzieren und damit eine Nitratauswaschung ins Grundwasser verringern.

Ein Vergleich der beiden tiefgründigen Standorte zeigte trotz ähnlicher Standorteigenschaften, ähnlich hoher Düngegaben und trotz des Anbaus von meist der gleichen Hauptkultur deutlich höhere Nitratverluste an jenem Standort, wo vorwiegend Wirtschaftsdünger aufgebracht wurde. Der Zeitpunkt der Düngung war hierfür die Hauptursache. Die Herbstdüngung, sowie Niederschläge kurz nach Düngegaben mit Wirtschaftsdünger führten zu höheren Nitratauswaschungen als am Standort mit Mineraldünger, wo die Düngetermine optimaler an den Pflanzenbedarf angepasst waren.

Für die Phosphatauswaschung spielten die Gehalte an CAL-löslichem Phosphat im Boden eine große Rolle. Am seichtgründigen Standort wurden Phosphatgehalte der Gehaltsstufe D (laut Richtlinien für die sachgerechte Düngung, BMLFUW, 6. Auflage, 2006) gemessen. Phosphatdüngegaben sind demgemäß nicht nötig, und die in den Vorjahren verabreichten Phosphatdüngegaben waren zu hoch. Die Phosphatauswaschung ist dementsprechend doppelt so hoch, wie auf den beiden tiefgründigen Standorten mit der Gehaltsstufe A. Die mittlere jährliche Phosphatkonzentration im Sickerwasser lag am seichtgründigen Standort in drei von fünf Untersuchungsjahren deutlich über dem Grundwasserschwellenwert von 0,3 mg PO_4/l.

Durch einen Weiterbetrieb der Lysimeteranlagen können wertvolle Monitoringdaten für die Sickerwasserqualität im Bereich eines zu erwartenden Beobachtungsgebiets gewonnen werden und die Effizienz von Maßnahmen im neuen Gewässerschutzprogramm der Landwirtschaft – Grundwasser 2010 – überprüft werden.

VORGESCHICHTE UND ZIELSETZUNG

Vorgeschichte

Im Rahmen des Pilotprojekts zur Grundwassersanierung in der Oberen Pettenbachrinne und im Gebiet von Pucking/Weißkirchen wurden vom Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt des Bundesamts für Wasserwirtschaft (IKT) im Jahr 1995/96 vier Lysimeteranlagen errichtet. Es sollte die Nitratauswaschung und der Phosphataustrag ins Grundwasser im Projektgebiet unter den Vorgaben des Pilotprojekts zur „Grundwassersanierung in Oberösterreich" untersucht werden. Nach Abschluss des Pilotprojekts beauftragte das Amt der Oö. Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft, Grund- und Trinkwasserwirtschaft die wpa Beratende Ingenieure GmbH jene drei Lysimeteranlagen, die sich auf Ackerstandorten befinden, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft, ab September 2001 weiter zu betreiben.

Zielsetzung

Ziel der 12-jährigen Untersuchungsreihe war, unter Praxisbedingungen die Einflüsse des Standorts und der Bewirtschaftung auf die Nitratbefrachtung des Sickerwassers unter Ackerflächen zu untersuchen. Dabei wurde eine Bewirtschaftungsweise angestrebt, mit der ein Nitrat- und Phosphatgehalt im Sickerwasser erreicht wird, der unter dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l Nitrat bzw. 0,3 mg/l Phosphat liegt.

Einfluss von Standort und Bewirtschaftung

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Fragenkomplexe zur N- und P-Auswaschung untersucht:

- Einfluss der Standortverhältnisse auf die Nährstoffauswaschung: zwei tiefgründige Standorte wurden einem seichtgründigen Standort gegenübergestellt.
- Unterschiede in der Nährstoffauswaschung aufgrund unterschiedlicher Bewirtschaftung: auf ähnlichen Bodenverhältnissen wurde ein Standort mit Wirtschaftsdünger und ein Standort mit Mineraldünger bewirtschaftet.

Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde eine – soweit unter Praxisbedingungen möglich – gleiche Bewirtschaftungsweise der Standorte angestrebt, wobei auf allen Standorten Maßnahmen zum Grundwasserschutz gesetzt wurden (zielgerichtete Düngung, Zwischenbegrünung, etc.).

METHODIK

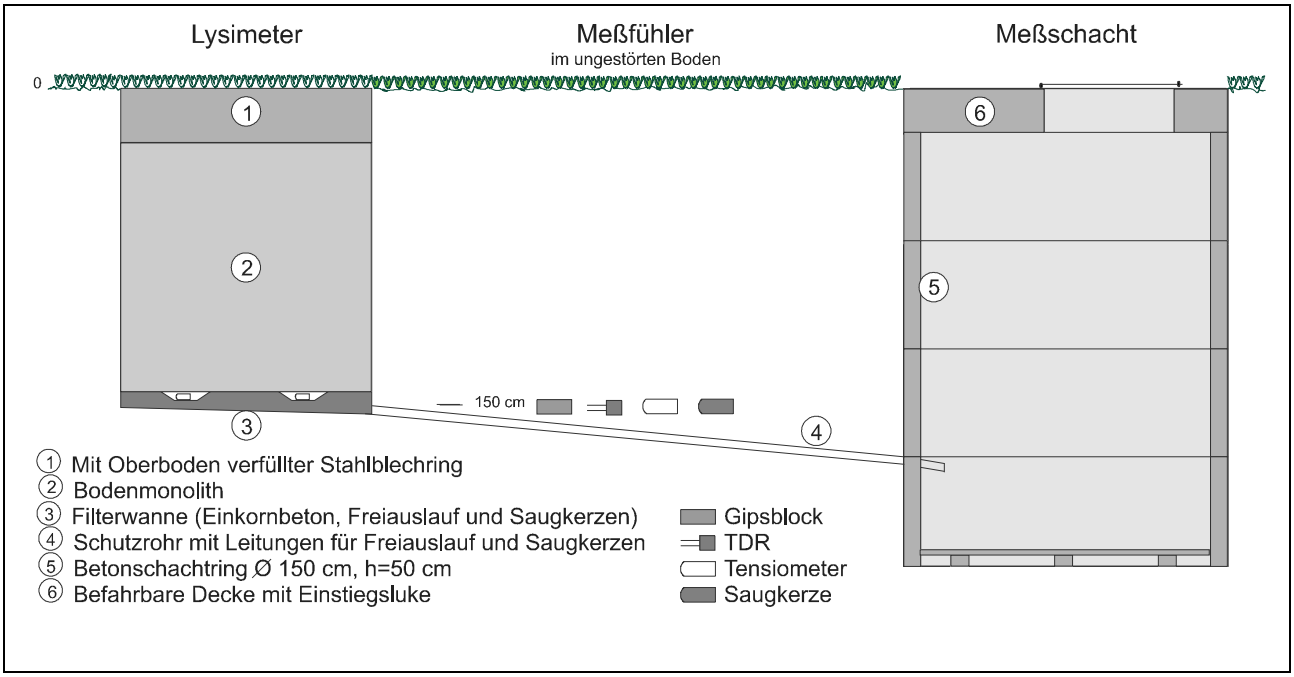
Anlage der Lysimeterstandorte

Alle drei Lysimeteranlagen wurden einheitlich ausgeführt. Zu jeder Lysimeteranlage gehören ein Lysimeter und jeweils zwei Kontrollmessstellen. Der Lysimeter besteht aus einem monolithischen Feldlysimeter mit einer kreisförmigen Oberfläche von 1 m² und einer Gesamttiefe von 1,5 m. In dieser Tiefe wurden ein Freiauslauf und Saugkerzen zur Erfassung der Nitratauswaschung aus einem ungestörten Boden installiert.

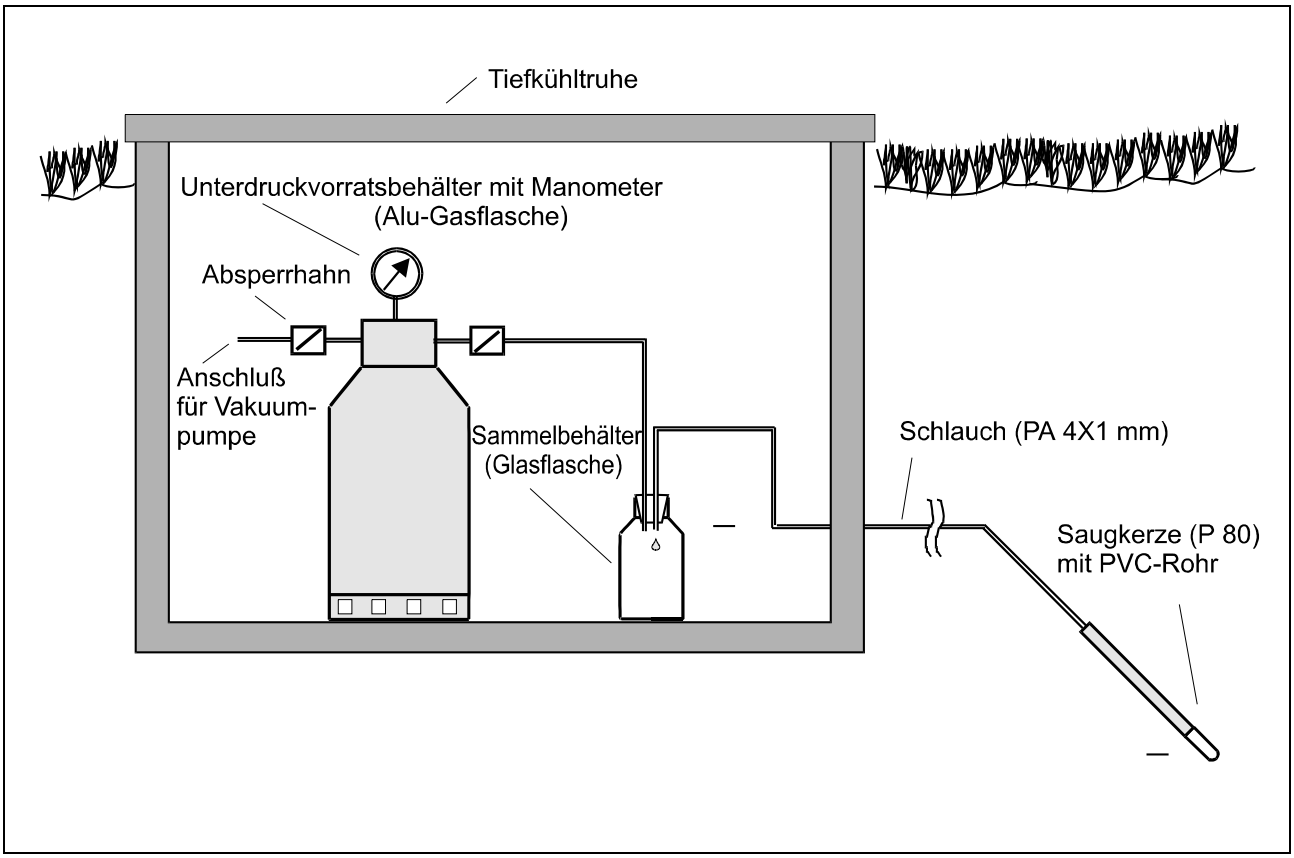
An den Lysimetern wird einerseits das über den Freiauslauf rasch absickernde, ausschließlich der Schwerkraft folgende Bodenwasser an der Unterseite der Bodenmonolithe mit Hilfe der Filterwanne gewonnen, andererseits über Saugkerzen an der Monolithunterseite eine Nachentwässerung bis etwa Feldkapazität (äquivalent einer hängenden Wassersäule von ca. 60 cm) erwirkt. Die Summe der am Freiauslauf und über die Saugkerze erhobenen Wassermengen wird als Sickerwassermenge am Lysimeter bezeichnet.

Um Inhomogenitäten des Bodens und der Bewirtschaftung erfassen zu können und dadurch Unregelmäßigkeiten innerhalb der Ackerfläche auszuschließen, wurden zu jedem Lysimeterstandort zusätzlich je zwei Kontrollmessstellen mit keramischen Kerzen eingerichtet. Pro Messstelle wurden zwei Saugkerzen in 1,5 m Tiefe in ungestörten Boden installiert, um dort ebenfalls Sickerwasser entnehmen zu können.

Einbau der Saugkerzen



Schematische Darstellung eines Feldlysimeters (E. Murer, 2001)



Schematische Darstellung der Kontrollmessstelle (E. Murer, 2001)

In einigen Grundwassergebieten wurden 2001 steigende Phosphatwerte im Grundwasser festgestellt. Diese traten vor allem an bereits stark nitratbelasteten Messstellen auf, sodass ein Rückschluss zu diffusen Einträgen über die Landwirtschaft nahe lag. Dies sollte über die Lysimeteranlagen überprüft werden. Ab Dezember 2001 wurde nun zusätzlich zur Nitratauswaschung der Gehalt an Orthophosphat im Sickerwasser bestimmt.

Ab 2001:
Messungen der Phosphatauswaschung ins Grundwasser

In einem wöchentlichen Abstand wurde die Sickerwassermenge im Lysimeter und den Kontrollstellen gemessen. Sofern Sickerwasser anfiel, wurden Proben entnommen und auf ihren Nitrat- und (ab 2001) Phosphatgehalt untersucht. Die chemischen Analysen der Parameter Nitrat, Ammonium und Phosphor wurden gemäß ÖNORM EN ISO 10304-1 und ÖNORM EN ISO 10304-2 durchgeführt.

Die im vorliegenden Bericht verwendeten Ergebnisse stellen immer einen Mittelwert der Lysimeteranlage und der beiden Kontrollmessstellen dar.

Entnahme von Ernteproben

An jedem Lysimeterstandort wurde jeweils der gesamte Aufwuchs direkt über dem Lysimeter und an zwei weiteren, zufällig ausgewählten Stellen am Feld geerntet. Jede Probenahmestelle hatte eine Fläche von 1 m². An den Kontrollstandorten im Feld wurden jeweils zwei Proben als Mischprobe vermengt und analysiert. Die Bestimmung der Trockensubstanz, des Gesamt-N und Gesamt-P (ab 2001) erfolgten jeweils getrennt an Korn und Stroh.

Bodenanalysen

N_{min} - Probenahmen wurden seit 2001 im 2-monatigen Abstand in drei Tiefenstufen durchgeführt. Der N_{min}- (Nitrat + Ammonium) Gehalt der Bodenproben wurde gemäß ÖNORM L1091 bestimmt. Die Bestimmung der N-Mineralisation erfolgte im anaeroben Brutversuch mittels 7-tägiger Inkubation bei 40 °C und anschließender Ammoniumbestimmung (Methode nach E. Kandeler, 1993).

Im Jahr 2002 wurden an jedem Standort entlang eines Bodenprofils in sieben Tiefenstufen bis 140 cm Tiefe Proben zur Phosphorbestimmung (Extraktion mit Ammoniumoxalat, Bestimmung im ICP; Schwertmann, 1964), Phosphor im CAL-Extrakt, Phosphor im Wasserextrakt, sowie P-Gesamtgehalte entnommen.

Zusätzlich wurde die Bodenlösung beprobt und die Phosphatkonzentration in der Bodenlösung bestimmt. Am seichtgründigen Boden konnten ab 40 cm Tiefe keine Bodenproben mehr genommen werden, da ab dieser Tiefe fast ausschließlich Grobanteil vorhanden war.

Wirtschaftsdüngerproben

Jährlich wurden im Wirtschaftsdünger der Ammoniumgehalt, der Gesamtstickstoff und der Phosphatgehalt analysiert. Die Bestimmung des Ammoniumgehalts in den Gülleproben des Wirtschaftsdüngerstandorts (L1) und der Biogasgülle des seichtgründigen Standorts (L4) erfolgte gemäß ÖNORM ISO 5664, die Bestimmung des Gesamt N-Gehalts im Kjeldahl-Aufschluss.

Die Bestimmung des Gesamt-P erfolgte ab 2003 nach Aufschluss mit Salpetersäure und anschließender photometrischer Bestimmung mittels Ammonmolybdat nach Abtrennung der störenden Matrix. Für die vorangegangenen Jahre wurde am Standort mit Wirtschaftsdünger der P-Wert aus dem Jahr 2003 herangezogen, da ab 2005 der P-Gehalt der Gülle kontinuierlich abnahm.

Nährstoffbilanzierung

Zur Bilanzierung der N- und P-Ein- und Austräge wurde der Boden bis 1,5 m Tiefe betrachtet (Einbautiefe des Lysimeterauslaufs). Im Boden verbleibende Pflanzenteile werden damit dem Boden zugerechnet, die oberirdischen Pflanzenteile nicht. Durch die im Boden verbleibenden Pflanzenteile stattfindende Entzüge scheinen daher in der Bilanz auf.

Der Bilanzierungszeitraum umfasste die Ernte der vorangegangenen Hauptfrucht bis zur Ernte der Hauptfrucht.

Für N-Einträge durch Wirtschaftsdünger wurde rechnerisch ein Abschlag für gasförmige Verluste bei der Ausbringung und Lagerung berücksichtigt, der aus den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6. Auflage, 2006) entnommen wurde (= feldfallender Stickstoff). Die atmosphärische Deposition, sowie N-Verluste durch Denitrifikation blieben unberücksichtigt. Für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffs wurde der feldfallende Stickstoff mit den in der Tabelle 58 (Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage, 2006) angeführten Wirksamkeitswerten multipliziert.

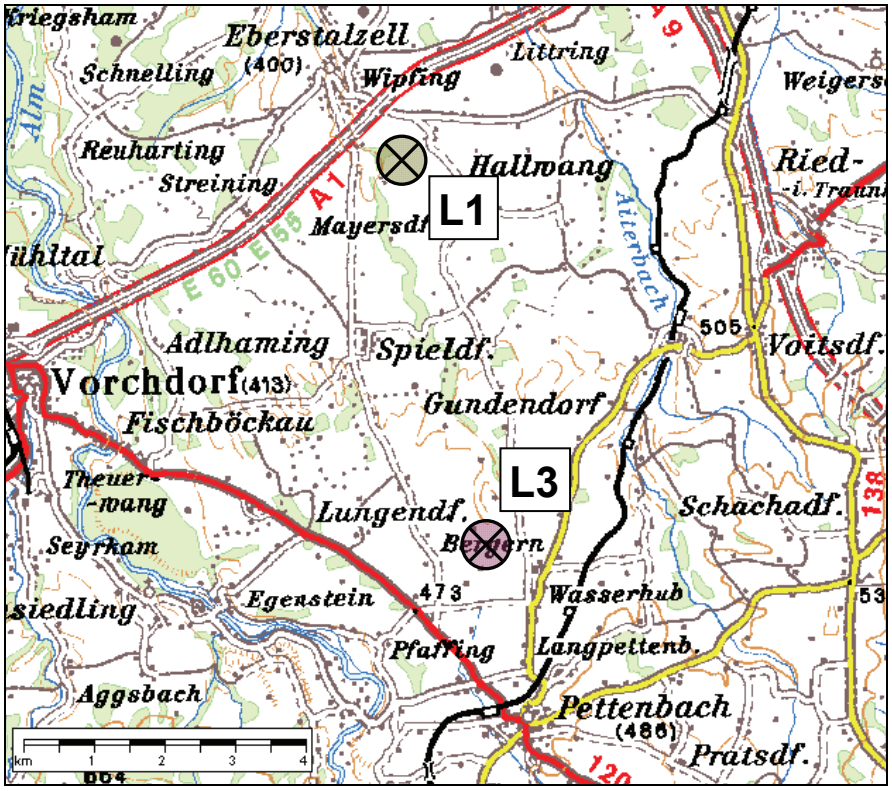
In den Stickstoffbilanzen wurde der durch die Ernteprodukte abgeführte Stickstoff der Stickstoffzufuhr durch die Düngung gegenübergestellt. Die Bilanzen wurden einerseits für feldfallenden Stickstoff und andererseits für jahreswirksamen Stickstoff berechnet. Da zu Beginn der Untersuchungsreihe keine Aufzeichnungen geführt wurden, ob die Stroh- und Spreuteile am Feld zurückgeblieben sind, wurden beide Varianten durchgerechnet: Bilanzen, in denen angenommen wurde, dass das Stroh am Feld verblieb, als auch, dass es vom Feld abgezogen wurde.

Rechenprogramme und statistische Verfahren

Statistische Auswertungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 13) durchgeführt. Verwendet wurden die Verfahren bivariate Korrelation und Mittelwertsvergleiche.
Als signifikant wurden Korrelationskoeffizienten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5 % bezeichnet, bei unter 1 % als hoch signifikant.

BESCHREIBUNG DER STANDORTE

Die Lysimeterstandorte liegen in der westlichen und nördlichen Traun-Enns-Platte und der Welser Heide. Tertiäre Sedimente bilden den Untergrund für jüngere durchwegs eiszeitliche Deckenschotter (Oberhauser, R. 1980). Die gesamte Traun-Enns-Platte ist ein bedeutendes Porengrundwassergebiet, sodass Grundwasserschutz in diesem Bereich eine große Rolle spielt. Dies spiegelt sich auch darin wieder, dass alle Lysimeterstandorte im Projektgebiet des Oö. Regionalprogrammes ÖPUL 2007 „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ liegen.

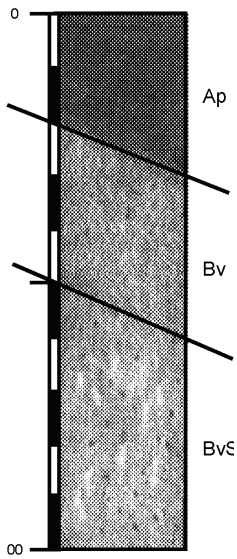


Lage der Lysimeterstandorte L1 tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger und L3 tiefgründiger Standort mit Mineraldünger

Zwei der Lysimeter befinden sich auf Ackerstandorten mit schweren, tiefgründigen Böden, die sich auf einer mehreren Metern mächtigen Lehmdecke entwickelt haben.

Lysimeter 1: Pseudovergleyte Lockersedimentbraunerde

Die Lysimeteranlage 1 liegt im nordöstlichen Teil der Oberen Pettenbachrinne. Auf der Lehmdecke hat sich eine mächtige pseudovergleyte Lockersedimentbraunerde entwickelt, deren Bodenart hauptsächlich schluffiger Lehm ist. Das Porenvolumen liegt bei über 50 %.
Der Bewirtschafter betreibt intensive Schweinemast mit einer Viehintensität von ca. 1,36 GVE/ha. Dementsprechend besteht die Nährstoffzufuhr am Lysimeterstandort L1 größtenteils aus Wirtschaftsdünger (Schweinegülle).



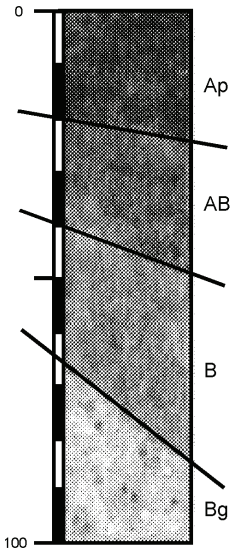
Ap Horizont
0 - 25 cm: erdfrisch; Schluff; mittelhumos (Mull); kalkfrei; deutlich mittelkrümelig; mittelporös; leicht zerdrückbar; dunkelgraubraun; gut durchwurzelt; mäßige Regenwurmtätigkeit; absetzend

Bv Horizont
25 - 55 cm: erdfrisch; lehmiger Schluff; kalkfrei; deutlich mittelblockig/Kanten gerundet; schwach mittelporös; leicht zerdrückbar; braun; einzelne Eisenkonkretionen; wenig durchwurzelt; geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

BvS Horizont
ab 55 cm: erdfrisch; schluffiger Lehm; kalkfrei; deutlich mittelblockig/Kanten gerundet; schwach mittelporös; gelblichbraun; mehrere deutliche kleine Rostflecken;

Lysimeter 3: tiefgründigen Parabraunerde

Der Bewirtschafter der Lysimeteranlage 3 ist viehlos, sodass größtenteils Mineraldünger an diesem Standort zum Einsatz kommt.
Die Lysimeteranlage befindet sich auf einer Ackerfläche mit einer tiefgründigen Parabraunerde und einem lehmigen Schluff als Bodenart. Das Porenvolumen beträgt 45 %.

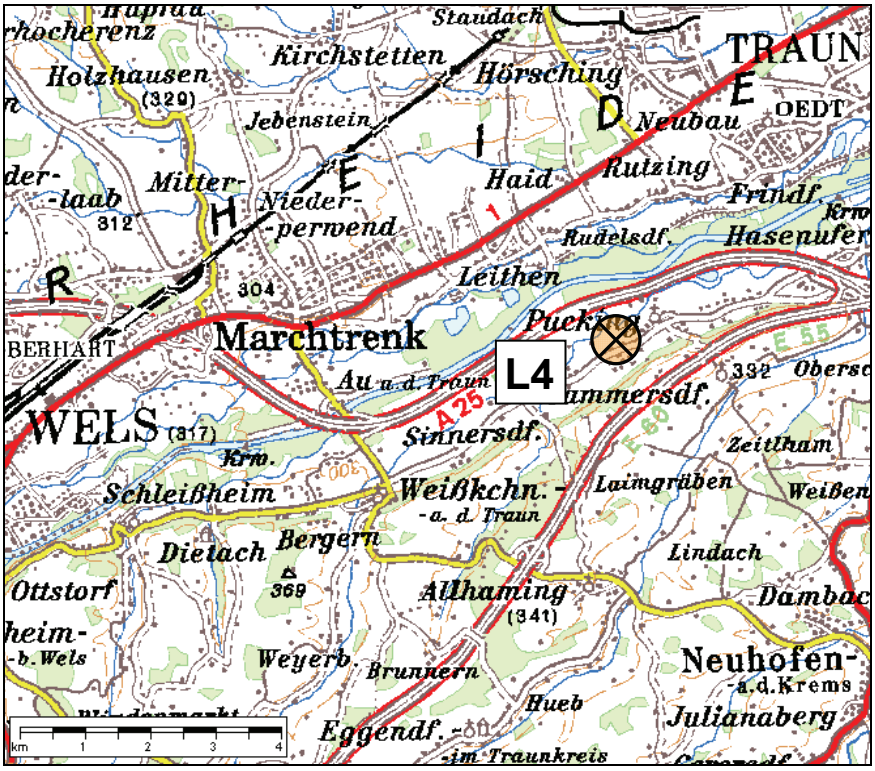


Ap Horizont
0 - 25 cm: erdfrisch; sandiger Schluff/Schluff; mittelhumos (Mull); kalkfrei; deutlich grobkrümelig; dunkelgraubraun; stark durchwurzelt; mäßige Regenwurmtätigkeit

AB Horizont
25 - 40 cm: erdfrisch; lehmiger Schluff; schwach humos (Mull); kalkfrei; dunkelbraun

B Horizont
40 - 65 cm: erdfrisch; lehmiger Schluff; kalkfrei; deutlich mittelblockig/Kanten gerundet, feinporös; gelblichbraun; einzelne Mangankonkretionen; nicht durchwurzelt; geringe Regenwurmtätigkeit

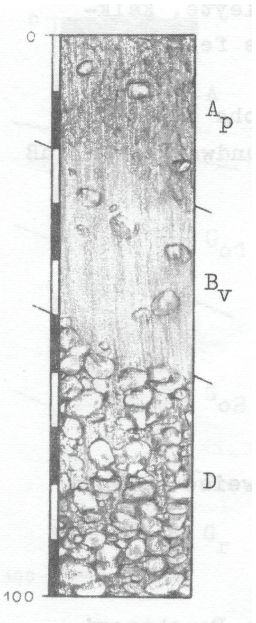
Bg Horizont
Ab 65 cm: erdfrisch; lehmiger Schluff; kalkfrei; lichtgelbbraun, kleine Rostflecken



Lage des Lysimeterstandorts L4 seichtgründiger Standort

Lysimeter 4 seichtgründige Lockersedimentbraunerde

Der Lysimeterstandort 4 liegt im Grundwassergebiet der Welser Heide „Pucking-Weißkirchen“, südlich der Traun auf einer Seehöhe von ca. 280 m. Eine seichtgründige Lockersedimentbraunerde hat sich über feinen bis groben Schotter entwickelt, wobei der Boden durch die Bodenart lehmigen Sand bzw. im A-Horizont sandiger Lehm geprägt ist. Kies- und Schotteranteile sind im gesamten Bodenprofil zu finden. Bereits ab einer Tiefe von 40 cm überwiegen die Grobanteile.



Ap Horizont
0 - 25 cm: erdfrisch; sandiger Lehm, geringer Grobanteil (Kies, Schotter, 2 - 5 cm Ø), mittelhumos (Mull), stark kalkhaltig; deutlich grobkrümelig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar; dunkelgraubraun (10 YR 3/2); gut durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

Bv Horizont
25 - 50 cm: erdfrisch; lehmiger Sand, geringer Grobanteil (Kies, Schotter, 2 - 5 cm Ø), stark kalkhaltig; deutlich mittelblockig/Kanten gerundet, mittelporös, leicht zerdrückbar; dunkelgraubraun (10 YR 4/2); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; übergehend

D Horizont
ab 50 cm: ausschließlich Grobanteil (Kies, Schotter), stark kalkhaltig; nicht durchwurzelt, keine Regenwurmtätigkeit

Die Lysimeteranlage wurde auf einem landwirtschaftlichen Betrieb ohne Viehhaltung errichtet. Die Düngung erfolgte bis ins Jahr 2000 ausschließlich mit Biogasgülle von einem viehhaltenden Partnerbetrieb. In den Folgejahren stieg der Betrieb zunehmend auf mineralische Düngemittel um und verwendet seit 2002 ausschließlich Mineraldünger.

Phosphatgehalte der Böden

Der seichtgründige Standort hatte einen deutlich höheren Phosphatgehalt

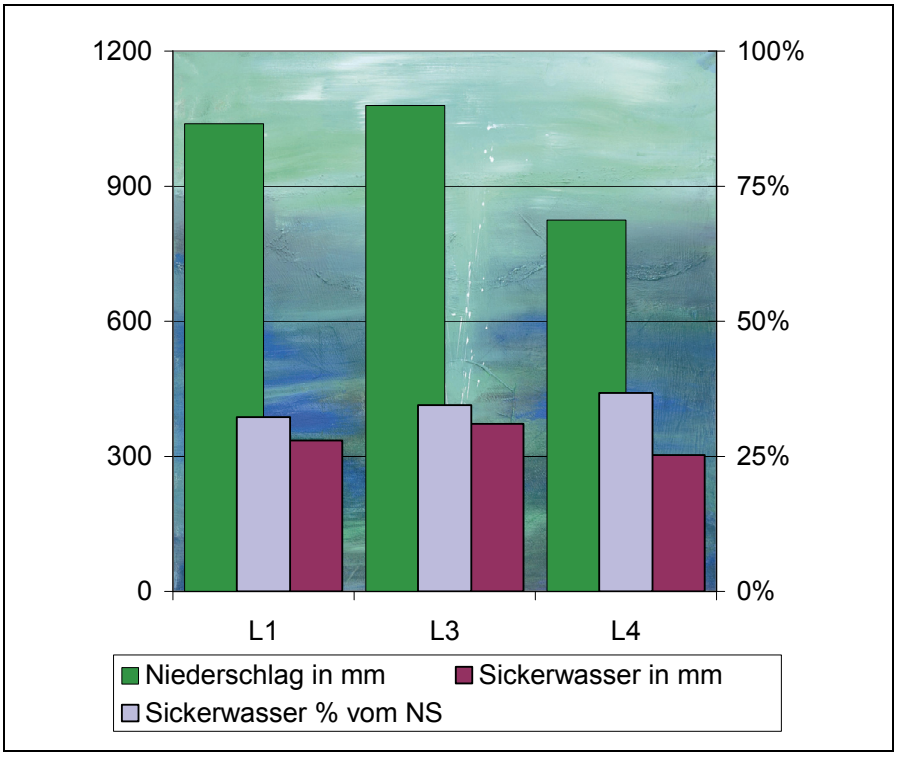
Die Phosphatgehalte zwischen tiefgründigem und seichtgründigem Standort weisen einige auffällige Unterschiede auf. Der Gesamt-P ist in den oberen 40 cm beim seichtgründigen Standort nahezu doppelt so hoch, der Anteil an pflanzenverfügbarem Phosphor ist sogar 4 Mal so hoch wie jener bei den beiden tiefgründigen Standorten. Da das pflanzenverfügbare P_2O_5 große Anteile in wasserlöslicher Form enthält, ist diese Fraktion im Hinblick auf eine mögliche Phosphatauswaschung von besonderem Interesse.

	tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger			tiefgründiger Standort mit Mineraldünger			seichtgründiger Standort		
Tiefen-stufe	Gesamt-P (mg/kg)	P_2O_5-pfl.verf. (mg/kg)	Anteil an pfl.verf. P (%)	Gesamt-P (mg/kg)	P_2O_5-pfl.verf. (mg/kg)	Anteil an pfl.verf. P (%)	Gesamt-P (mg/kg)	P_2O_5-pfl.verf. (mg/kg)	Anteil an pfl.verf. P (%)
0-20	229	51,0	9,7	214	48,0	9,8	407	398	42,7
20-40	218	10,4	2,1	196	15,9	3,5	420	429	44,6
40-60	156	7,8	2,2	140	4,4	1,4	Keine Proben, da fast ausschließlich Grobanteil ab 40 cm.		
60-80	201	3,9	0,9	171	4,8	1,2			
80-100	209	2,6	0,6	133	8,6	2,8			
100-120	222	4,4	0,9	183	6,5	1,6			
120-140	191	0,5	0,1	215	3,5	0,7			

EINFLUSS DES STANDORTS

Niederschläge und Sickerwasserbildung

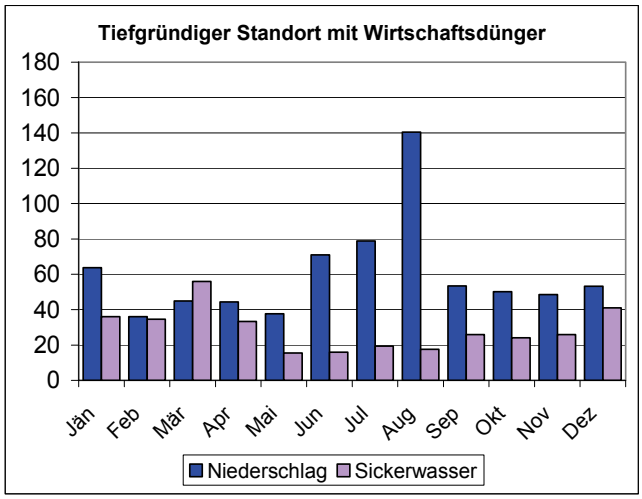
Trotz unterschiedlicher Niederschlagsverhältnisse sind die Sickerwassermengen an allen drei Standorten relativ ähnlich (siehe Tab. 1). Der südlichste Standort L3 (tiefgründiger Standort mit Mineraldünger) ist am Feuchtesten. Im Mittel fallen hier 1.100 mm Niederschlag pro Jahr (1995 - 2005). Am wenigsten Niederschläge fallen am Standort L4 (seichtgründiger Standort) mit 830 mm (1995 - 2005). Die Niederschläge des Standorts L1 (tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger) liegen dazwischen.

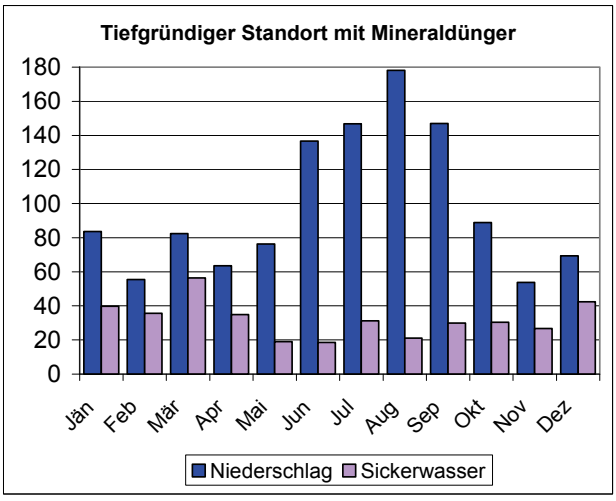


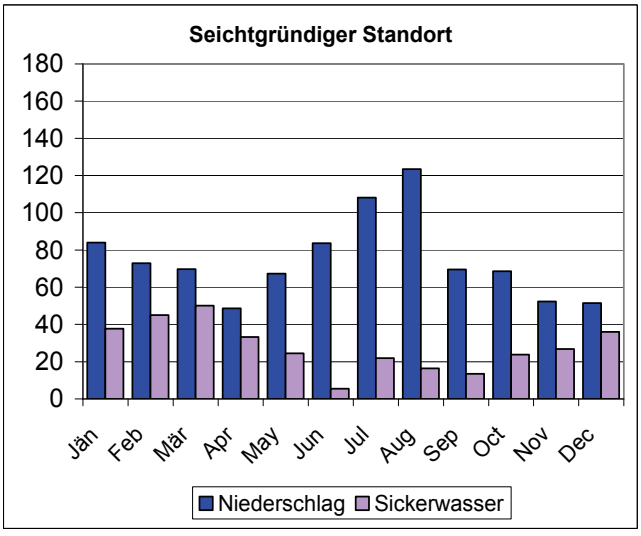
Die Sickerwassermenge war auf allen drei Standorten, trotz unterschiedlicher Niederschlagmengen, ähnlich hoch.

Vor allem im Winter und im Frühjahr gab es eine hohe Sickerwasserbildung

Im Jahresverlauf fielen in den Sommermonaten Juni bis August die höchsten Niederschläge auf allen drei Standorten. Der Sickerwasserverlauf zeigte jedoch eine gegenläufige Kurve. Gerade in den Sommermonaten gelangte sehr wenig Sickerwasser in größere Bodentiefen, da ein Großteil des zur Verfügung stehenden Bodenwassers von den Ackerkulturen aufgebraucht wird. In einzelnen Jahren traten in den Sommermonaten unterschiedlich lange Perioden ohne Sickerwasser auf. Vor allem am seichtgründigen Standort waren diese Perioden ohne Sickerwasserbildung sehr ausgeprägt, da die Sommerniederschläge an diesem Standort im Mittel auch die geringsten waren. Anschließend führten bereits relativ geringe Niederschläge zu einer Sickerwasserbildung, da der Boden eine relativ geringe Speicherkraft besitzt. Zusätzlich können sich vor allem bei Böden mit einem hohen Stein- und Sandgehalt präferenzielle Fließwege ausbilden, die das Sickerwasser noch schneller in die Tiefe leiten.





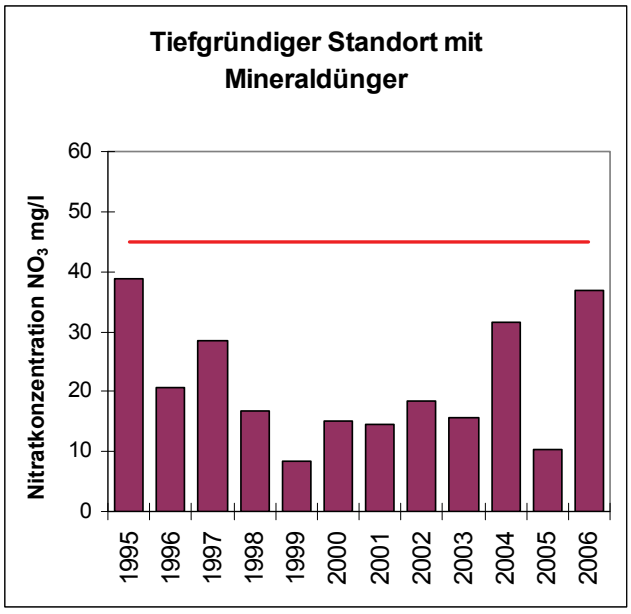


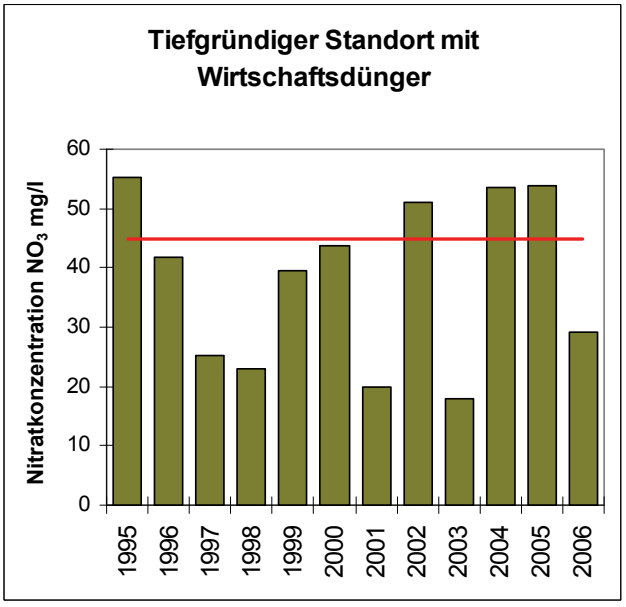
Die Sickerwasserbildung war vor allem in den Winter- bis Frühjahrsmonaten sehr hoch, in denen sich der Boden oftmals im Bereich der Feldkapazität befand, sodass bereits relativ geringe Niederschläge zu einer Sickerwasserbildung führten. Im Mittel gelangten im Zeitraum Dezember bis April zwischen 63 % (seichtgründiger Standort - L4) und 59 % (tiefgründiger Standort mit Mineraldünger - L3) des in diesen Monaten anfallenden Niederschlags zur Versickerung. Das entsprach mehr als der Hälfte des jährlich anfallenden Sickerwassers. Eine zu hohe bzw. sehr frühe Düngung im Frühling bzw. Kulturen die eine sehr späte Pflanzenentwicklung haben (z.B. Hackfrüchte) stellen deshalb ein besonderes Auswaschungsrisiko dar.

Einen zweiten Zeitraum hoher Sickerwasserbildung stellten die Herbstmonate dar. In den Monaten September bis November gelangten ca. 35 % des Niederschlags zur Versickerung. Das entspricht 19 % bis 23 % der jährlich anfallenden Sickerwassermenge. Dementsprechend ist eine Düngung im Herbst ungünstig und eine Herbst- und Winterbegrünung wichtig.

Einfluss des Bodens

Ein Blick auf die jährliche Nitratauswaschung der einzelnen Lysimeter lässt deutliche Unterschiede zwischen den Standorten erkennen. Im gesamten Untersuchungszeitraum 1995 - 2006 lag die Nitratkonzentration am seichtgründigen Standort nur ein Mal unter dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg NO_3/l. Hingegen wurde der Grundwasserschwellenwert im Sickerwasser unter dem tiefgründigen Standort mit Mineraldünger nie überschritten. Obwohl die Sickerwasserbildung auf beiden Standorten im Durchschnitt der Jahre ähnlich hoch war, wurden am seichtgründigen Standort etwa viermal so hohe NO_3-Konzentrationen gemessen als auf dem tiefgründigen Standort (siehe Tabelle). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger lag die Nitratkonzentration in vier von zwölf Untersuchungsjahren über dem Grundwasserschwellenwert.



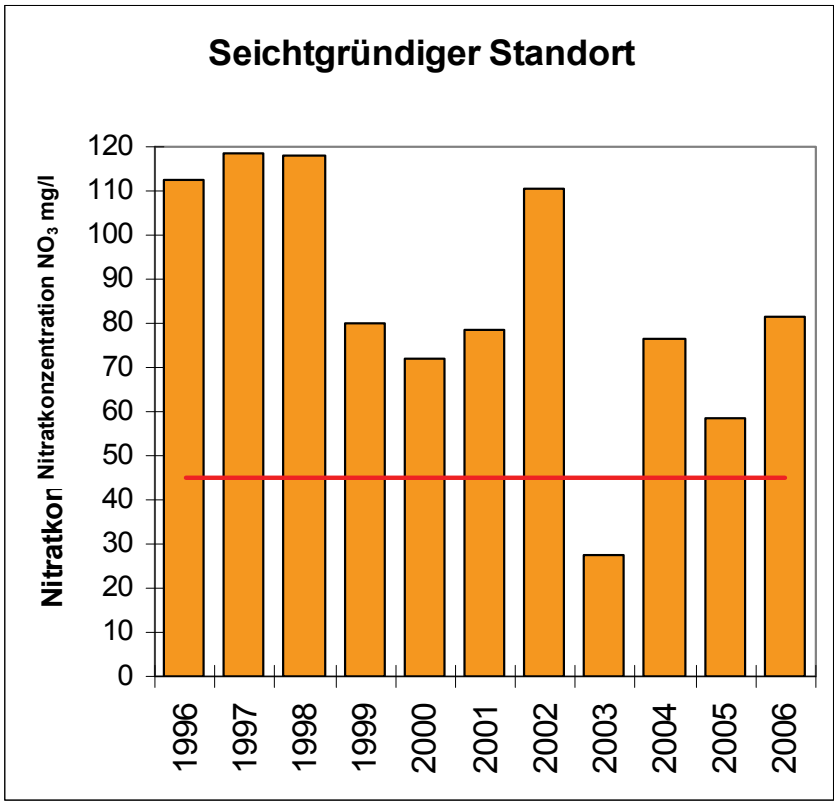


Sickerwasserbildung, N-Verlust und durchschnittliche NO_3 - Konzentration im Sickerwasser (SW) im langjährigen Durchschnitt

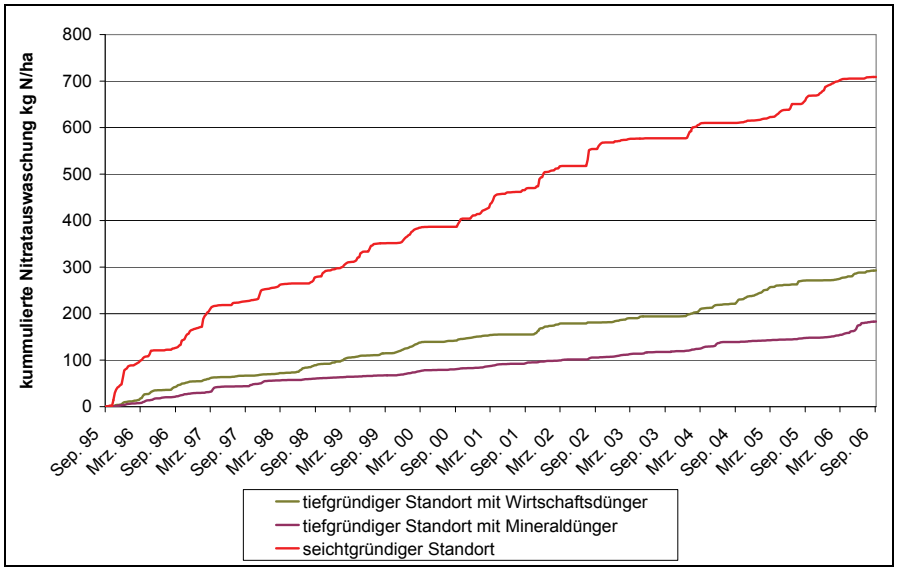
	Durchschnittliche jährliche SW [mm]	Mittlere jährliche NO_3-auswaschung [kg/ha]	Durchschnittliche NO_3-Konz. [mg/l]
Tiefgr. WD	286	28,3	36,6
Tiefgr. MD	315	18,1	20,8
Seichtgr.	308	63,5	75,0

Die sehr geringe Nitratauswaschung und -konzentration im Sickerwasser des seichtgründigen Standorts im Jahr 2003 lag an einem extrem trockenen Jahr, indem es in der gesamten Vegetationsperiode kaum mehr zu einer Sickerwasserbildung kam. Die Sickerwasserbildung im Jahr 2003 war halb so hoch wie der 12-jährige Durchschnitt. Die Frühjahrsdüngegaben konnten somit auch am seichtgründigen Standort nicht ausgewaschen werden.

Die mittlere Nitratkonzentration ist am seichtgründigen Standort am höchsten



Die kumulierte Nitrataus-waschung von 1995 – 2006 ist am seichtgründigen Standort 2 – 4 x höher als auf den Vergleichs-standorten

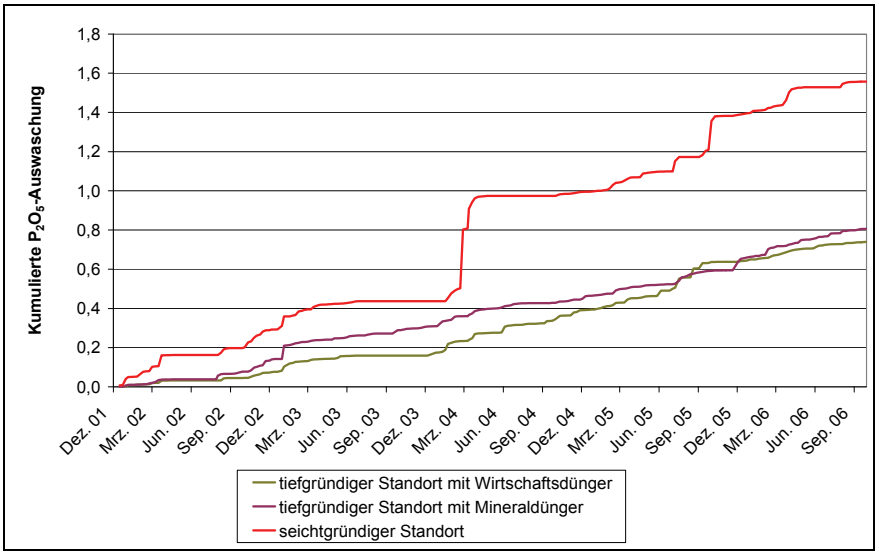


Ein ähnliches Bild wie die Nitratkonzentration zeigte die kumulierte und die mittlere jährliche Nitratauswaschung mit 2 bis 4 Mal so hohen Werten am seichtgründigen Standort als auf den tiefgründigen Standorten. Auch der Verlauf der Auswaschung differierte zwischen den tiefgründigen und seichtgründigen Standorten. Die Niederschläge in den Wintermonaten sowie einzelne stärkere Regenereignisse führten beim seichtgründigen Standort zu starken Zunahmen im Verlauf der Nitratauswaschung, während in den Perioden dazwischen kaum eine Auswaschung stattfand. Dies ist auf die geringe Speicherkraft dieses Bodens zurückzuführen, wodurch es bereits nach relativ geringen Niederschlägen in den vegetationslosen Perioden Herbst bis Frühling zu einer Sickerwasserbildung kommt und das im Boden befindliche Nitrat ausgewaschen werden kann. Die Nitratauswaschung in den tiefgründigen Böden fand kontinuierlicher statt.

Es besteht somit ein deutlich höheres Auswaschungsrisiko auf seichtgründigen Standorten als auf tiefgründigen Standorten.

Standorteigenschaften haben den größten Einfluss auf die Nitratauswaschung

Die Unterschiede der Nitratauswaschung und -konzentration zwischen dem Standort mit Wirtschaftsdünger und dem Standort mit Mineraldünger sind auf den Einfluss der Bewirtschaftung (Kapitel: „Einfluss der Bewirtschaftung“, Seite 25) zurückzuführen. Insgesamt ist jedoch erkennbar, dass der Einfluss des Standortes eine deutlich größere Rolle spielte (Unterschiede zwischen dem seichtgründigen Standort zu den beiden tiefgründigen Standorten) als die Effekte der Bewirtschaftung (Unterschiede zwischen den tiefgründigen Standorten).



Die kumulierte Phosphatauswaschung von 2002 - 2006 ist am seichtgründigen Standort doppelt so hoch als auf den tiefgründigen Standorten

Die akkumulierten Verluste der Phosphatauswaschung aller 5 Untersuchungsjahre (2002 - 2006) waren beim seichtgründigen Standort mehr als doppelt so hoch wie bei den tiefgründigen Standorten. Die großen Differenzen im Verlauf der akkumulierten Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort bis zum Jahr 2006 waren hauptsächlich auf drei Niederschlagsereignisse zurückzuführen. Die ersten beiden fanden im Februar und März 2004 statt, das dritte im Oktober 2005. Insgesamt wurde an diesen Tagen 0,55 kg P_2O_5/ha ausgewaschen. Das war mehr als ein Drittel des insgesamt an diesem Standort verloren gegangenen Phosphats.

Einzelne Niederschlagsereignisse als Grund für die hohe Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort

Generell wird davon ausgegangen, dass Phosphor im Boden so stark gebunden wird, dass keine oder eine nur unwesentliche Verlagerung in den Unterboden stattfindet (Blume et al., 2002). Dementsprechend ist die Phosphatauswaschung normalerweise im Jahresverlauf gering. Jedoch existieren in Böden präferenzielle Fließwege, die einen „Bypass“ zwischen dem Oberboden und dem Wasserkörper herstellen können (z.B. Thomas and Phillips, 1979; Ritsema et al., 1993). Am seichtgründigen Standort können fingerartige präferenzielle Fließwege ausgebildet werden. Entlang dieser Fließwege versickert Niederschlagswasser sehr rasch, und transportiert gelöste Stoffe in das Grundwasser, womit die hohe Auswaschung an einigen wenigen Ereignissen am seichtgründigen Standort erklärt werden könnte.

Präferenzielle Fließwege führen zu einem „Bypass“ zwischen Oberboden und dem Wasserkörper.

Die Phosphatauswaschung wird stark von Standortfaktoren beeinflusst.

Sickerwasserbildung (SW), P_2O_5-Verlust und durchschnittliche PO_4-Konzentration im Sickerwasser im langjährigen Durchschnitt am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger (Tiefgr. WD), tiefgründigen Standort mit Mineraldünger (Tiefgr. MD) und am seichtgründigen Standort (Seichtgr.)

	Durchschnittliche jährliche SW [mm]	Mittlere jährliche P_2O_5- Verluste [kg/ha]	PO_4- Konzentration [mg/l]
Tiefgr.. WD	286	0,14	0,08
Tiefgr. MD	315	0,16	0,07
Seichtgr.	308	0,35	0,12

Die Phosphatauswaschung an den tiefgründigen Standorten verlief relativ parallel und die mittleren jährlichen Verluste und PO_4-Konzentrationen im Sickerwasser waren ähnlich, sodass ein Einfluss der Bewirtschaftung (Mineraldünger oder Wirtschaftsdünger) als gering angenommen werden kann. Der Einfluss des Standorts spielte dementsprechend auch bei der Phosphatauswaschung eine wesentlich größere Rolle als der Einfluss der Bewirtschaftung.

Zu beachten ist allerdings, dass am seichtgründigen Standort auch der Phosphatgehalt deutlich höher war (siehe Kapitel Phosphatgehalte der Böden).

EINFLUSS DER BEWIRTSCHAFTUNG

Der Einfluss der Düngemenge

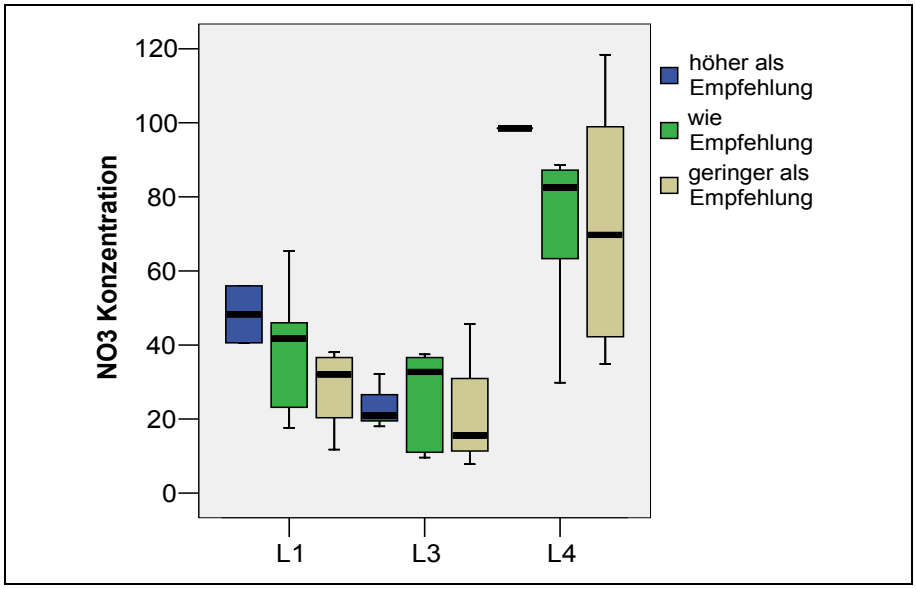
Neben den Standortfaktoren spielt die Menge des auf den Boden aufgebrachten Stickstoffs eine große Rolle für die Nitratauswaschung. Dabei kommt es nicht nur auf die Düngemenge an sich an, sondern auch darauf, ob der Ertrag und damit der Stickstoffentzug bei der Düngerbemessung realistisch eingeschätzt wurde. Die Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 6. Auflage, 2006) enthalten Düngeempfehlungen, die der tatsächlich gedüngten Stickstoffmenge gegenübergestellt und mit der Nitratauswaschung im Zeitraum März bis Oktober verglichen wurden. Der Auswaschungszeitraum wurde so gewählt, um den Einfluss der Begrünung bzw. der Winterauswaschung vernachlässigen zu können.

Die Düngemaßnahmen am seichtgründigen Standort (L4) lagen nahezu ausschließlich im Bereich der Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMFLUW, 6. Auflage, 2006, Tab. 21 - 25) bzw. darunter. Trotzdem war die durchschnittliche Nitratkonzentration auf diesem Standort höher als auf den tiefgründigen Standorten, obwohl auf jenen Standorten auch höhere Düngegaben verabreicht wurden, als in den Richtlinien empfohlen. Die Nitratkonzentration am seichtgründigen Standort lag trotz Düngung entsprechend der Empfehlungen oder darunter größtenteils über dem Grundwasserschwellenwert.

Eine Düngung entsprechend den Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung, verringert die Nitratauswaschung und Nitratkonzentration im Sickerwasser

Düngegaben, die am Standort mit Wirtschaftsdünger (L1) über den Empfehlungen der Richtlinien lagen, führten zu einer Nitratkonzentration im Sickerwasser, die im Mittel über dem Grundwasserschwellenwert lag und signifikant höher war, als bei laut Richtlinien oder niedriger gedüngten Kulturen.

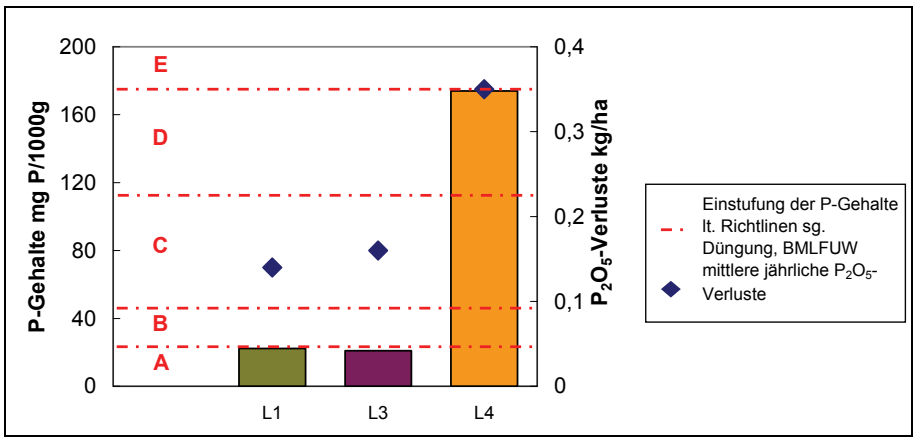
Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser hingen vom Standort ab und bei L1 und L4 auch davon, ob die Höhe der Düngung der Empfehlung der Richtlinien entsprach. (– 50 % der Werte mit Median, ┬ höchster Wert der kein Ausreißer ist, ┴ 25 % niedrigster Wert der kein Ausreißer ist)



Phosphor weist im Vergleich zu Stickstoff in Bezug auf die Düngung, Nährstoffspeicherung und Auswaschung wesentlich andere Eigenschaften auf. Phosphor wird im Boden relativ fest gebunden und ist dadurch weniger auswaschungsgefährdet. Ob trotzdem Phosphat ausgewaschen wird, hängt nicht von den unmittelbar vorangegangenen Düngemaßnahmen, sondern vom Phosphatgehalt des Bodens ab, der von der Düngung nur mittel- bis langfristig beeinflusst wird.

Der Boden am seichtgründigen Standort hatte einen Gehalt an CAL-löslichem Phosphat von 174 mg P/1000g. Laut der Tab. 10 der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 6. Auflage, 2006) entspricht dieser Wert der Gehaltsstufe D - hoch (bereits an der Grenze zu E – sehr hoch) und ist eine Folge der langjährigen Düngung mit Biogasgülle bis ins Jahr 2002.
Die beiden tiefgründigen Standorte mit Wirtschaftsdünger sind laut Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 6. Auflage, 2006) sehr gering mit Phosphat versorgt (Gehaltsstufe A).

Hohe Phosphatgehalte im Boden (Gehaltsstufe D) führen zu einer hohen Phosphatauswaschung

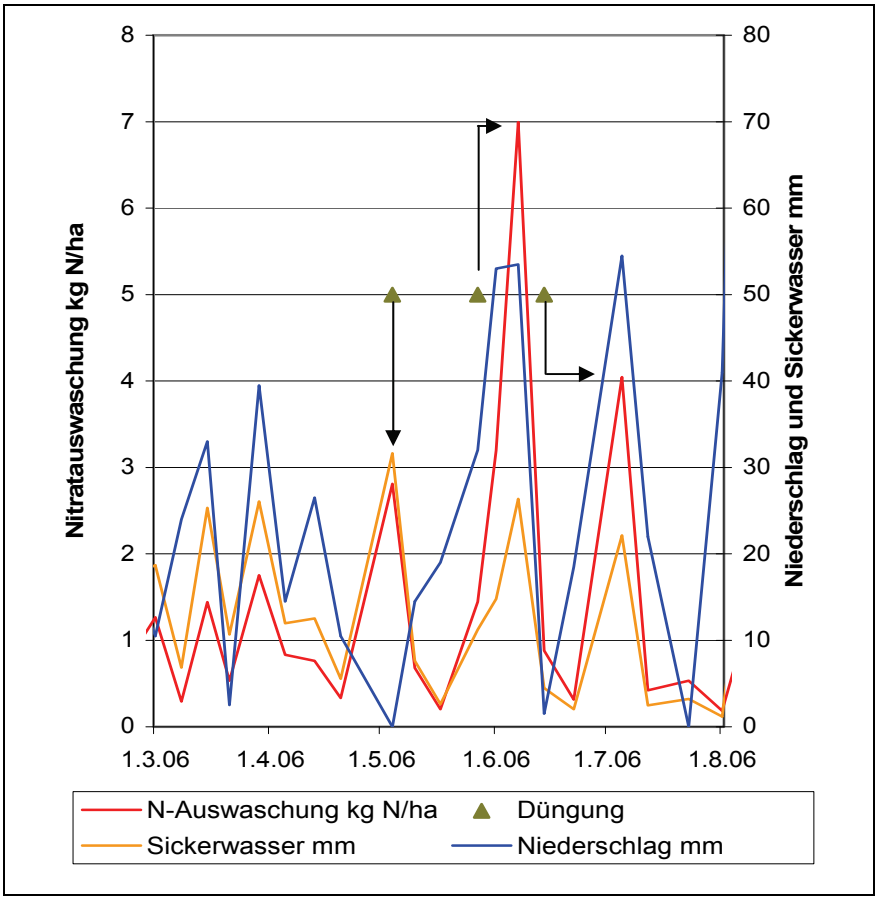


Düngung zu ungünstigen Zeitpunkten

Neben der Höhe der Düngung trägt auch der Zeitpunkt dazu bei, ob die Düngegabe von den Pflanzen aufgenommen werden kann bzw. ob sie ins Grundwasser ausgewaschen wird.
In diesem Zusammenhang können Hackfrüchte wie Mais problematisch sein, bei denen die Entwicklung und damit auch die Stickstoffaufnahme erst spät einsetzt. Folgen auf die Düngemaßnahmen hohe Niederschläge, kann das zu einer erheblichen Stickstoffauswaschung führen.

Eine Düngung vor einem Niederschlagsereignis führt zu einer hohen Nitratauswaschung

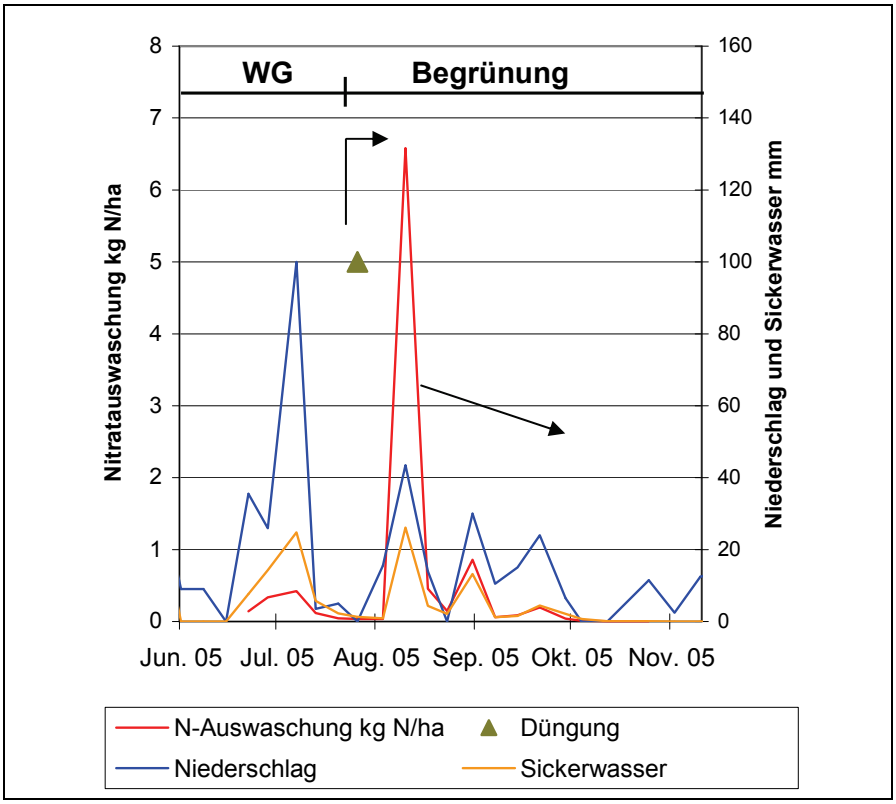
Zum Beispiel führten drei Düngemaßnahmen am Standort L3 im Frühjahr 2006 zu hohen Nitratmengen im Boden, die durch das Sickerwasser in Folge von Niederschlagsereignissen, die unmittelbar auf diese Düngegaben folgten, ausgewaschen wurden. Die Nitratkonzentrationen erreichten bis zu 196 mg NO_3/l.
Hier könnte eine möglichst späte Düngung dazu beitragen, dass die Nitratauswaschung reduziert wird.



Die späte Entwicklung und Stickstoffaufnahme von Mais kann dazu führen, dass auf die Düngung folgende Niederschläge zu einer erheblichen Stickstoffauswaschung führen (Standort L3)

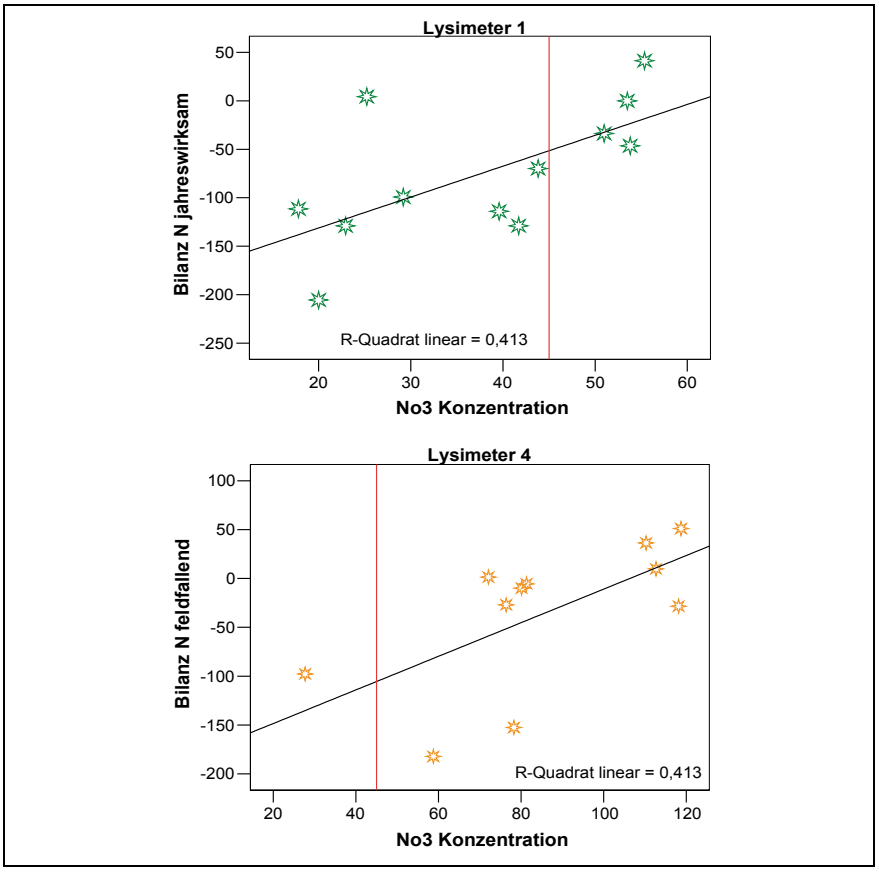
Viehhaltende Betriebe sind in der Regel gezwungen, einen Teil des anfallenden Wirtschaftsdüngers im Herbst auszubringen. Wie das Beispiel am Standort L1 zeigt, kann eine Winterbegrünung den ausgebrachten Stickstoff nicht im vollen Umfang verwerten und die Herbstniederschläge des Jahres 2005 führten zu einer Auswaschung ins Grundwasser, wobei Nitratkonzentrationen von 140 mg NO_3/l erreicht wurden.

Beispiel einer hohen Nitratauswaschung nach einer Herbstdüngung am Standort (L1), trotz Anbau einer Winterbegrünung (auf Wintergerste folgend)



Nitratauswaschung und Nährstoffbilanz

Ausgeglichene Stickstoffbilanzen bedeuten, dass die gedüngte Stickstoffmenge dem Stickstoffverbrauch der Pflanze entspricht. Auch wenn der gedüngte Stickstoff durch Bodenlebewesen assimiliert wird und diese andererseits auch wieder organischen Bodenstickstoff mineralisieren, sodass nicht der gesamte Dünger unmittelbar nach der Anwendung wirksam wird, stellen dennoch ausgeglichene oder negative Bilanzen einen Schutz vor einer Nitratauswaschung dar.



Vergleich Bilanz und NO_3 - Konzentration auf 2 Lysimeterstandorten (rot: Grundwasserschwellenwert)

Der Zusammenhang der beiden Faktoren Nitratauswaschung und Nährstoffbilanz ließ sich auf zwei der drei Standorte gut darstellen. Die Korrelation war jedoch sehr stark von den Standorteigenschaften überlagert. Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Bilanz, berechnet über den am Feld ausgebrachten bzw. über die Vorfruchtwirkung vorhandenen jahreswirksamen Stickstoff und der Nitratkonzentration im Grundwasser ($r^2 = 0{,}41$).

Niedrige Stickstoffbilanzen führen zu geringeren Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

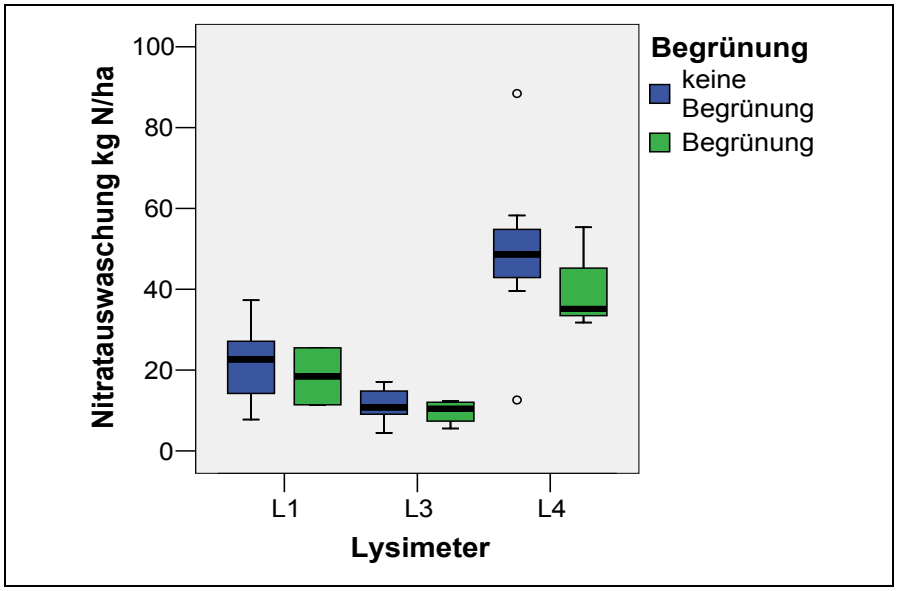
Der Einfluss der Stickstoffbilanz auf die Nitratkonzentration ließ sich auch am seichtgründigen Standort ablesen. Die Schlagbilanz berechnet über den feldfallenden Stickstoff korrelierte signifikant mit der Nitratkonzentration im Grundwasser ($r^2 = 0{,}41$). Ein Vergleich der beiden Standorte ergab trotz ähnlicher Korrelationen deutliche Unterschiede im Niveau der Nitratkonzentrationen, die auf die deutlich verschiedenen Standorteigenschaften zurückzuführen waren. Negative Bilanzen am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger führten tendenziell zu einer Nitratkonzentration unter dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l. Hingegen konnten am seichtgründigen Standort bereits negative Stickstoffbilanzen zu Konzentrationen über dem Schwellenwert führen.

Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger konnte keine Korrelation zwischen den berechneten Stickstoffbilanzen und der Nitratauswaschung festgestellt werden. Dort war allerdings die Nitratauswaschung generell auf einem sehr niedrigen Niveau.

Einfluss der Begrünung

Begrünungen nehmen den mineralischen Stickstoff aus dem Boden auf, der von der vorangegangenen Hauptfrucht nicht verwertet werden konnte oder der nach der Ernte durch die Mineralisierung der Erntereste nachgeliefert wird. Um den Effekt der Begrünung auf die Auswaschung zu untersuchen, wurde diese für den Begrünungszeitraum August bis März berechnet (Zeitraum möglicher ÖPUL-Begrünungsvarianten).

Die Nitratauswaschung war auf allen drei Standorten ohne Begrünung höher als mit Begrünung
(– 50 % der Werte mit Median, ┬ höchster Wert der kein Ausreißer ist,
┴ 25 % niedrigster Wert der kein Ausreißer ist)



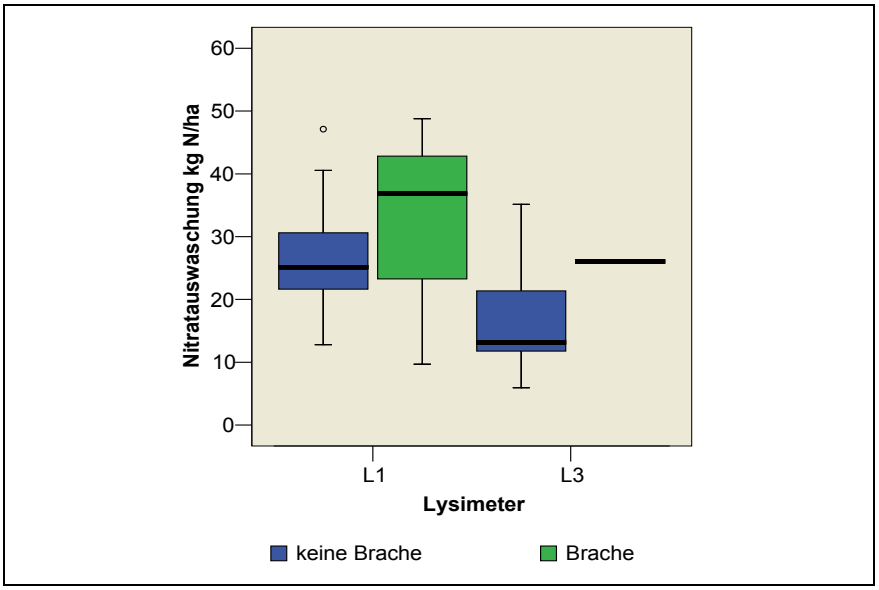
Auf allen drei Standorten war in jenen Jahren, in denen eine Begrünung am Feld angelegt wurde, im Mittel die Nitratauswaschung geringer als in Jahren, in denen keine Begrünung angelegt wurde. Der größte Effekt einer Begrünung wurde am seichtgründigen Standort gemessen. Auf diesem Standort war die Nitratauswaschung ohnehin hoch, durch eine regelmäßige Anlage einer Begrünung konnte die Auswaschung im Mittel um 13,5 kg N/ha (27,8 %) gesenkt werden.

Die Anlage einer Begrünung verringert die Nitratauswaschung

Begrünungen an den tiefgründigen Standorten bewirkten eine Reduktion der Nitratauswaschung im Mittel um 18,5 % am Standort mit Wirtschaftsdünger und 3 % am Standort mit Mineraldünger. Am Standort mit Wirtschaftsdünger war es üblich, im Herbst eine Düngegabe zu geben, um die Lagerstätten für die Gülle für die Wintermonate zu leeren. Ohne die Anlage einer Begrünung würde ein Teil der Stickstoffgabe über die Herbst- und Wintermonate ins Grundwasser ausgewaschen.

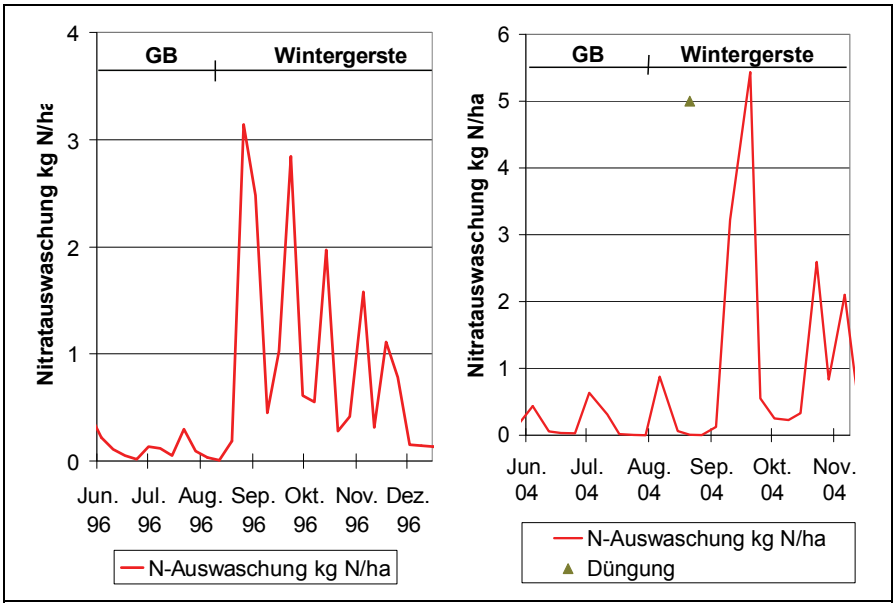
Grünbrache

Grünbrachen oder einjährige Feldfutterflächen waren im Bezug auf die Nitratauswaschung und die Nitratkonzentration im Sickerwasser ungünstiger als andere Kulturen.



Hohe Nitratauswaschung auf Grünbrachefeldern gegenüber anderen Kulturarten (– 50 % der Werte mit Median, ┬ höchster Wert der kein Ausreißer ist, ┴ 25 % niedrigster Wert der kein Ausreißer ist)

Hohe Nitratauswaschung nach dem Umbruch einer Grünbrache (GB) an 2 Beispielen am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger (L1)

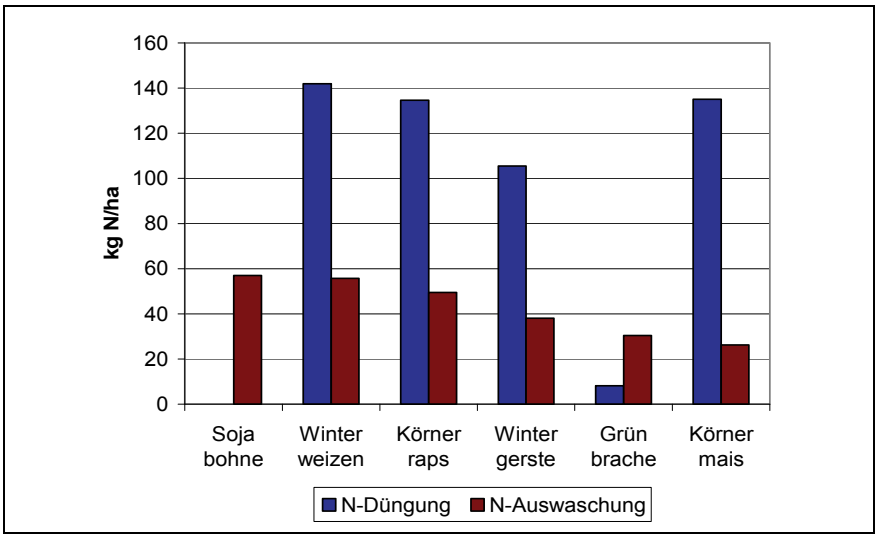


Üblicherweise wurde die Grünbrache im Herbst gehäckselt und anschließend in den Boden eingearbeitet, sodass erhebliche Mengen an Stickstoff im Boden verblieben. Der nachfolgende Anbau einer Winterung oder Winterbegrünung konnte in den ersten Monaten aufgrund des geringen Wachstums nur begrenzt Stickstoff aufnehmen, die Gefahr der Auswaschung stieg erheblich an. Die zusätzliche Düngung am Standort mit Wirtschaftsdünger im Jahr 2004 verschärfte die Situation nochmals und führte zu einer hohen Nitratauswaschung bei einem nachfolgenden mittleren Niederschlagsereignis von über 5,5 kg N/ha.

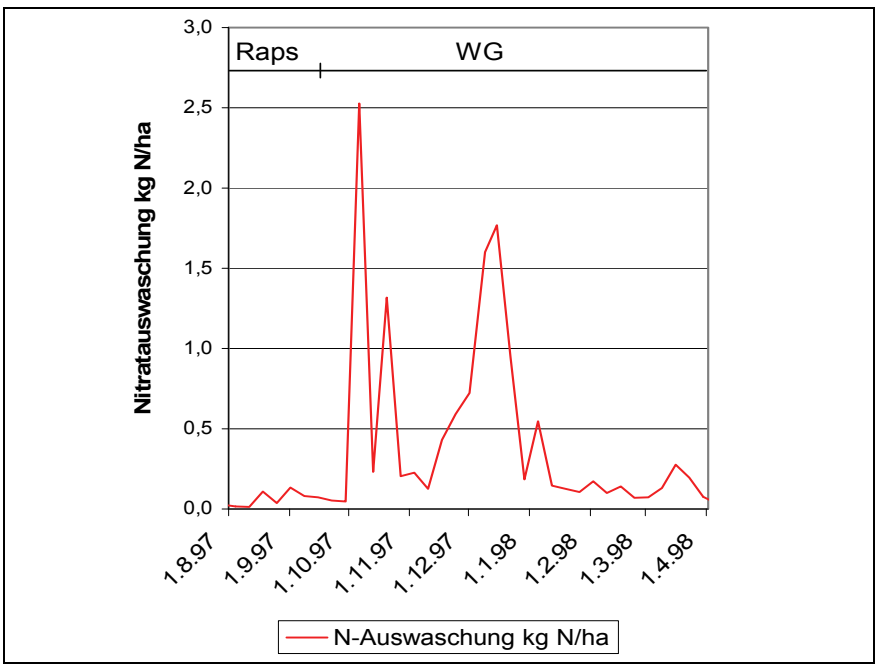
Eine andere Nutzung von Stilllegungsflächen (SL) kann daher bei moderater Düngung den Zielen des Grundwasserschutzes unter Umständen besser entsprechen als eine ungenutzte Grünbrache, in der keine vergleichbaren Stickstoffentzüge auftreten.

Unterschiede der Hauptkulturen

Zwischen den Hauptkulturen konnten zwar Unterschiede in der Nitrataus-waschung festgestellt werden, diese hingen aber nicht in erster Linie damit zusammen, dass die Kulturen unterschiedlich hoch gedüngt wurden, sondern dürften auf andere Faktoren zurückzuführen sein.



Hohe Nitratauswaschung bei Leguminosen und Winterungen



Hohe Nitratauswaschung nach dem Einarbeiten von Ernteresten vor einer Winterung.
Beispiel am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger (L3)

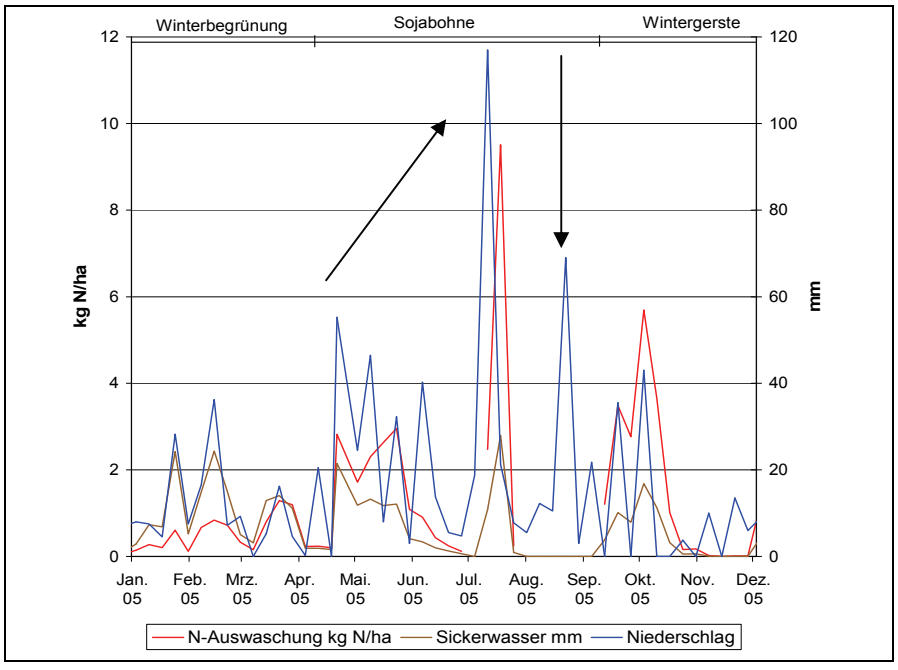
Hohe Nitratauswaschungen wurden unter anderem bei Winterungen gemessen. Kritische Phasen mit Nitratkonzentrationsspitzen und einer entsprechenden Auswaschung traten jeweils nach dem Einarbeiten von Pflanzenmassen auf.

Dies war verstärkt bei Wintergetreide zu beobachten. Die Erntereste der Vorkultur wurden aufgrund eines warmen Herbstes sehr rasch mineralisiert und bewirkten in Folge hohe Spätherbst-N_{min} Gehalte im Boden. Die Winterung konnte aufgrund des geringen Wachstums im Herbst die Nitratgehalte im Boden noch nicht aufnehmen, sodass sowohl Nitratkonzentration als auch Nitratauswaschung in den Wintermonaten sehr hoch waren. Ungünstig wirkt sich demgemäß eine zusätzliche Herbstdüngung am Standort mit Wirtschaftsdünger aus.

Anbau von Leguminosen

Leguminosen binden mit Hilfe von Knöllchenbakterien Stickstoff direkt aus der Luft. Sie sind daher nicht auf den Stickstoff im Boden angewiesen. Nitrat, das im Boden durch Mineralisierung gebildet wird, wird daher von Leguminosen nur eingeschränkt verwertet und stellt ein Auswaschungsrisiko dar, auch wenn nicht gedüngt wurde. Dementsprechend war die Nitratauswaschung unter Sojabohne die höchste aller Kulturarten (Abbildung: siehe Seite 33). Sojabohne wurde jedoch nur am seichtgründigen Standort angebaut, sodass zusätzlich für die Nitratauswaschung auch die Standorteigenschaften eine große Rolle spielen.

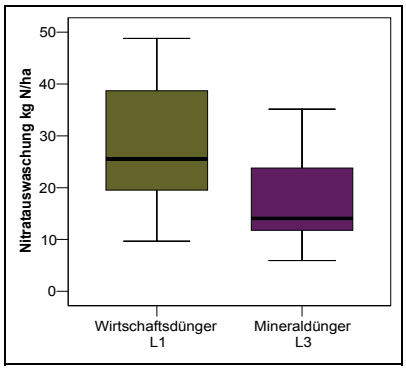
Beispiel einer Nitratauswaschung unter und nach Sojabohne am seichtgründigen Standort (L4)



Der Verlauf der Nitratauswaschung am seichtgründigen Standort des Jahres 2005 verdeutlichte das anwachsende Nitratauswaschungsrisiko im Verlauf der Sommermonate unter Sojabohne. Im Laufe des Sommers nahm die Nitratkonzentration im Sickerwasser kontinuierlich zu und erreichte einen Maximalwert von 174 mg NO_3/l und einer Nitratauswaschung von nahezu 10 kg N/ha im Juli. Starke Konzentrationsanstiege erfolgten weiters nach der Ernte der Leguminosen und dem Einarbeiten der Erntereste. Der Stickstoff konnte von der darauf folgenden Kulturart noch nicht aufgenommen werden und wurde ausgewaschen.

Unterschied der Nitratauswaschung zwischen einem Standort mit Wirtschaftsdünger und einem Standort mit Mineraldünger

Das Düngeniveau war auf beiden Standorten gleich hoch. Jedoch war die Nitratauswaschung am Standort mit Mineraldünger im langjährigen Durchschnitt um 36 % geringer als am Standort mit Wirtschaftsdünger. Auch die Nitratkonzentrationen lagen im Mittel der Untersuchungsjahre am Standort mit Mineraldünger um 43 % unter den Konzentrationen des Standorts mit Wirtschaftsdünger. Diese Unterschiede waren jedoch nicht auf die unterschiedlichen Düngemittel zurückzuführen, sondern eher auf die ungünstigen Bewirtschaftungsmaßnahmen am Standort mit Wirtschaftsdünger.



Höhere Nitratauswaschung am Standort mit Wirtschaftsdünger (▬ 50 % der Werte mit Median, ┬ höchster Wert der kein Ausreißer ist, ┴ 25 % niedrigster Wert der kein Ausreißer ist)

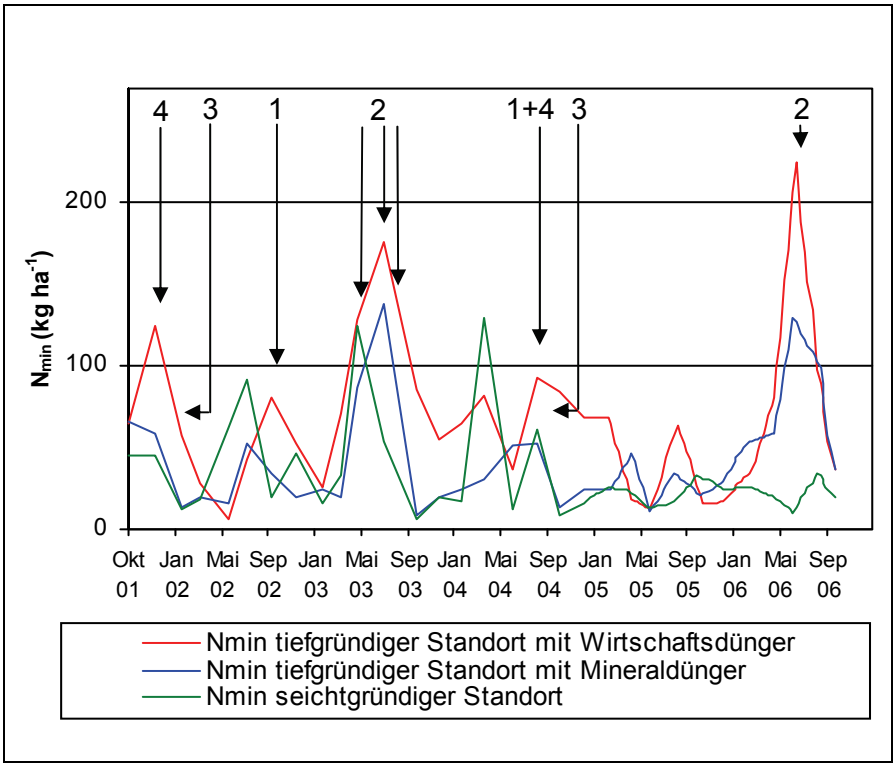
Die unterschiedlichen Düngezeitpunkte dürften der Hauptgrund für die unterschiedliche Nitratauswaschung sein. Vor allem eine Düngung im Herbst, wie sie am Wirtschaftsdüngerstandort üblich war, führte zu einem höheren Nitratauswaschungsrisiko über die Herbst und Wintermonate. Ein Überdenken dieser Düngemaßnahme und die Erweiterung von Lagerstätten für den Wirtschaftsdünger, um die Düngemaßnahmen effizienter zu gestalten, wäre am Standort mit Wirtschaftsdünger sinnvoll.

VERGLEICH DES N_{MIN} UND DES MINERALISIERBAREN STICKSTOFFS AUF DEN STANDORTEN

Eine Düngung erhöht den N_{min}-Gehalt im Boden

Eine Düngung erzeugte einen Anstieg der N_{min}-Werte im Boden, sofern die Düngegabe nicht unmittelbar von der Pflanze aufgenommen werden konnte. Dies war vor allem bei Herbstdüngungen der Fall, bei denen das Wachstum der Winterung noch zu gering war, um die vorhandene Stickstoffmenge vollständig aufzunehmen (1). Aber auch sehr frühe Düngemaßnahmen bei Kulturen, die sich erst spät entwickelten (Mais und Sonnenblume), sodass die Düngung längere Zeit vor dem Einsetzen eines nennenswerten Entzugs stattfand, führten zu einem Anstieg der N_{min}-Werte im Frühjahr (2). Die erreichten Höchstgehalte an N_{min} stehen dabei im direkten Zusammenhang mit der durch den Dünger aufgebrachten N-Menge. So wurde zum Beispiel im Erntejahr 2003 am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Vergleich zum Standort mit Mineraldünger um 38 kg N/ha mehr gedüngt. Der höchste Gehalt an N_{min} lag in etwa um denselben Wert höher (2).

Vergleich der N_{min}-Gehalte der drei Lysimeterstandorte 2001 - 2006



Einen weiteren Anstieg der N_{min}-Werte erzeugte die Einarbeitung der Ernte-reste. Vor allem bei einem warmen Herbst wird das organische Material schnell mineralisiert und der Spätherbst N_{min}-Gehalt im Boden steigt an (3).

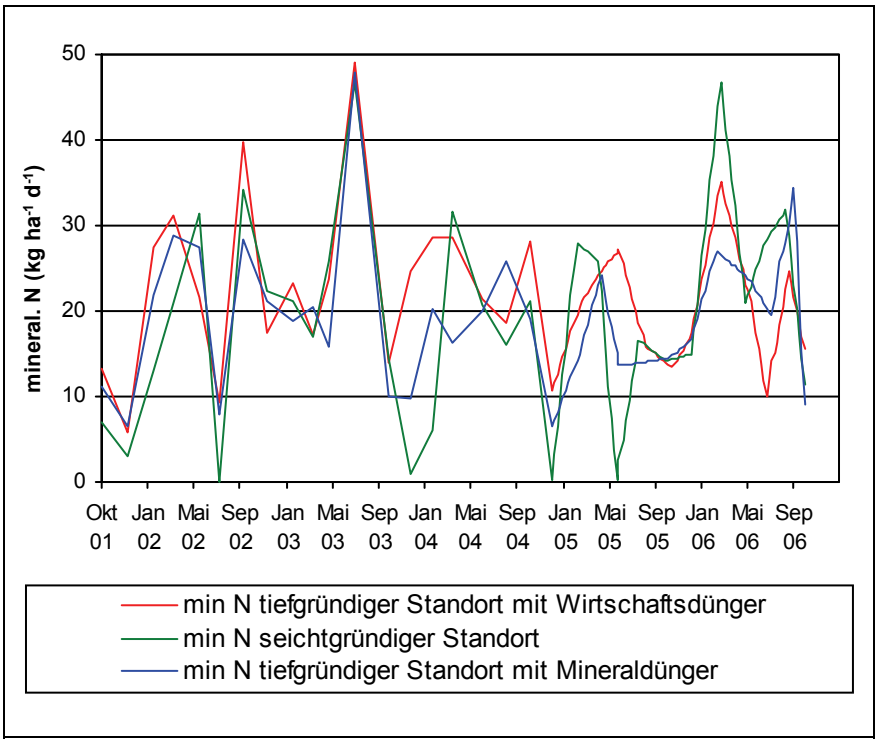
Das Einarbeiten einer Grünbrache bzw. des Kleegrases am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger bewirkte sowohl im Winter 2001/2002 als auch Ende 2004 einen deutlich höheren Anstieg der N_{min}-Gehalte im Boden als das Einarbeiten der Erntereste auf den beiden Vergleichs- böden (4).

Ebenfalls gut erkennbar ist, dass am seichtgründigen Standort im Vergleich der N_{min}-Gehalt des Bodens im Frühjahr am schnellsten ansteigt. Spät angebaute Kulturen oder solche, bei denen die Entzüge erst spät einsetzen, stellen dort somit ein größeres Risiko dar.

Die Einarbeitung der Ernte-reste oder einer Grünbrache erhöhen den N_{min}-Gehalt des Bodens

Der Verlauf des mineralisierbaren Stickstoffs lässt kaum Unterschiede zwischen den Standorten erkennen, die verschiedenen Standorteigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen lassen sich am mineralisierbaren Stickstoff kaum ablesen. Die Ab- und Zunahme der mineralisierbaren Stickstoffmengen verliefen in allen Untersuchungsgebieten sehr ähnlich. Es kam jeweils während der Sommermonate zu einer kontinuierlichen Abnahme des mineralisierbaren Stickstoffs aufgrund der Umwandlung des mineralisierbaren Stickstoffs in pflanzenverfügbaren Stickstoff. Nach dem Einarbeiten der Erntemassen im Spätsommer oder im Herbst nahm der mineralisierbare Stickstoff im Boden wieder zu.

Keine Unterschiede zwischen den Standorten bei mineralisierbarem Stickstoff.



Vergleich der Gehalte an mineralisierbarem Stickstoff der Standorte 2001 - 2006

AUSBLICK

Die Lysimeteranlagen liefern wertvolle Datengrundlagen.

Sie ermöglichen:

- Auswirkungen der Bodenbewirtschaftung auf die Nitrat- und Phosphatverluste mit dem Sickerwasser zu untersuchen
- Handlungsoptionen und Maßnahmen der Landwirtschaft zu bewerten
- Den Einfluss der Standortfaktoren (Boden, Klima) und der Bewirtschaftung (Düngung, Anbau, Bodenbearbeitung) miteinander zu vergleichen
- Die Beratung für eine gewässerschonende Landwirtschaft auf eine fundierte Basis zu stellen.

Wozu die Lysimeteranlagen weiter betreiben?

Für die Fortführung der Messreihen sprechen mehrere Gründe:

- Mit 2007 beginnt ein neues ÖPUL und damit auch ein neues Gewässerschutzprogramm der Landwirtschaft – Grundwasser 2010
- Diese enthalten einige neue Gewässerschutzmaßnahmen der Landwirtschaft, deren Auswirkung mit den Lysimeteranlagen untersucht werden sollte.
- Es ist zu erwarten, dass auf Grund der Nitratgehalte im Grundwasser für die Traun-Enns-Platte ein Beobachtungsgebiet ausgewiesen wird. Die Lysimeteranlagen sind derzeit die einzigen, die in diesem Gebiet installiert sind und erlauben ein Monitoring der Sickerwasserqualität von landwirtschaftlich genutzten Böden.

Schwerpunkte und Ziele der Lysimeteranlagen für die Zukunft

Konkrete Schwerpunkte und Ziele im Hinblick auf Versuchsdurchführungen für die nächsten Jahre sollten daher sein:

1. Beobachtungsgebiet Traun-Enns-Platte zur Evaluierung
   - der zeitlichen Düngepraktiken in der Landwirtschaft
   - der Düngeobergrenzen (nicht für alle Standorte geeignet)
   - und Unterstützung der Ursachenermittlung.

2. Verwendung als quantitative Messstellen oder Referenzmessstellen im österreichischen Messnetz des Hydrographischen Dienstes der ungesättigten Zone (Abteilung Wasserhaushalt im Lebensministerium).

3. Verwendung im Rahmen der ÖPUL 07-Evaluierung
   - zur Kalibrierung der Modelle (Methoden und Werkzeuge) in der Region
   - Beweissicherung und Datensicherheit

4. Zur Beobachtung und Dokumentation der Auswirkung von Klimaveränderungen auf das Austragsverhalten von Nitrat und Phosphor (auch Auswirkung von Extremsituationen).

LITERATUR

- Blume, H.P., G.W. Brümmer, U. Schwertmann, R. Horn, I. Kögel-Knaber, K. Stahr, K. Auerswald, L. Beyer, A. Hartmann, N. Litz, A. Scheinost, H. Stanjek, G. Welp, B.-M. Wilke (2002): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin.
- Kandeler, E. (1993): Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In: Schinner, F., R. Öhlinger, E. Kandeler, R. Margesin (Hrsg.): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin.
- Murer, E. (2001). Erfassung und Bewertung der Sickerwasserquantität und –qualität im Grundwassersanierungs-Pilotprojekt "Obere Pettenbachrinne und "Weißkirchen – Pucking" Abschlussbericht 2001. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt. Geschäftszahl 48-384//79/02 Tö
- Oberhauser, R. (1980). Der geologische Bau Österreichs. Springer, Wien-New York.
- ÖNORM EN ISO 10304-1 (1995).Wasserbeschaffenheit - Bestimmung d. gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat u. Sulfat mittels Ionenchromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304-1:1992). Ö. Normungsinstitut
- ÖNORM EN ISO 10304-2 (1996). Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie – Teil 2: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Nitrat, Nitrit, Ortho-Phosphat und Sulfat in Abwasser (ISO 10304-2:1995). Ö. Normungsinstitut
- ÖNORM L1091 (1999). Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von mineralischem Stickstoff – Nmin-Methode. Wien: Ö. Normungsinstitut
- Ritsema C.J., L.W. Dekker, J.M.H. Hendrickx, W. Hamminga (1993): Preferential flow mechanism in a water repellent sandy soil. Water Res., 29, 2183-2193.
- Schwertmann U. (1964): Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalatlösung. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde, 105, 194-202.
- Thomas G.W., R.E. Phillips (1979): Consequences of water movement in macropores. J. Environ. Qual., 8, 149-152.
- Wpa, Bundesamt für Wasserwirtschaft (2005). Phosphataustrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberösterreich. Hrsg. Amt der Oö. Landesregierung