

# Wirkung von Zwischenfruchtanbau bei unterschiedlicher Düngung auf Maisertrag und Stoffaustrag (N, Ca, Mg, Cl) im Lysimeterversuch

K. BÖHM, G. DERSCH und J. HÖSCH

## Abstract

A lysimeter experiment was conducted in 1990-1996 to determine the effects of cover crop in a rotation of summer barley and maize with different amounts of animal manure and nitrogen fertiliser on the leaching behaviour of nitrogen, chloride, calcium and magnesium. The experimental field is situated in a region 295 m over sea level with annual precipitation rates about 900 mm in Lower Austria. The soil is classified as a loamy silty Gleyic luvisol with pH 6.

The amount of seepage water showed 30-40% of the annual precipitation rate during the entire examination period. The nitrate concentration of the seepage water (1,4 m under ground) on plots without cover crops exited the guide level of 50 mg/l and ranged between 55-95 mg/l nitrate during maize rotation (1991, 1993, 1995). The annual nitrogen loss during maize rotation was 15-27 kg/ha for plots with cover crops and 34-60 kg/ha nitrogen for plots without cover crops. The economic and ecological analysis made evident that the application of low amounts (55 kg/ha N) of cattle slurry in summer before sowing rape as a cover crop and in spring combined with 40 kg/ha nitrogen, gained best maize yields with lowest nitrogen losses at the same time.

All plots were fertilised with the same amounts of potassium chloride. The input of chloride correlated well with the amount of chloride detected in the seepage water of the following experimental year.

The concentrations of calcium ranged about 45-48 mg/l and of magnesium ranged about 9,7-9,9 mg/l in the seepage water. The calcium and magnesium losses corresponded proportional with the seepage water amounts.

## 1. Problemstellung und Zielsetzung

Neben vorgegebenen Standortparametern wie z.B. Bodentyp, Bodenmächtigkeit, Klima usw. ist Art und Umfang von Bewirtschaftungsmaßnahmen und dabei im Speziellen die Form, Menge und der Ausbringungszeitpunkt von Dünger und die Art der Bodenbedeckung von entscheidender Bedeutung, in welchem Ausmaß Stoffe ins Grundwasser verloren gehen.

Um eine Bewertung von Maßnahmen - im Besonderen von unterschiedlichen Stickstoffdüngeregimen - auf Körnermais und die Wirkung von Zwischenfrüchten vornehmen zu können, wurden am Versuchsstandort Wolfpassing quantifizierbare Systeme in Form von Sickerwassersammlern angelegt. Dabei wurden differenzierte Mengen von mineralischem (in Form von NAC) und organischem (in Form von Rindergülle) Stickstoffdünger zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgebracht.

Die Kulturpflanze Mais ist in Bezug auf Wasserregime und Düngung sehr anspruchsvoll. Im Zeitraum Juli bis Ende August ist die Nährstoffaufnahme am höchsten, da in dieser Zeit etwa die Hälfte der Trockenmasse gebildet wird. Die Düngegaben werden nur dann ertragswirksam, wenn zu diesem Zeitpunkt auch eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist. Hohe Stickstoffdüngemengen - unabhängig ob in mineralischer oder organischer Form - sind bei Kulturen mit hohem Nährstoffbedarf und langsamer Jugendentwicklung generell als problematisch zu betrachten.

## 2. Material und Methode

### 2.1 Standort

Der Versuchsstandort befindet sich auf den Flächen der Außenstelle Rottenhaus des Institutes für Agrarökologie auf ei-

ner Seehöhe von 295 m im Alpenvorland. In dieser Region ist mit Jahresgesamtniederschlägen von ca. 900 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,3°C zu rechnen. Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung bilden kalkfreie Deckenlehme. Der Bodentyp ist eine pseudovergleyte Parabraunerde mit der Bodenart lehmiger Schluff auf Lehm. Der Humusgehalt liegt im mittelhumosen Bereich (1,9-2,2% Humus) und da kein freies Karbonat mehr vorhanden ist, reagiert der Boden schwach sauer (pH 6).

### 2.2 Methode

Für diese Versuchsaufstellung kam eine sehr vereinfachte Form eines Lysimeters, ein sogenannter Sickerwassersammler, zum Einsatz. Kenndaten des Sickerwassersammlers werden nachfolgend nur stichwortartig angeführt, da bereits im Tagungsband der 2. Gumpensteiner Lysimetertagung („Was können Krumenlysimeter?“, 33-38) ausführlich darüber berichtet wurde.

(Kunststoffwanne; Fläche 0,2 m<sup>2</sup>, Einbautiefe 1,4 m, Keramikplatte; Fläche 0,06 m<sup>2</sup> dient zum Absaugen des Sickerwassers, installierter Unterdruck 0,3 bar).

### 2.3 Versuchsaufstellung

Auf dem Versuchsfeld befinden sich 30 Sickerwassersammler. Zu Versuchsbeginn im Jahr 1990 bis Mitte des Jahres 1996 umfaßte der Versuch 15 Prüfglieder (PG) mit 4 Wiederholungen, wobei aus Kostengründen der Stoffaustrag über die Sickerwassersammler mit nur 2 Wiederholungen geführt wurde. Die Prüfglieder unterscheiden sich durch differenzierte Mineraldünger-Stickstoffgaben und/oder Güllegaben zu unterschiedlichen Anbotzeiten und unterschiedlichen Gründungsvarianten.

In den Jahren 1991, 1993 und 1995 erfolgte der Anbau von Körnermais und

**Autoren:** Dipl.-Ing. Karin BÖHM, Dr. Georg DERSCH und Dipl.-Ing. Johannes HÖSCH, BFL, Institut für Agrarökologie, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

**Tabelle 1: Versuchsplan der Jahre 1991,1993,1995, Kulturart Körnermais, Standort Wolfpassing/NÖ**

Prüf- glied	Güllegabe <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)				Zwischen- frucht	mineralischer Düngestickstoff (N kg/ha)	Ertrag <sup>2)</sup> (dt/ha)
	Spätsommer	Herbst	v.d Anbau	i.d. Bestand 30 cm			
1						0	75,70
2						40	80,33
3						80	83,79
4						120	81,05
5						160	85,45
6	30*					0	79,68
7		30				0	76,34
8			30			0	80,23
9			30	20		0	78,65
10	30*				Raps	0	82,35
11		30			WR+BR**	0	75,57
12	30*		30		Raps	0	84,20
13	30*		30		Raps	40	88,40
14	30*		30		Raps	80	87,14
15	30*		30		WR+Wl***	0	83,06

\* + 40 dt/ha Strohhacksel

\*\* Winterroggen+Bastardraygras

\*\*\* Winterroggen+Wicke

1) 30 m<sup>3</sup> Gülle pro Hektar entsprechen in etwa 55 kg feldfallenden N/ha

2) Bei den angeführten Erträgen handelt es sich um Mittelwerte der Jahre 1991, 1993, 1995 mit der Kulturart Körnermais

GD5%=8,79

die Düngemaßnahmen wurde entsprechend dem Versuchsplan (Tabelle 1) umgesetzt.

In den Jahren 1992, 1994 und 1996 wurden die Versuchsflächen mit Sommergerste bestellt und alle Parzellen einheitlich mit 70 kg/ha Stickstoff gedüngt. Aus den Erhebungen der „WET only“ Messungen des Landes Niederösterreich geht hervor, daß am Versuchsstandort zusätzlich mit einem Eintrag von ca. 10 kg/ha Stickstoff und Jahr über die Luft zu rechnen ist.

Im Herbst wurde vor Sommergerste einheitlich mit DC36 (60 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+60 kg/ha K<sub>2</sub>O) und vor Körnermais mit DC45 (90 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+180 kg/ha K<sub>2</sub>O) gedüngt.

Als Zwischenfrüchte wurden Raps, Winterroggen+Wicke und Winterroggen+Bastardraygras gewählt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Niederschlag und Sickerwasseranfall

Der Sickerwasseranfall wurde durch den Zwischenfruchtanbau in den Jahren 1991, 1993, 1995 sowie durch die unterschiedlichen Düngeregime nur geringfügig beeinflusst. Daher wurde der gesamte Datenpool für die Berechnung des Verhältnisses von Niederschlag und Sickerwasseranfall herangezogen. Im Zeitraum 1991-1995 wurden Jahresgesamtniederschläge in einem Bereich von 775-

976 mm gemessen, der berechnete Mittelwert liegt in diesem Zeitraum bei 861 mm (Abbildung 1). Beim Sickerwasseranfall wurde ein Bereich von 159-322 mm mit einem Mittelwert von 271 mm erhoben. In diesem Zeitraum liegt der Sickerwasseranfall in einem Bereich von 20-40% des Jahresgesamtniederschlags. Eliminiert man den Extremwert des Jahres 1994 (besonders trockenes Jahr), so liegt der Sickerwasseranfall konstant zwischen 30-40% des Jahresgesamtniederschlags.

#### 3.2 Nitratstickstoff im Sickerwasser

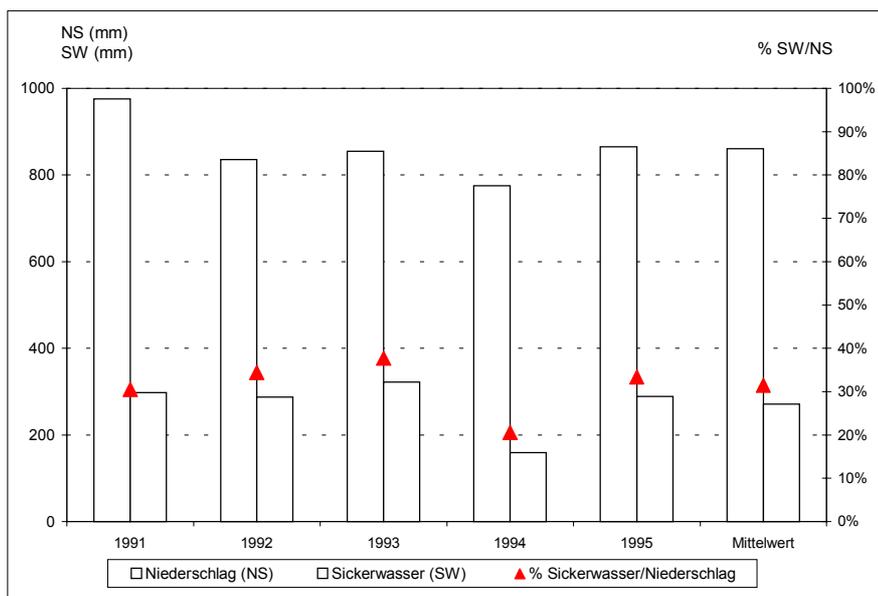
##### 3.2.1 Einfluß des Zwischenfruchtanbaues auf die Nitratkonzentration, den Nitratstickstoffverlust und den Sickerwasseranfall

Um die zeitliche Variabilität der Versuchsjahre miteinzubeziehen, werden für die Bewertung der Varianten die Mittelwerte der Jahre 1991, 1993 und 1995 (Körnermais) herangezogen.

Die Abbildung 2 zeigt deutlich, daß im Sickerwasser alle jener Prüfglieder ohne Zwischenfrucht, mit Ausnahme von Prüfglied 6, der gesetzlich vorgeschriebene Nitrat-Grenzwert (50 mg/l NO<sub>3</sub>) überschritten wird, unabhängig von der Art der Stickstoffdüngung. Die Nitratkonzentrationen bewegen sich dabei zwischen 55 mg/l und 95 mg/l. Das Prüfglied 6 bildet eine Ausnahme, da vor der Güllegabe von 30 m<sup>3</sup> zusätzlich 40 dt/ha Stroh eingearbeitet und so der verfügbare Stickstoff immobilisiert wurde. Ersichtlich ist auch, daß Prüfglieder mit hohen Stickstoffdüngungen hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser aufweisen.

Dagegen liegen die Nitratkonzentrationen der Sickerwässer bei den Prüfgliedern mit Zwischenfrucht in einem Bereich von 25 mg/l und 38 mg/l Nitrat.

Diese Darstellung zeigt auch, daß die Tendenz zu höheren Nitratstickstoffverlusten bei Prüfgliedern ohne Zwischenfruchtanbau vorhanden ist. Die jährlichen Verluste liegen bei den Prüfgliedern mit Zwischenfrucht bei 15-27 kg/ha Nitratstickstoff und bei den Prüfgliedern ohne Zwischenfrucht bei 34-60 kg/ha Nitratstickstoff. Der jährliche Nitrat-

**Abbildung 1: Verhältnis von Niederschlag und Sickerwasser (1991-1995)**

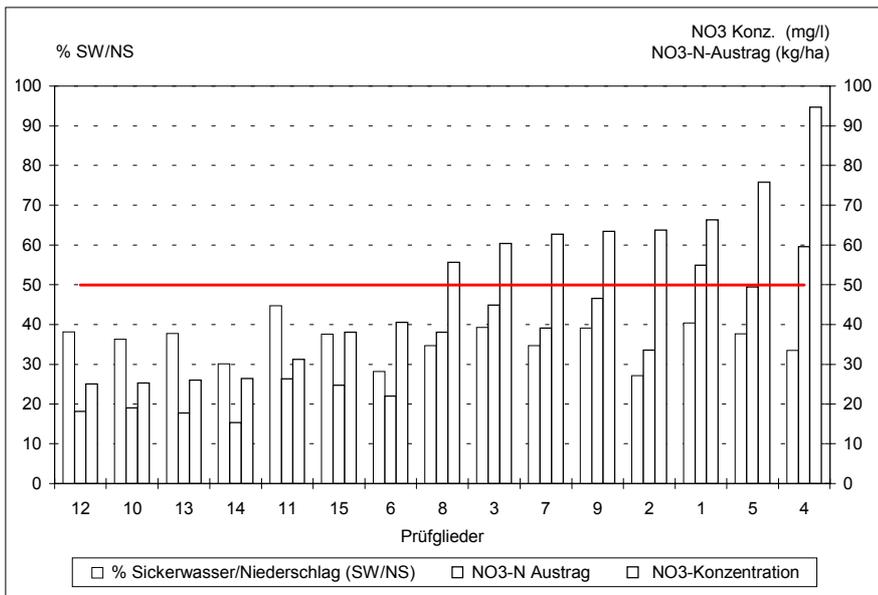


Abbildung 2: Einfluß des Zwischenfruchtanbaues auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser. Eine Betrachtung aller Prüfglieder (Mittelwerte von 1991, 1993, 1995)

stickstoffverlust beträgt daher bei den Prüfgliedern ohne Zwischenfrucht mehr als das Doppelte im Vergleich zu den Prüfgliedern mit Zwischenfruchtanbau, ähnliche Beobachtungen wurden auch von SIMMELSGAARD, 1998; HANSEN et al., 1997; MCLENAGHEN, 1996; WYLAND et al., 1996 gemacht.

Häufig geäußerte Bedenken, daß der Wasserhaushalt durch den erhöhten Wasserverbrauch der Zwischenfrüchte negativ beeinflusst wird, konnten bei diesem Versuch im Alpenvorland mit Gesamtjahresniederschlägen von ca. 900 mm keine Bestätigung finden.

Es ist jedoch ein Trend erkennbar, der zeigt, daß bei höheren Erträgen ein etwas geringerer Sickerwasseranfall zu verzeichnen ist und bei eher niedrigen Erträgen die Sickerwassermengen etwas höher ausfallen. Man kann davon ausgehen, daß der erhöhte Wasserverbrauch durch den Mais verursacht wurde.

### 3.2.2 Nitratstickstoffverluste im Sommerhalbjahr (Mittelwerte 1991, 1993, 1995; April-September) in Gegenüberstellung zum Körnermaisertrag

Die Aussaat von Körnermais erfolgt Ende April. Nach einer langsamen Jugendentwicklung ist erst ab Juli mit einer gesteigerten Nährstoffaufnahme zu rechnen. Dieser Umstand birgt das Risiko

erhöhter Stickstoffverluste in den Monaten Mai und Juni.

Bei den Prüfgliedern mit Zwischenfrucht lag der Nitratstickstoffverlust (Mittelwert 1991, 1993, 1995) des Sommerhalbjahres (April-September) zwischen 8-16 kg/ha, bei den Prüfgliedern ohne Zwischenfrucht lag der Bereich der Nitratstickstoffverluste hingegen zwischen 19-32 kg/ha (mit Ausnahme des PG 6) (Abbildung 3). Bildet man Mittelwerte,

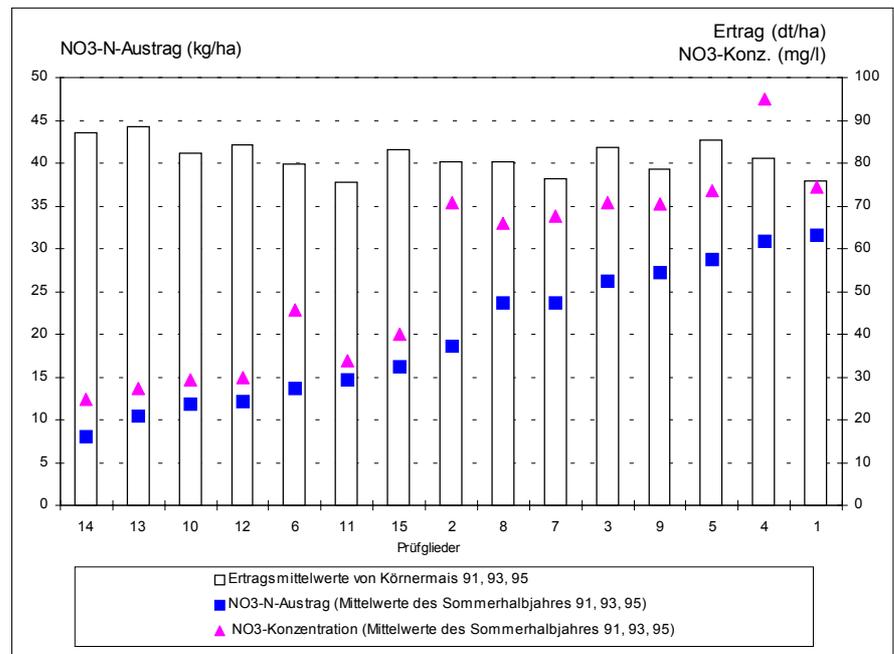


Abbildung 3: Stickstoffverluste über das Sickerwasser während des Sommerhalbjahres (Mittelwerte 1991, 1993, 1995; April-September) in Gegenüberstellung zum Körnermaisertrag

so ist zu erkennen, daß mit Zwischenfrucht der Nitratstickstoffverlust (12 kg/ha), die Hälfte des Verlustes der Variante ohne Zwischenfrucht (25 kg/ha) beträgt.

Innerhalb der Prüfglieder mit Zwischenfrucht ist klar erkennbar, daß bei Raps die geringsten Nitratstickstoffverluste und die höchsten Erträge zu verzeichnen sind. Die Zwischenfrucht Winterroggen-Bastardraygras (PG 11) weist im Vergleich zur Zwischenfrucht Winterroggen-Wicke (PG 15) geringere Nitratstickstoffverluste auf.

Die ausschließlich mineralische Stickstoffdüngung (PG 1-5) erbringt eine Ertragssteigerung bis zum höchsten Düngungs niveau (160 kg/ha N).

Es ist zwar ein Ertragsanstieg mit steigender Stickstoffdüngemenge zu verzeichnen, aus ökonomischer Sicht stellte sich das Prüfglied 3 mit 80 kg Stickstoff pro Hektar als wirtschaftlichste Variante heraus.

Generell kann gesagt werden, daß sich die Maiserträge auf mittlerem Ertragsniveau befinden und signifikante Unterschiede lediglich zwischen extremen Düngevarianten auftreten.

Die höchsten Erträge im Vergleich aller 15 Prüfglieder wurden durch die Kombination (PG 13) mehrmaliger Güllegabe

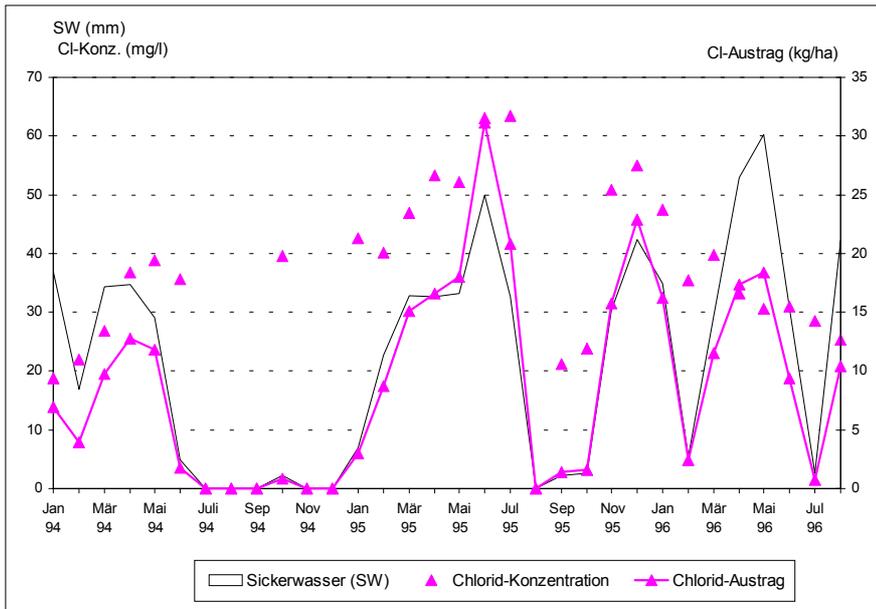


Abbildung 4: Chloridausträge über das Sickerwasser

ben zu unterschiedlichen Zeitpunkten (je  $30 \text{ m}^3$ ) 55 kg feldfallender N/ha im Spätsommer und vor dem Anbau) plus 40 kg/ha Stickstoff (NAC) im Frühjahr mit Raps als Zwischenfrucht erzielt. Diese Variante unterschied sich von der 0-Variante (PG 1) um 12,7 dt/ha Mehrertrag an Körnermais.

### 3.3 Chlorid im Sickerwasser

Die Grunddüngung zu Körnermais mit DC45 ( $90 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5 + 180 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$ ) und zu Sommergerste mit DC36 ( $60 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5 + 60 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$ ) erfolgte jeweils im Herbst vor dem Anbau. Das entspricht einem Chloridinput bei Mais von  $136 \text{ kg/ha}$  und bei Sommergerste von  $45 \text{ kg/ha}$ . Betrachtet man den Zeitraum von 1994 (Sommergerste) bis 1995 (Körnermais), so wurde im Jahr 1994 ein Chloridge-samtaustrag von  $48 \text{ kg/ha}$  (extrem trockenes Jahr) und im Jahr 1995 (Körnermais) ein Austrag von  $155 \text{ kg/ha}$  festgestellt (Abbildung 4). Dies läßt den Schluß zu, dass der aufgebrauchte chloridhaltige Kaliumdünger an diesem Standort innerhalb etwa eines Versuchsjahres bis in die Tiefe von 1,4 m (Sickerwassersammler) verlagert wurde.

### 3.4 Kalzium und Magnesium im Sickerwasser

Trotz des Inputs von unterschiedlichen Mengen an Kalzium und geringen Mengen an Magnesium über die eingesetzten Düngemittel konnten im Austrags-

verhalten der einzelnen Prüfglieder keine bedeutenden Unterschiede festgestellt werden.

Aus diesem Grund wurde zur Auswertung der gesamte Datensatz herangezogen und Mittelwerte gebildet. Im Betrachtungszeitraum 1993-1996 wurden Kalziumkonzentrationen im Bereich von  $45\text{-}48 \text{ mg/l}$  mit einem Mittelwert von  $46 \text{ mg/l}$  erhoben (Abbildung 5). Die Konzentration von Magnesium im Sickerwasser betrug zwischen  $9,7\text{-}9,9 \text{ mg/l}$ , ein Mittelwert von  $9,8 \text{ mg/l}$  Magnesium wurde dabei errechnet. Das Verhältnis

der Konzentration von Kalzium und Magnesium blieb über den gesamten Betrachtungszeitraum hin sehr stabil und lag bei etwa 4,8:1.

Im Zeitraum 1993-1996 wurden bei Kalzium Mengen von  $84\text{-}180 \text{ kg/ha}$  und bei Magnesium von  $15\text{-}32 \text{ kg/ha}$  über das Sickerwasser ausgetragen. Die ausgetragenen Mengen an Kalzium und Magnesium hängen direkt mit dem Umfang des Sickerwasseranfalles zusammen.

## 4. Diskussion

Das Verhältnis von Sickerwasseranfall zu Jahresgesamtniederschlag scheint durch den konstanten Verlauf über die Versuchsdauer ein für diesen Standort geeigneter Kennwert zu sein, um die herrschenden physikalischen Bodeneigenschaften (Durchlässigkeit) zu beschreiben.

Der Standort zeichnet sich durch eine hohe Stickstoffnachlieferung aus dem Boden aus, da bereits die Erträge der 0-Variante im mittleren Ertragsniveau ( $75,7 \text{ dt/ha}$ , PG1) liegen.

Die Kombination von organischem Stickstoffdünger im Spätsommer und mineralischem Stickstoffdünger im Frühjahr mit Raps als Zwischenfrucht gewährleistete in diesem Versuch gute Körnermaiserträge bei gleichzeitiger Schonung des Grundwassers.

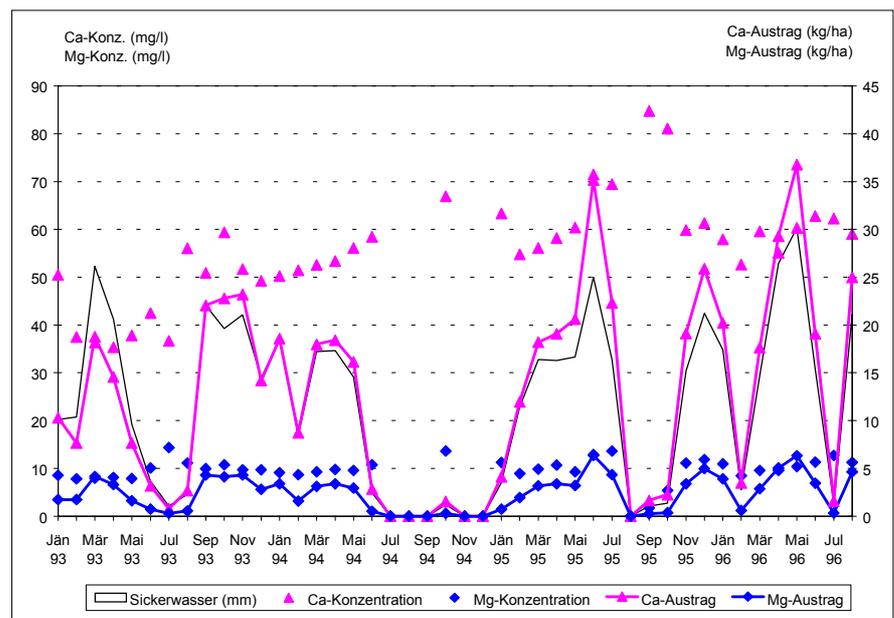


Abbildung 5: Kalzium- und Magnesiumverluste über das Sickerwasser

Es zeigt sich bei den Prüfgliedern ohne Zwischenfrucht die Tendenz zu höheren Nitratstickstoffausträgen und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, bei Varianten mit ausschließlich mineralischen Stickstoffgaben ist dieser Trend besonders deutlich. Dieser Versuch zeigt, daß hohe Nitratstickstoffverluste in das Grundwasser nicht nur durch die Höhe der Stickstoffdüngung sondern auch durch ungeeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen verursacht werden.

Die Ertragsdaten und die Nitratstickstoffausträge belegen, daß die Gülleanwendung im Herbst auf Schwarzbracheflächen für den Landwirt unwirtschaftlich ist und zugleich eine enorme Grundwasserbelastung darstellt (PG7). Durch die Kombination von Maßnahmen, wie Einarbeiten von gehäckseltem Stroh und Zwischenfruchtanbau, kann auch im Spätsommer aufgebracht Güllestickstoff effizient verwertet werden (PG10) (STEFFENS et al., 1983). Die Verwendung von Leguminosen in Begrünungsmischungen bringt bei hohem Input an Güllestickstoff keine Ertragsvorteile mehr, bewirkt jedoch etwas erhöhte Nitratstickstoffausträge und ist unter diesen Voraussetzungen abzulehnen (KOCH, 1997).

Betrachtet man die Ergebnisse, so ist an vergleichbaren Standorten eine Empfehlung bei mittlerer Ertragslage zur Zurücknahme der Menge an Düngestickstoff von den derzeit gültigen 120-140 kg N/ha für Mais durchaus zulässig.

Durch die Stickstoffeinträge über die Luft und die Stickstoffkonservierung im Zwischenfruchtanbau (SORENSEN, 1992; MERBACH et al., 1997) verringert sich der Stickstoffdüngemittelaufwand, dabei werden die Stickstoffverluste in das Grundwasser reduziert bei gleichzeitig zufriedenstellender Ertragslage.

Es hat sich gezeigt, daß ein Großteil des im Herbst in Form von Kaliumchloriddünger aufgetragenen Chlorids innerhalb des darauffolgenden Versuchsjahres bis in eine Tiefe von 1,4 m (Sickerwassersammler) ausgetragen wird und in diesem Zusammenhang auch als „Tracer“ für die potentielle Verlagerungsgeschwindigkeit von Anionen am Standort herangezogen werden kann.

Da das Verhältnis von Kalzium zu Magnesium im Sickerwasser während des gesamten Betrachtungszeitraumes konstant bei 4,8:1 lag, ist auch das Verhältnis von Kalzium zu Magnesium im Sickerwasser als Kennzahl für diesen Standort gut geeignet.

## 5. Literatur

- KOCH, H.J., 1997: Zur Verminderung des Risikos von Nitratauswaschung nach Grünbrache. VDLUFA Kongreßband 46, 627-630.
- HANSEN E.M., DJURHUUS J., DICK W.A., 1997: Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil and Tillage Research*, 41/3-4, 203-219.
- MCLLENAGHEN, R.D., CAMERON KC, LAMPKIN N.H., DALY M.L., DEO B., 1996: Nitrate leaching from ploughed pasture and the effectiveness of winter catch crops in reducing leaching losses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 39/3, 413-420.
- MERBACH W., WURBS A., 1997: Zeitweilige N-Konservierung durch Winterzwischenfrüchte und der Einfluß auf Folgefrüchte und N-Verlagerung. VDLUFA Kongreßband 46, 395-398.
- SIMMELSGAARD, S.E., 1998: The effect of crop, N-level, soil typ and drainage on nitrate leaching from Danish soil. *Soil Use and Management*, 14/1, 30-36.
- SORENSEN J.N., 1992: Einfluß von Gründüngungspflanzen auf den Mineralstoffgehalt des Bodens vor und nach Nitratauswaschung über den Winter. *Z.f. Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 155, 61-66.
- STEFFENS G., VETTER H., 1983: Stickstoffverlagerung nach Gülledüngung mit und ohne Zwischenfruchtanbau. *Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 40*.
- WYLAND L.J., JACKSON L.E., CHANEY W.E., KLONSKY K., KOIKE S.T., KIMBLE B., 1996: Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impact of nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 59/1-2, 1-17.

