

Stickstoffausträge unter Acker- und Grünland, gemessen mit Schwerkraftlysimetern und Sickerwassersammlern

G. EDER

Abstract

Gravitation lysimeters are used to find the amounts of nutrient leaching losses and their concentration in seepage water, especially the losses of nitrate. But gravitation lysimeters are expensive and not always good adapted in use for practical agricultural situations.

Therefore the desire exists to look for other types of lysimeters. One of these are the so called seepage water collectors or topsoil lysimeters, a ceramic suction plate in a plastic cylinder, with an additional suction tube.

These collectors are easy to be installed under the topsoil and they don't have the so called oasis effects as they may occur with gravitation lysimeters.

Because of the fact, that at the agricultural research station at Gumpenstein, gravitation lysimeters and additional field trials have been already existing, it was easy to install the so called seepage water collectors in a depth of 1 m in these additional field trials to come to a comparison between these collectors and gravitation lysimeters.

The installation of the seepage water collectors (SWC) in the different plots of the field trial was not difficult, but short time after installation two collectors got problems with water tightness. Therefore they had to be excavated, to be repaired and to be installed again.

With only a few exceptions the amounts of seepage water, received from gravitation lysimeters, was higher than the amounts from the (SWC) seepage water collectors. Immediately after the installation of the SWC the nitrate concentration in seepage water from the SWC was higher than that from gravitation lysimeters because of the aeration of the soil by the installation work and the following increasing N-mineralisation.

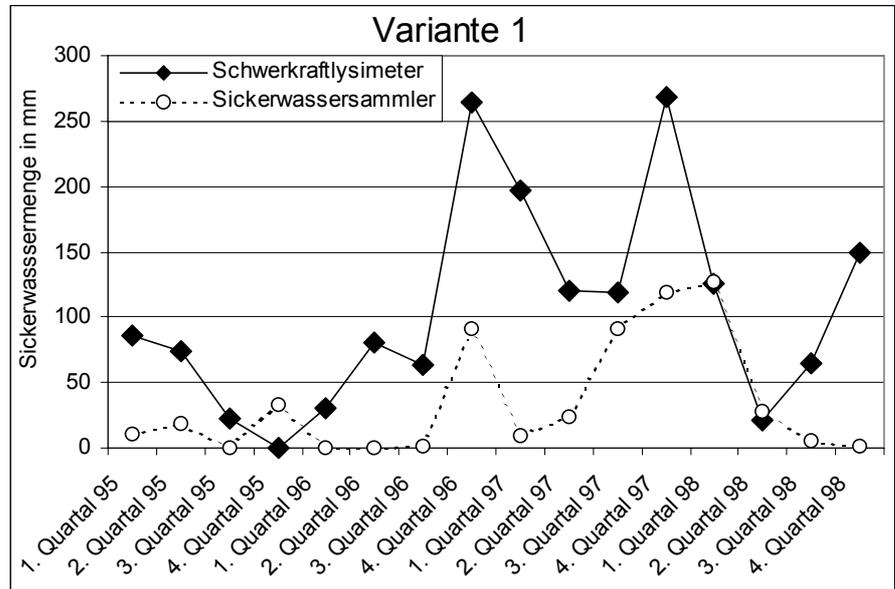


Abbildung 1: Sickerwassermengen in mm, Variante 1

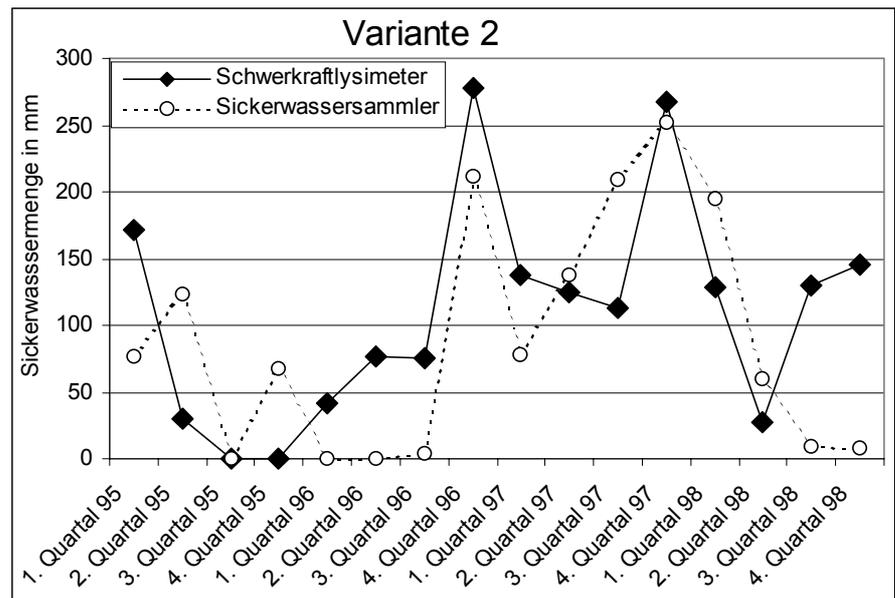


Abbildung 2: Sickerwassermengen in mm, Variante 2

The increase of nitrate concentrations in seepage water immediately after the tilling of the maize plots has the same reason. The increase of NO₃-concentrations in seepage water from SWC was higher than in seepage water from the gravitation lysimeters.

This may be explained by the more intense aeration of the soil in the field, tilled by a rotary cultivator, than the soil in the lysimeter chambers, tilled manually by the use of a spade. This is a clear benefit of the SWCs that they reflect very good the natural situation in a field like late-

Autor: Dr. Gerfried EDER, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Abteilung Bodenkunde, A-8952 IRDNING

ral flow or surface run off or airtation by soil tillage.

The use of gravitation lysimeters on the other hand allows an exacter reconstruction of seepage water movements and seepage water processes in a soil.

Einleitung und Fragestellung

Von der bodenkundlichen Abteilung der BAL Gumpenstein werden im Rahmen eines Forschungsprojektes, welches von mehreren Abteilungen gemeinsam zu bearbeiten ist und daher als sogenanntes Anstaltsprojekt bezeichnet wird, gleichzeitig herkömmliche Schwerkraftlysimeter eingesetzt, sowie auch sogenannte Sickerwassersammler oder Krumenlysimeter. Ziel dieser Arbeit ist es nun, die mit solchen unterschiedlichen Methoden der Sickerwassergewinnung erhaltenen Werte einander gegenüberzustellen, die etwaigen Unterschiede oder Gleichheiten aufzuzeigen, um bei zukünftigen Ergebnisinterpretationen - in Abhängigkeit von der angewandten Methode des Sickerwassersammelns - die richtigen Schlüsse ziehen zu können.

Material und Methoden

Zur Behandlung der vorhin erwähnten Fragestellung stehen eine Schwerkraftlysimeteranlage nach FRIEDRICH-FRANZEN zur Verfügung, sowie die in Parzellenversuche eingebauten Sickerwassersammler. Die Schwerkraftlysimeteranlage besteht aus 9 Lysimeterkammern, von denen fünf für diesen Bericht herangezogen werden. Die Kammern haben eine quadratische Oberfläche im Ausmaß von 1 m² und sind 1m tief. Die betonierten Teile wurden 1991 errichtet und 1992 mit Boden befüllt, wobei dies in Form einer sogenannten gestörten Befüllung geschah. Das heißt, die Bodensäulen wurden nicht monolithisch entnommen, sondern in Schichten von zehn zu zehn Zentimetern am Standort abgehoben und dann unter manueller Verdichtung horionterichtig in die Lysimeterkammern eingebracht.

Der Bodentyp ist eine kalkfreie Lockersedimentbraunerde aus fluvioglazialen Sedimenten mit einem pH-Wert von 5,8 und einem Humusgehalt von 3,4 %. Die Bodenart ist sandiger Schluff mit 30 % Sand, 63 % Schluff und 7 % Ton, der

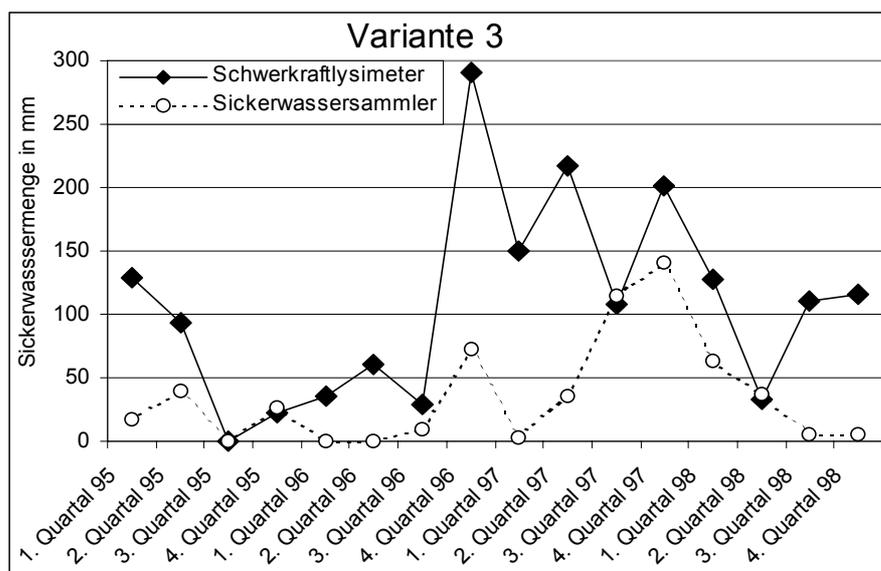


Abbildung 3: Sickerwassermengen in mm, Variante 3

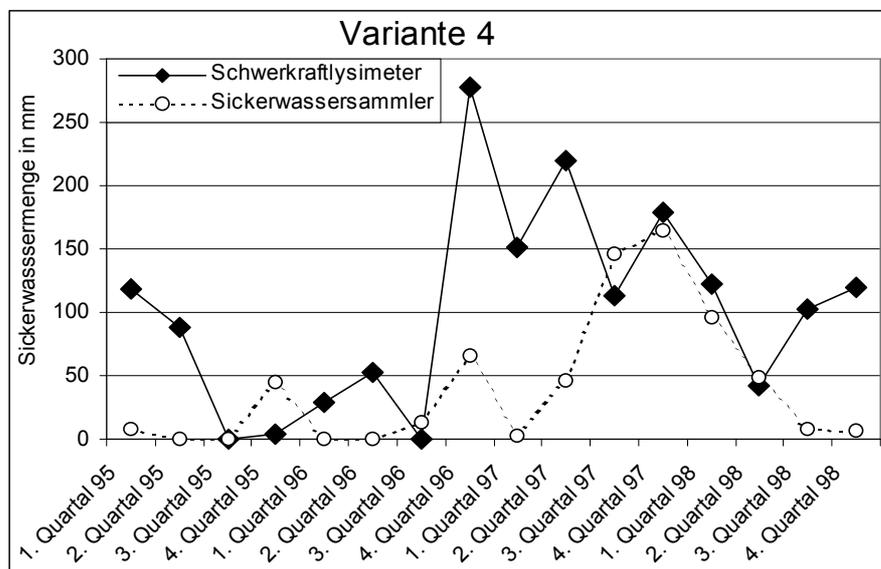


Abbildung 4: Sickerwassermengen in mm, Variante 4

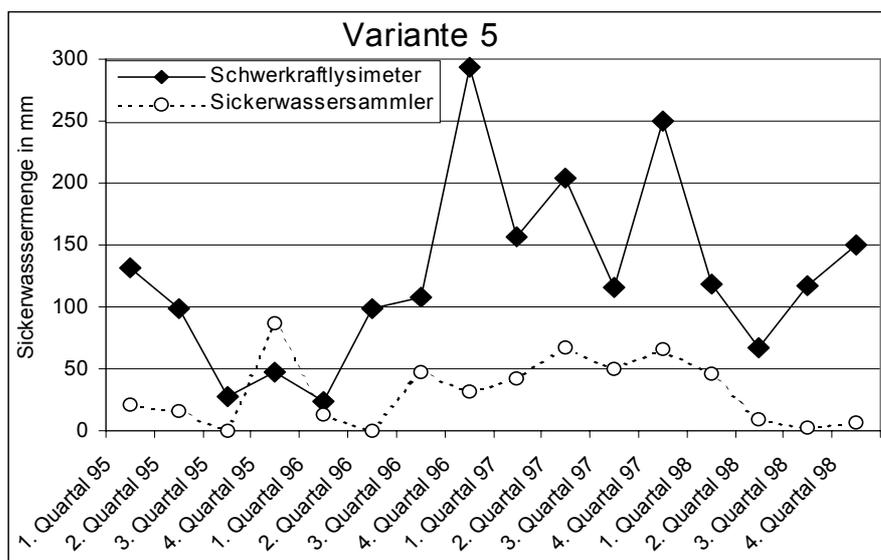


Abbildung 5: Sickerwassermengen in mm, Variante 5

Tabelle 1: Die Jahressummen der Niederschläge in den Versuchsjahren in mm und ihre Darstellung in Prozenten vom vierzigjährigen Mittelwert (1954 - 1993: 1013,4 mm)

Jahr	Niederschlagssumme	% vom 40-jährigen Mittelwert
1995	905 mm	89,3
1996	1150 mm	113,5
1997	1397 mm	137,9
1998	1164 mm	114,9

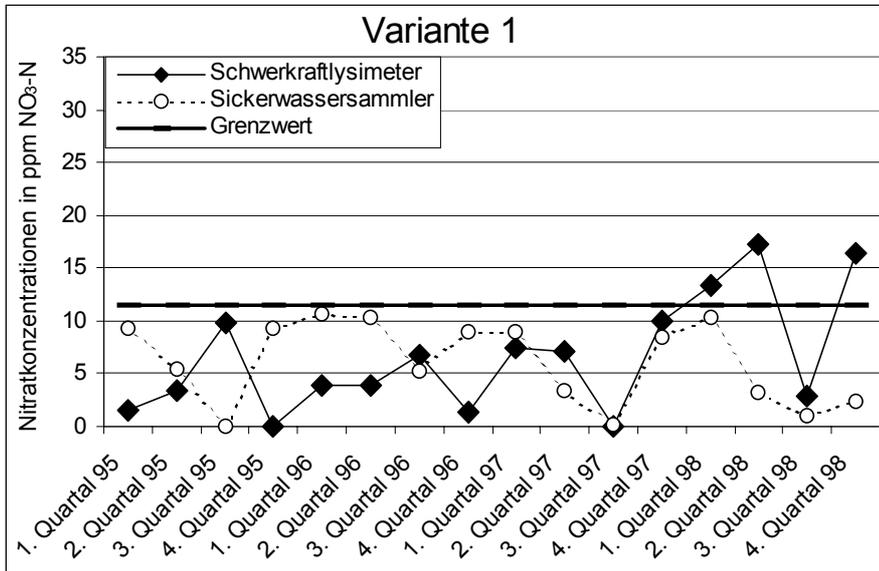


Abbildung 6: Nitratkonzentrationen in ppm NO₃-N, Variante 1

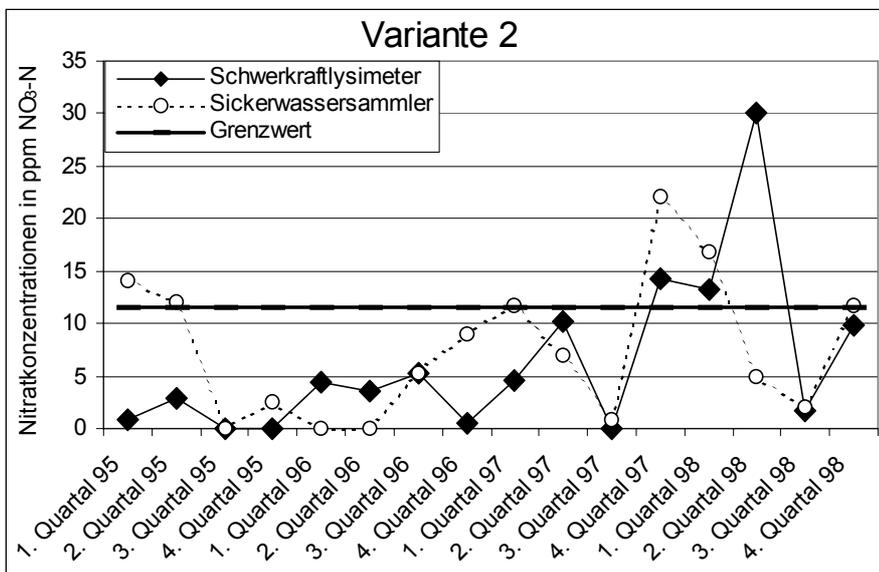


Abbildung 7: Nitratkonzentrationen in ppm NO₃-N, Variante 2

Boden zählt somit noch zu den leichteren Böden. Die Ansaat der landwirtschaftlichen Kulturen auf den Schwerkraftlysimetern erfolgte im April 1993. Diese 5 unterschiedlichen Varianten werden nachfolgend gemeinsam mit dem Feldversuch beschrieben. Der Boden der Schwerkraftlysimeter ist in Form eines Betontrichters mit flachem Gefälle aus-

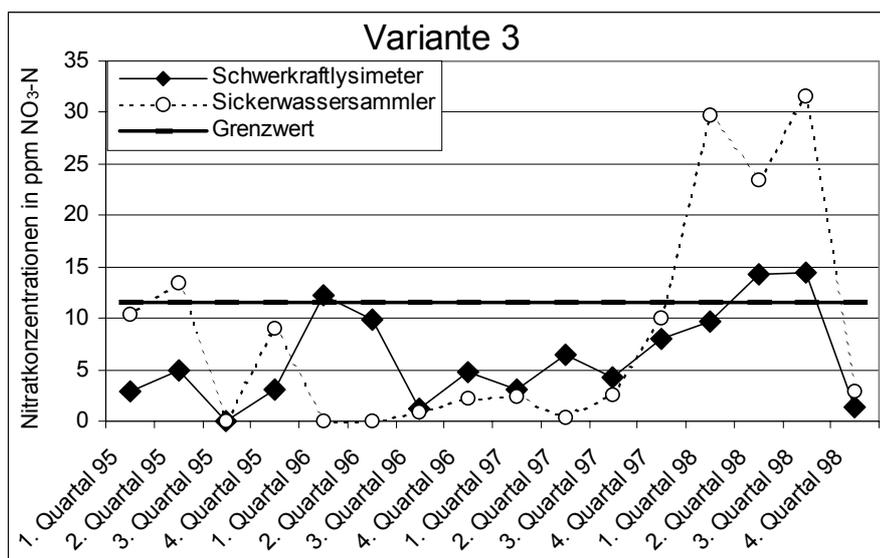
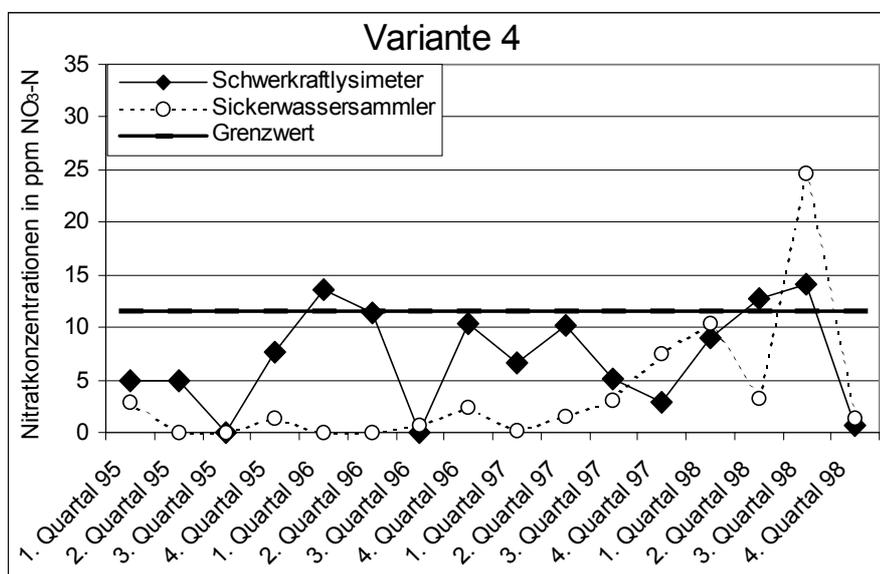
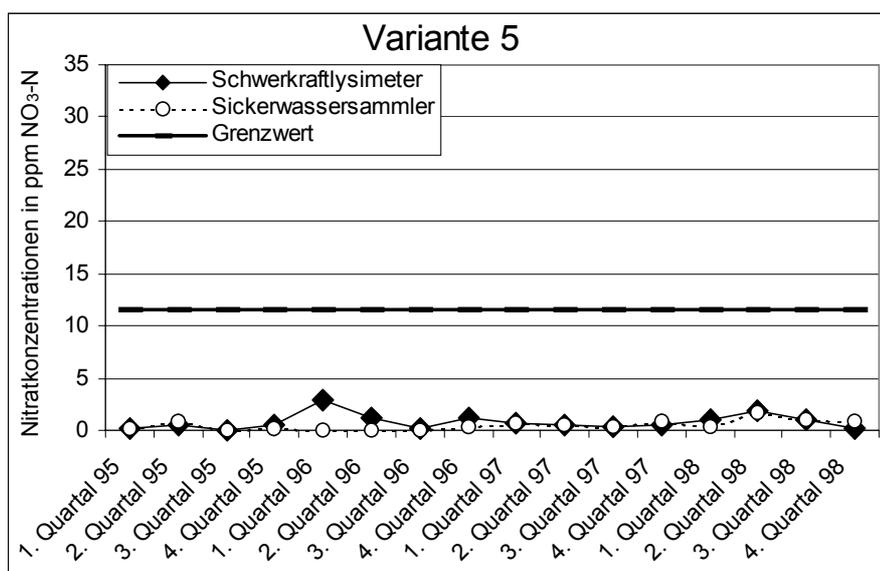
geführt und mit Donauschotter gefüllt. Auf diesem sitzen die Lysimetersäulen auf und das durch sie hindurchtretende Sickerwasser wird über ein Eisenrohr in Plastikgefäße mit 50 Liter Inhalt abgeleitet. Die Sickerwassermenge innerhalb einer Sickerwasserbewegung wird durch eine oder mehrere Wiegunen erfaßt. Nach jeder Wiegun wird eine Probe von

500 ml gezogen, die zur Analyse ins Labor kommt. Im Labor werden dann die Gehaltswerte an Nitrit, Nitrat und Ammonium bestimmt, um so die Frachten an Stickstoff aus der Summe der Produkte Konzentration mal Sickerwassermengen errechnen zu können. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Nitratgehalt alleine berücksichtigt werden, da Nitrit nur in Spuren nachweisbar war und der Stickstoffaustrag in Ammoniumform ebenfalls in einer vernachlässigbaren Größenordnung stattfindet.

Die sogenannten Sickerwassersammler, auch Krumenlysimeter oder Kleinlysimeter genannt, stammen von der Firma UMS-GmbH des Herrn Georg von Unold aus München. Sie sind Zylinder aus Polyethylen mit einer inneren Lichte von 25 cm und einer Wandstärke von 2,5 cm. Die Zylinderhöhe beträgt 30 cm. Den Abschluß des Zylinders nach unten bildet eine an den Zylinderkörper angeschraubte und mit Silikon abgedichtete Bodenplatte, ebenfalls aus Polyethylen. Ihr liegt innen eine keramische Saugplatte auf, die zum Zylindermantel ebenfalls mit Silikon verfugt ist und von der ein Saugschlauch wegführt, der in eine Sammelflasche führt, von der aus der Unterdruck mittels einer Vakuummembranpumpe angelegt wird. Die anzulegenden Unterdrucke werden von einer tensionsabhängigen Drucksteuerungsanlage aus bestimmt.

Jede Variante des Feldversuches, es sind dies wie bei der Schwerkraftlysimeteranlage 5, hat in 1 m Bodentiefe einen solchen Zylinder eingesetzt bekommen, wobei das Innere des Zylinders mit dem Boden der betreffenden Feldversuchspartelle befüllt wurde, nachdem die keramische Saugplatte mit mittelkörnigem Quarzsand 1 cm hoch überschichtet wurde. Wichtig ist vor allem, daß die keramische Saugplatte auf 1 m unter Bodenoberkante und exakt waagrecht zu liegen kommt und, daß die Befüllungsdichte im Zylinder annähernd der Dichte des gewachsenen Bodens entspricht.

Der Feldversuch wurde 1992 angelegt und die 5 Sickerwassersammler im Mai 1994 eingebaut. Da jedoch nach dem Einbau der Sickerwassersammler Probleme mit deren Dichtheit auftraten und diese nur durch Ausgraben und neuerli-

Abbildung 8: Nitratkonzentrationen in ppm NO₃-N, Variante 3Abbildung 9: Nitratkonzentrationen in ppm NO₃-N, Variante 4Abbildung 10: Nitratkonzentrationen in ppm NO₃-N, Variante 5

chen Einbau behoben werden konnten, sollen für die Auswertung nur die Daten aus den Jahren 1995 bis 1998 einschließlich, also 4 Jahre insgesamt, herangezogen werden.

Die einzelnen Feldversuchsvarianten (20 m² Parzellengröße), die mit den gleichnummerigen Lysimeterkammern ident bestellt und gedüngt werden, sind folgende:

Variante 1 und Variante 2 Silomais in den Jahren 1995 und 1996, nach Fruchtwechsel Winterroggen in den Jahren 1997 und 1998.

Variante 3 und 4 Winterroggen in den Jahren 1995 und 1996 und nach Fruchtwechsel in den Jahren 1997 und 1998 Silomais.

Variante 5 Klee gras mit drei Schnitten jährlich, sowie einer Phosphor und Kali Grunddüngung von 90 kg P₂O₅ und 200 kg K₂O pro Hektar und Jahr, jeweils zu Vegetationsbeginn im Frühjahr ausgebracht.

Von den Ackerkulturen werden die ungeraden Nummern (1 und 3) stets mit Rindergülle gedüngt und die geraden Nummern (2 und 4) mit kompostiertem Stallmist, dessen Ausgangsmaterial aus einem Stall mit Rinderanbindehaltung stammt.

Der Silomais erhält stets eine Stickstoffdüngermenge von 3 GVE, also 180 kg N und der Winterroggen von 2 GVE, also 120 kg N. Die kompostgedüngten Varianten bekommen, da bei der Kompostierung Stickstoffverluste auftreten, insgesamt weniger Stickstoff.

Die auf den einzelnen Parzellen und Lysimeterkammern im erwähnten Versuchszeitraum ausgebrachten Stickstoffmengen (kg N pro ha und Jahr) sind in der nachfolgenden Übersicht dargestellt:

1995:

- Variante 1 - Silomais - 180 kg N als Rindergülle (120 kg N zum Anbau am 2.5.1995 und 60 kg N als Kopfdüngung am 8.6.1995)
- Variante 2 - Silomais - 157 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 2.5.1995
- Variante 3 - Winterroggen - 120 kg N als Rindergülle zum Anbau am 3.10.1995

- Variante 4 - Winterroggen - 105 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 3.10.1995

1996:

- Variante 1 - Silomais - 180 kg N als Rindergülle (120 kg N zum Anbau am 6.5.1996 und 60 kg N als Kopfdüngung am 25.6.1996)
- Variante 2 - Silomais - 133 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 6.5.1996

In diesem Jahr Fruchtwechsel nach der Maisernte:

- Variante 1 - Winterroggen - 120 kg N als Rindergülle zum Anbau am 8.10.1996
- Variante 2 - Winterroggen - 100 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 8.10.1996

Die Varianten 3 und 4 erhielten wegen des Fruchtwechsels 1996 keine Düngung.

1997:

- Variante 1 - Winterroggen - 120 kg N als Rindergülle zum Anbau am 30.9.1997
- Variante 2 - Winterroggen - 87 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 30.9.1997
- Variante 3 - Silomais - 180 kg N als Rindergülle (120 kg N zum Anbau am 6.5.1997 und 60 kg N als Kopfdüngung am 25.6.1997)
- Variante 4 - Silomais - 130 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 6.5.1997

1998:

- Variante 1 - Winterroggen - 120 kg N als Rindergülle zum Anbau am 30.9.1998
- Variante 2 - Winterroggen - 53 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 30.9.1998
- Variante 3 - Silomais - 180 kg N als Rindergülle (120 kg N zum Anbau am 16.4.1998 und 60 kg N als Kopfdüngung am 27.7.1998)
- Variante 4 - Silomais - 80 kg N als Stallmistkompost zum Anbau am 16.4.1998

Von den vier Versuchsjahren hatten drei Niederschlagssummen über dem langjährigen Mittelwert, also eine für Lysimeterversuche günstige Situation.

Ergebnisse und Diskussion

Von den Ergebnissen sollen zuerst die in den *Abbildungen 1 bis 5* dargestellten Sickerwassermengen behandelt werden. Daß die Höhe der Niederschläge vor allem die Sickerwassermengen beeinflusst, ist auf allen *Abbildungen* von *1 bis 5* deutlich zu erkennen.

So erbringen die um 37.9 % über der langjährigen Niederschlagssumme liegenden Niederschläge des Jahres 1997 auch ein deutliches Ansteigen der Sickerwassermengen in diesem Jahr. Generell, bis auf wenige Ausnahmen, waren die Mengen an Sickerwasser von den Schwerkraftlysometern größer als die, welche von den Sickerwassersammlern geliefert wurden.

Diese deutliche Ausnahme bildet das vierte Quartal 1995, in dem alle Versuchsvarianten mehr Sickerwasser über die Sickerwassersammler liefern als über die Schwerkraftlysimeter. Die Ursache dafür dürften darin gelegen sein, daß es bereits schon im 3. Quartal wegen der Trockenheit zu keinen (Variante 2, 3 und 4) oder fast keinen (Variante 1 und 5) Sickerwassermengen kam.

Als nun wieder Niederschläge einsetzen, waren die Böden in den Lysimeterkammern bereits in ihren Wasserreserven erschöpft und mußten erst die Defizite auffüllen, bis die Feldkapazität erreicht werden konnte und Sickerwasserbewegungen einsetzen. Die Verhältnisse im freien Feld, in dem die Sickerwassersammler eingebaut waren, lagen jedoch anders. Hier waren die Wassergehalte im Boden - bedingt durch lateralen Zufluß vom angrenzenden Hang - nie so herabgesunken wie in den Lysimetern, die fehlenden Mengen zur Erreichung der Feldkapazität waren geringer. Somit konnten hier die Defizite schneller aufgefüllt werden und es kam früher zu Sickerwasserbewegungen als in den Kammern der Schwerkraftlysimeter.

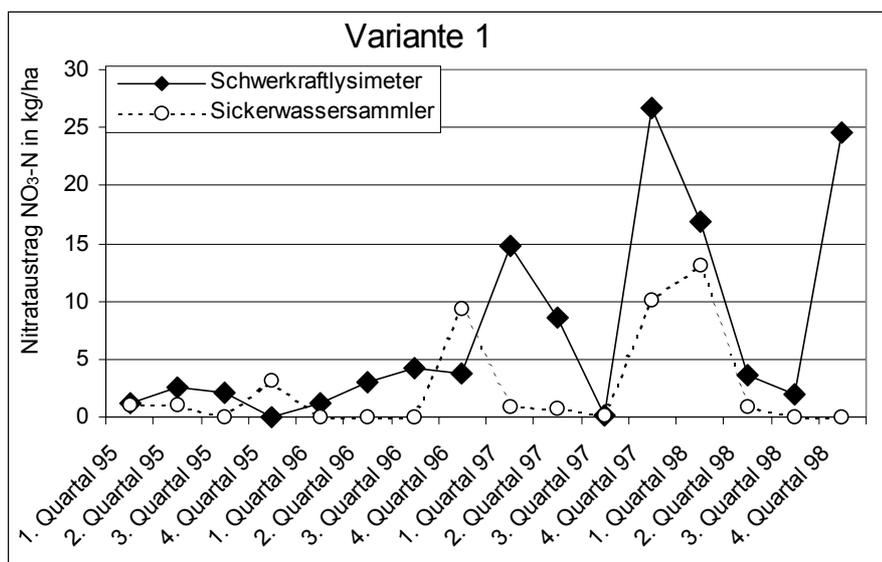
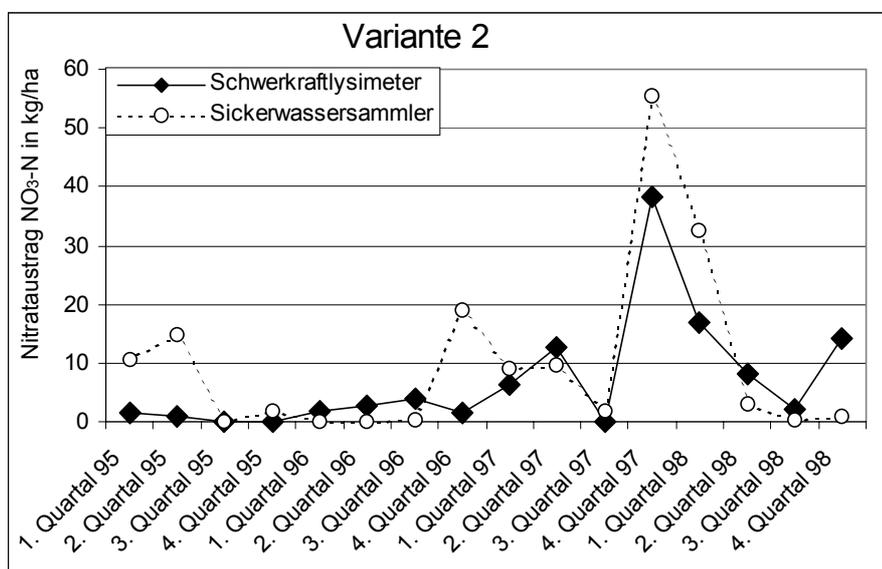
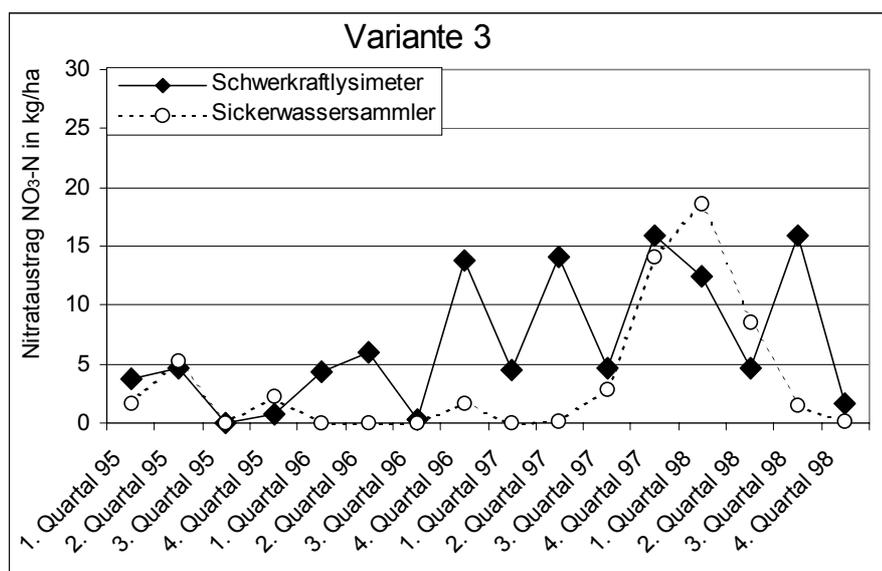
Die Darstellung in Quartalen wurde deshalb gewählt, da einerseits die Sickerwasserbewegungen selten gleichzeitig in

den Schwerkraftlysometern und in den Sickerwassersammlern einsetzen und andererseits durch die quartalsweise Aufsummierung der Sickerwassermengen die Daten komprimiert werden und die Darstellung in den *Abbildungen* dadurch beruhigt werden.

Daß die Schwerkraftlysimeter generell mehr Sickerwasser liefern hat zum Großteil auch die Tatsache verursacht, daß das Versuchsfeld im Bereich der Feldversuchspartellen eine Hangneigung von 5 % aufweist, dort im Unterschied zu den Schwerkraftlysometern also ein Oberflächenabfluß stattfindet, was bei den Böden in der Schwerkraftlysimeteranlage nicht möglich ist. Hier ist die Bodenoberfläche exakt waagrecht und die Einfassung der Lysimeter mit verzinktem Eisenblech verhindert ein seitliches Abfließen. Dieser Effekt kommt vor allem zu den Zeiten der Schneeschmelze im 1. Quartal jedes Jahres stark heraus. Ganz deutlich ist das auf den *Abbildungen 1, 3 und 4* jeweils im 1. Quartal 1997 zu sehen. Die Schwerkraftlysimeterkammern liefern schon über 100 mm Sickerwasser, während von den Sickerwassersammlern keines oder noch fast keines kommt. *Abbildung 2* und *5* weisen denselben Effekt, aber weniger deutlich auf. Somit kann abschließend zum Kapitel der Sickerwassermengen gesagt werden, daß laut vorliegender Ergebnisse die Sickerwassersammler die Verhältnisse im freien Feld gut widerspiegeln und die klassischen Schwerkraftlysimeter als eher theoriebezogene Meßeinrichtungen erscheinen.

In den *Abbildungen 6 bis 10* sind die durchschnittlichen Nitratkonzentrationen in den Sickerwässern von den einzelnen Varianten in den jeweiligen Quartalen dargestellt. Sie sind in Milligramm $\text{NO}_3\text{-N}$ pro Liter angegeben. Sie errechnen sich als Quotient aus dem gesamten Nitrataustrag (Nitratfracht) des betreffenden Quartales, dividiert durch die Menge des gesamten Sickerwassers. Dem Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg NO_3 entsprechen 11,5 mg $\text{NO}_3\text{-N}$.

Einheitliche Trends können diesen Ergebnissen nicht entnommen werden. Allerdings kann festgestellt werden, daß die Nitratkonzentrationen unter Ackerland, unabhängig von der Art der Sickerwassergewinnung, deutlich höher

Abbildung 11: Nitrataustrag $\text{NO}_3\text{-N}$ in kg/ha, Variante 1Abbildung 12: Nitrataustrag $\text{NO}_3\text{-N}$ in kg/ha, Variante 2Abbildung 13: Nitrataustrag $\text{NO}_3\text{-N}$ in kg/ha, Variante 3

sind als unter der Grünlandvariante Klee-gras, der Variante 5, die bekanntlich keine N-Düngung bekommt. Trotz des Kleeanteiles macht sich die fehlende Stickstoffdüngung hier durch Nitratkonzentrationen, die meist unter 1 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ pro Liter liegen, bemerkbar.

Bei einem Vergleich der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, erhalten mittels Saugsonde oder Schwerkraftlysimeter stellt RUPP (1996) fest, daß Saugsonden die Tendenz haben, Nitratkonzentrationen zu überschätzen. MERKEL (1983) hingegen fand eine dreimal höhere Nitratkonzentration im Lysimeterablauf als im Saugkerzenwasser vor und gibt als Grund dafür Stauwasserbildung im Lysimeter an. RIESS et al., 1995, in RUPP, 1996 erwähnen wiederum, daß beim Lysimeter nur das durch die Schwerkraft verlorene Wasser der Makroporen gesammelt wird, während beim Anlegen einer kontinuierlichen hydraulischen Saugspannung auch Wasser aus dem Mesoporenbereich gewonnen wird, das wegen seiner längeren Verweildauer im Boden höhere Nitratgehalte haben kann.

Die Abbildungen 11 bis 15 bringen die Nitratfrachten, auch als Nitrataustrag bezeichnet, wiederum in Quartalen zusammengefaßt. Sie sind in Kilogramm $\text{NO}_3\text{-N}$ pro Hektar angegeben. Auch hier lassen sich keine klaren Unterschiede zwischen den Arten der Sickerwassergewinnung finden. Nur bei Variante 5 liegen die Nitratfrachten der Lysimeter - wenn auch mit nur geringem Unterschied - über denen der Sickerwassersammler. Es ist das eine Funktion der, wie in Abbildung 5 zu sehen, stets deutlich höheren Sickerwassermengen, die das Schwerkraftlysimeter der Variante 5 im Vergleich zum Sickerwassersammler liefert.

Zusammenfassung

Sickerwassersammler haben den Vorteil, daß sie die natürlichen Verhältnisse und Bedingungen wie sie im Felde herrschen, besser widerspiegeln. Als solches seien hier vor allem oberflächlicher und lateraler Abfluß genannt, wie auch Bodenverdichtung durch den Einsatz der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte.

Lysimeter wiederum lassen eine genauere Rekonstruktion der Auswaschung zu, da standortsabhängige Einflüsse, wie

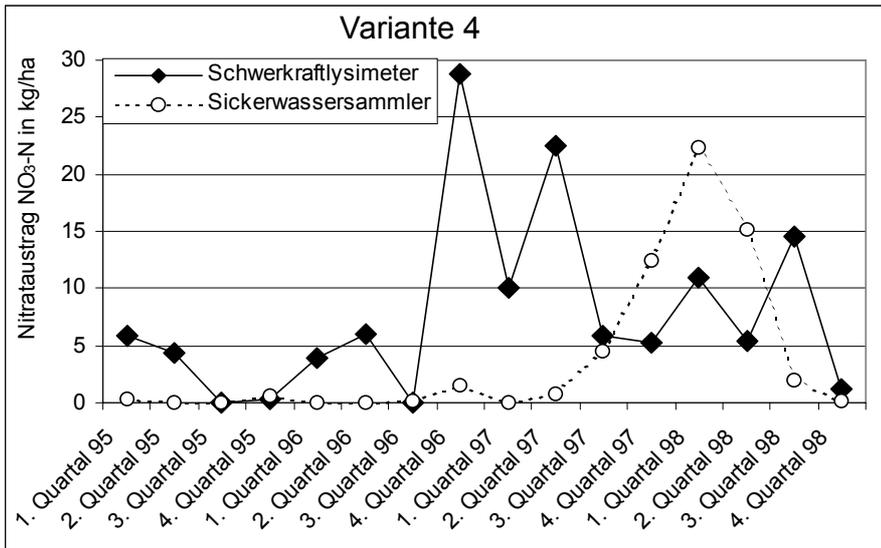


Abbildung 14: Nitratverlust $\text{NO}_3\text{-N}$ in kg/ha, Variante 4

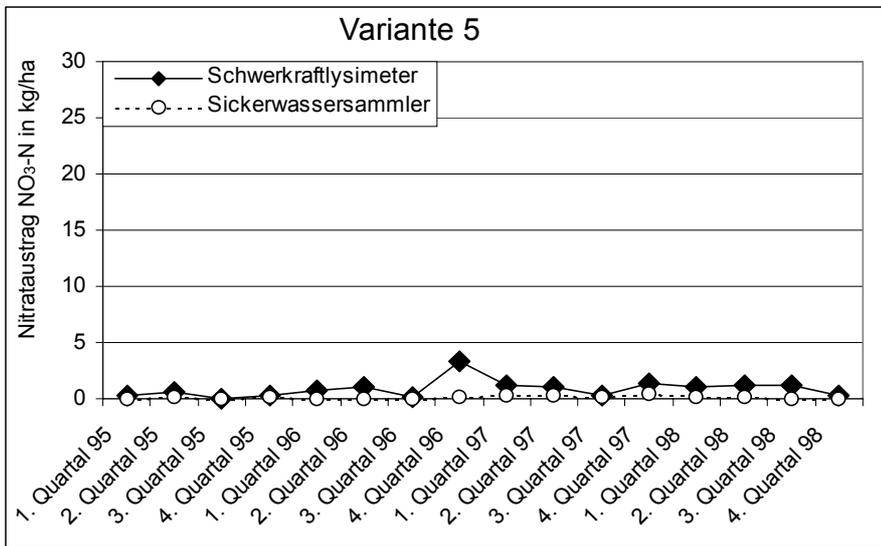


Abbildung 15: Nitratverlust $\text{NO}_3\text{-N}$ in kg/ha, Variante 5

Oberflächenabfluß oder Lateralfluß, auf ihnen verhindert werden können. Das erklärt die Tatsache, daß im Rahmen dieses Projektes die aus den Schwerkraftlysimetern gewonnenen Sickerwassermengen höher waren als die aus den Sickerwassersammlern.

Die Sickerwassersammler lieferten Nitratkonzentrationen, die deutlich die Feldbestellungsarbeiten widerspiegeln, wie z. B. erhöhte Nitratkonzentrationen nach Einsatz einer Bodenfräse. Durch die mit diesem Arbeitsgang verbundene stärkere Belüftung des Versuchsfeldbodens als des Bodens in den Lysimeterkammern, wo nur händisch mit dem Spaten umgestochen wird, war es in der Folge auch zu einer verstärkten N-Mineralisierung im Versuchsfeldboden gekommen, was wiederum einen stärkeren Anstieg der Nitratkonzentrationen in den Sickerwässern der Sickerwassersammler in den Feldparzellen zur Folge hatte.

Literatur

RUPP, H. et al., 1996: Vergleich der Anionenkonzentration von Sickerwässern aus Saugsonden mit denen von Lysimetern. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning

RIESS, F. et al., 1995: Praktische Erfahrung beim Einsatz von Saugkerzen zur Untersuchung der Nitratwaschung. Bericht über die 5. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, Irdning

WATZINGER, A., 1998: Sickerwassermengen und Nitratkonzentrationen in Abhängigkeit der Meßmethode, Bericht über das Praktikum vom 31.8.-27.9.1998, BAL Gumpenstein, Irdning

