



LAND

OBERÖSTERREICH

Forschungsprojekt Lysimeter

Technischer
Endbericht
2012

10

15

20

25

30

35

40

45

50



GTW



lebensministerium.at

Forschungsprojekt Lysimeter

Technischer Endbericht 2012

Impressum

Medieninhaber: Land Oberösterreich

Herausgeber:

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft
Kärntnerstraße 12, 4021 Linz
Tel.: (0732) 77 20 - 12478
Fax.: (0732) 77 20 - 212662
E-Mail: gtw.post@ooe.gv.at

Projektleiter: Dipl.-Ing. Karl Seltenhammer
Grund- und Trinkwasserwirtschaft

Autoren:

Dipl.-Ing. Dr. Max Kuderna
Dipl.-Ing. Christine Weinberger
wpa Beratende Ingenieure GmbH
1090 Wien

Dipl.-Ing. Erwin Murer
Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
Bundesamt für Wasserwirtschaft
3252 Petzenkirchen

Grafik (Umschlag)

Grund- und Trinkwasserwirtschaft
text.bild.media GmbH, Linz (911003)

1. Auflage, März 2013

DVR: 0069264

Copyright: Grund- und Trinkwasserwirtschaft



INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	4
2	Vorgeschichte und Fragestellung	5
3	Methoden	6
3.1	Probenahme.....	6
3.2	Analytik.....	7
3.3	Bilanzierung	7
3.4	Berechnung der Auswaschung	7
4	Bewirtschaftung	8
5	Ergebnisse	10
5.1	Wirtschaftsdünger und Ernteproben.....	10
5.2	Stickstoffbilanzen	11
5.3	N _{min} Gehalte im Boden	12
5.4	Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger	14
5.4.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	14
5.4.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	15
5.5	Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger.....	17
5.5.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	17
5.5.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	18
5.6	Nitratauswaschung am seichtgründigen Standort.....	20
5.6.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	20
5.6.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	21
5.7	Vergleich der Nitratauswaschung bzw. Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen den Standorten ...	23
5.8	Vergleich der Nitratauswaschung zwischen den unterschiedlichen Kulturen der letzten Jahre	26
5.9	Phosphorbilanzen.....	27
5.10	Phosphatauswaschung	28
6	Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	31
7	Ausblick	32
8	Literatur	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1: Lage der Lysimeter..... 5

Abb. 6-1: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger 12

Abb. 6-2: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 12

Abb. 6-3: N_{min} Gehalte am seichtgründigen Standort 12

Abb. 6-4: Vergleich der N_{min} - Gehalte der Standorte seit Oktober 2001 13

Abb. 6-5: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 14

Abb. 6-6: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 14

Abb. 6-7: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 15

Abb. 6-8: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 15

Abb. 6-9: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 16

Abb. 6-10: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 16

Abb. 6-11: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Mineraldünger)..... 17

Abb. 6-12: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Mineraldünger)..... 17

Abb. 6-13: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) 18

Abb. 6-14: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) 18

Abb. 6-15: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) 19

Abb. 6-16: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefgr. Mineraldünger) 19

Abb. 6-17: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (seichtgr.)..... 20

Abb. 6-18: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (seichtgründig)..... 20

Abb. 6-19: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig) 21

Abb. 6-20: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig) 21

Abb. 6-21: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (seichtgründig) 22

Abb. 6-22: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (seichtgründig) 22

Abb. 6-23: Monatliche Niederschlagssummen an den drei Standorten 23

Abb. 6-24: Monatliche Sickerwassermengen an den drei Standorten 24

Abb. 6-25: Durchschnittliche monatliche Nitratkonzentrationen an den drei Standorten 24

Abb. 6-26: Monatliche Nitratauswaschung an den drei Standorten..... 24

Abb. 6-27: Summe der als Nitrat ausgewaschenen Stickstoffmenge an den drei Standorten 25

Abb. 6-28: Gemittelte monatliche Nitratauswaschung der Jahre mit Mais auf den tiefgr. Standorten mit
Wirtschaftsdünger und Mineraldünger 26

Abb. 6-29: Gemittelte monatliche Nitratauswaschung der Jahre mit Winterungen auf den tiefgr. Standorten mit
Wirtschaftsdünger und Mineraldünger 26

Abb. 6-30: Monatliche Phosphatauswaschung an den drei Standorten 28

Abb. 6-31: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger..... 28

Abb. 6-32: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 29

Abb. 6-33: Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort 29

Abb. 6-34: Summe der als Phosphat ausgewaschenen P-Menge an den drei Standorten 30

Abb. 7-1: UWQ-Messnetz der Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) 32

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3-1: Tätigkeiten BAW (IKT) 6

Tab. 3-2: Analysenprogramm 7

Tab. 4-1: Bewirtschaftungsmaßnahmen 2011/2012 9

Tab. 5-1: Erntemengen und Analyseergebnisse der Ernteproben 10

Tab. 5-2: Stickstoffbilanzen für das Erntejahr 2012 11

Tab. 5-3: Stickstoffauswaschung vom 01.11.11 bis 31.10.12 im Vergleich zur Düngung 23

Tab. 5-4: Sickerwassermengen und durchschnittliche Nitratkonzentration vom 01.11.11 bis 31.10.12 23

Tab. 5-5: Phosphorbilanzen für das Erntejahr 2012 27

Tab. 5-6: Sickerwasser, P₂O₅-Verluste und mittlere PO₄-Konzentration im Sickerwasser von 01.11.11 bis 31.10.12 30

1 Zusammenfassung

An drei Standorten in Oberösterreich (Pettenbach, Eberstalzell und Pucking) werden seit 1994 Freiland-lysimeter betrieben. Sie sind in Ackerböden eingebaut, die unter Praxisbedingungen von Landwirten bewirtschaftet werden. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des hydrologischen Jahres 2011/12 dar und vergleicht diese mit den Messreihen der Vorjahre.

Zwei der Lysimeter befinden sich an tiefgründigen Standorten, einer an einem seichtgründigen Standort. Einer der tiefgründigen Standorte wird unter Einsatz von Wirtschaftsdünger bewirtschaftet, der andere rein mineralisch gedüngt. 2012 war am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger Wintergerste angebaut, am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger Körnerraps und am seichtgründigen Standort Körnermais. Das Stickstoffdüngeniveau entsprach auf dem mineralisch gedüngten, tiefgründigen Standort einer hohen Ertragslage, auf den beiden anderen einer mittleren Ertragslage. Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger und am seichtgründigen Standort wurden 2012 hohe Erträge, auf dem anderen tiefgründigen Standort wurde ein mittlerer Ertrag erzielt.

Auf allen Standorten werden die N- und P-Zufuhr durch Düngung ermittelt, die N- und P-Entzüge mit der Ernte, sowie N_{\min} Gehalte im Boden gemessen und die Auswaschung von Nitrat und Phosphat mit Lysimetern bestimmt.

Die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Jahres 2012 sind zusammengefasst:

Eine Düngung zu Wintergerste im Oktober führte zu einer erhöhten Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Vergleich zu einer Düngung zu Raps im August am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit einer vergleichenden Auswertung der langjährigen Messreihen an den beiden Standorten, die

zeigt, dass der Unterschied der **Nitratauswaschung** fast ausschließlich auf die **Herbstdüngung zu Wintergetreide** zurückzuführen ist, die lediglich am Wirtschaftsdüngerstandort vorgenommen wird. Verallgemeinernd kann abgeleitet werden, dass ein **Verzicht auf eine Herbstdüngung zu Wintergetreide** einen Beitrag zur Verbesserung der Grundwasserqualität leisten würde.

An beiden tiefgründigen Standorten führte eine **an die Standortbedingungen angepasste Düngehöhe** zu generell **niedrigen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser**. Diese betragen durchschnittlich 10 mg/l am Mineraldüngerstandort und 15 mg/l am Wirtschaftsdüngerstandort.

Am seichtgründigen Standort, an dem **Mais** angebaut war, fand das **Maximum der Auswaschung im Juni** statt. Auswaschungsspitzen zwischen Mai und Juli wurden an den Lysimetern in den vergangenen Jahren regelmäßig beobachtet, wenn Mais angebaut war und zwar sowohl am seichtgründigen als auch an den tiefgründigen Standorten. Eine Verschiebung eines möglichst großen Teils der **Stickstoffdüngung zu Mais** auf einen **möglichst späten Zeitpunkt** wäre daher eine wirksame Maßnahme zur Verbesserung der Grundwasserqualität.

Generell lässt sich am **seichtgründigen Standort** 2012 so wie in den vergangenen Jahren erkennen, dass auch bei angepasster Düngung ein deutlich **höherer Nitrataustrag mit dem Sickerwasser** erfolgt als auf den tiefgründigen Standorten. Die Nitratkonzentration im Sickerwasser betrug hier im Jahr 2012 durchschnittlich 48 mg/l.

Die oberösterreichischen Lysimeter mit wöchentlichen Messungen ab 1995 sind so eine wichtige hydrographische Datenquelle, dass einer der drei Lysimeter, nämlich jener am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger in Pettenbach im Jahr 2012 in die WKEV aufgenommen und 2013 aufgerüstet wurde.

2 Vorgeschichte und Fragestellung

Im Rahmen des Pilotprojekts zur Grundwassersanierung in der Oberen Pettenbachrinne und im Gebiet von Pucking / Weisskirchen (1994 – 2000; Auftraggeber: BMFLUW und Amt der OÖ Landesregierung) wurden vom Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt des Bundesamts für Wasserwirtschaft (BAW) vier Lysimeteranlagen errichtet, mit dem Ziel, die Nitratauswaschung ins Grundwasser im Projektgebiet unter den Vorgaben des Pilotprojekts zu untersuchen. Nach Abschluss des Pilotprojekts im Jahr 2000 beauftragte das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung die wpa Beratende Ingenieure GmbH, jene drei Lysimeteranlagen, die sich auf Ackerstandorten befinden, in Zusammenarbeit mit dem BAW ab September 2001 weiter zu betreiben.

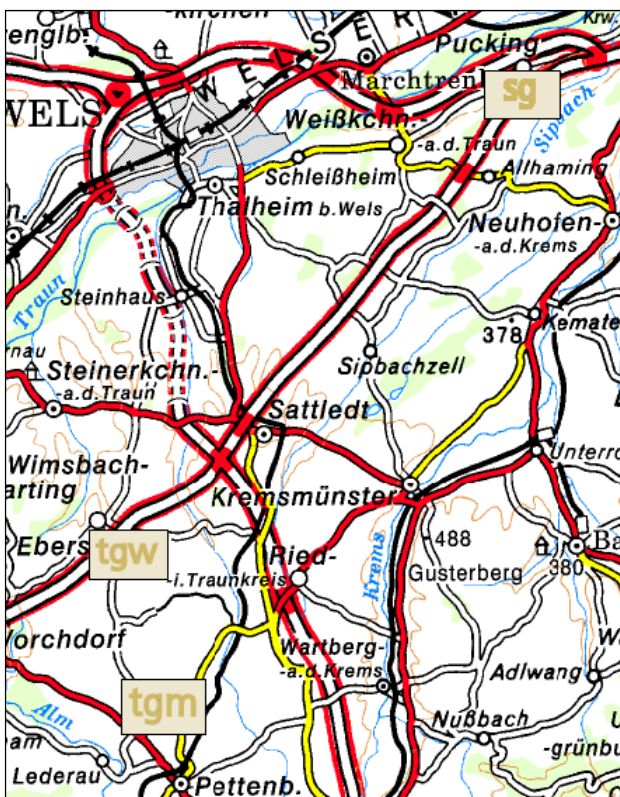


Abb. 2-1: Lage der Lysimeter

Sg seichtgründig; tgw tiefgründig Wirtschaftsdünger;
tgm tiefgründig Mineraldünger

Zwei der Lysimeter befinden sich auf Standorten mit schweren tiefgründigen Böden in der Oberen Pettenbachrinne (vgl. Abb. 2-1). Sie liegen im Grundwasserkörper der Traun-Enns Platte, welcher ab 13. September 2007 aufgrund der hohen Nitratgehalte als Beobachtungsgebiet ausgewiesen wurde (LGBI Nr. 80/2007). Das dritte Lysimeter in Pucking / Weisskirchen befindet sich auf einem sehr sensiblen Standort am Rande der Traun-Enns Platte. Dieser Standort ist durch einen sehr leichten, skelettreichen Boden gekennzeichnet, der darüber hinaus sehr seichtgründig ist. Eine genaue Beschreibung der Lysimeteranlage und der Charakteristik der Böden an den Lysimeterstandorten enthalten die Berichte des IKT (Klaghofer und Murer, 2001) und der wpa - Beratende Ingenieure (Kuderna et al., 2007).

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Fragenkomplexe zur Nitrat- und Phosphat-Auswaschung untersucht:

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

Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird eine – soweit unter Praxisbedingungen möglich – gleiche Bewirtschaftungsweise der Standorte angestrebt, wobei auf allen Standorten Maßnahmen zum Grundwasserschutz gesetzt werden (zielgerichtete Düngung, Zwischenbegrünung). Auf allen Standorten ist es ein Ziel, zu zeigen, dass unter Praxisbedingungen die Nitratkonzentration unter dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l gehalten werden kann.

3 Methoden

3.1 Probenahme

Von Anfang September 2001 bis Ende Dezember 2012 erfolgte eine regelmäßige Beprobung des Sickerwassers, das mittels Feldlysimeter mit Freiauslauf und zwei Saugkerzen (Kontrollstellen) gewonnen wurde. Die Einbautiefe der Lysimeter und der Kontrollstellen war 1,5 m. Die Proben wurden, sofern Sickerwasser anfiel, wöchentlich gewonnen und bis zur Analyse tiefgefroren. Die technische Betreuung der Lysimeteranlagen während des Berichtszeitraums erfolgte durch Mitarbeiter des Instituts für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt der Bundesanstalt für Wasserwirtschaft (Tab. 3-1).

Tab. 3-1: Tätigkeiten BAW (IKT)

Datum	Tätigkeit
30.1.2012	Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg)
24.4.2012	In Pucking (sg) Aufsetzring eingebaut. Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg). Fotos von den Lysimeterstandorten Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg) gemacht.
6.6.2012	In Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg) Messstellen ausgemäht. Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg). Fotos von den Lysimeterstandorten Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg) gemacht.
9.7.2012	In Pettenbach (tgw) Aufsetzring gezogen Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach

	(tgw, tgm) und Pucking (sg).
25.7.2012	In Pettenbach (tgm) Aufsetzring gezogen Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg). In Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg) Messstellen ausgemäht.
29.8.2012	In Pettenbach (tgw) Aufsetzring eingebaut. Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg). In Pettenbach (tgm) Wetterstation ausgemäht.
26.9.2012	In Pettenbach (tgm) Aufsetzring eingebaut. (Frucht: Buchweizen). Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg).
10.10.2012	In Pucking (sg) Aufsetzring eingebaut. (Frucht: Winterweizen). Betreuung der Wetterstation in Pettenbach (tgm) und Messstellenkontrolle Pettenbach (tgw, tgm) und Pucking (sg). In Pucking (sg) und Pettenbach (tgw) Messstelle ausgemäht.

Im 2- Monatsrhythmus wurden Bodenproben aus den Tiefenstufen 0-30, 30-60 und 60-90 cm der beiden tiefgründigen Standorte entnommen. Am seichtgründigen Boden konnten ab 40 cm Tiefe keine Bodenproben mehr genommen werden, da ab dieser Tiefe der Grobanteil dominiert. Unmittelbar anschließend an die Probenahme wurden die Proben gekühlt ins Labor transportiert.

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. Korn und Stroh wurden nach der Ernte getrennt. Von

den beiden Kontrollstandorten im Feld wurden für die chemische Analyse Mischproben gebildet. Am seichtgründigen Standort wurden keine Ernteproben genommen, da der Bewirtschafter auf Grund einer Erkrankung die Erntetätigkeit delegiert hatte und keine rechtzeitige Benachrichtigung vor der Ernte erfolgte. Die Erntemenge wurde im Zuge des Druschs erhoben.

Vom Betrieb, der Wirtschaftsdünger auf der Lysimeterfläche ausbringt, wurde die Schweinegülle zum Zeitpunkt der Ausbringung beprobt.

3.2 Analytik

Die Analysen wurden von Chemcon - Technisches Büro für Technische Chemie GmbH nach folgenden Methodenvorschriften durchgeführt (Tab. 3-2):

Tab. 3-2: Analysenprogramm

Substanz	Parameter	Methoden
Sickerwasser	Nitrat Orthophosphat	ÖNORMEN ISO 10304-1, -2
Boden	Nitrat in 0-30, 30-60 und 60-90 cm Bodentiefe, Ammonium in 0-30 cm	ÖNORM L1091
Pflanzenproben	Trockenmasse N_{gesamt} P_{gesamt}	N: Kjeldahlaufschluss, P: HNO_3 Aufschluss, photometrische Bestimmung mittels Ammonmolybdat nach Abtrennung der störenden Matrix.
Wirtschaftsdünger	Ammonium, N_{gesamt} , P_{gesamt}	Ammonium: gemäß ÖNORM ISO 5664, N_{gesamt} , P_{gesamt} S.O.

3.3 Bilanzierung

Zur Bilanzierung der N- und P- Ein- und Austräge wurde der Boden bis 1,5 m Tiefe abgegrenzt (Einbautiefe des Lysimeterauslaufs). Im Boden verbleibende Pflanzenteile wurden damit dem Boden zugerechnet, die oberirdischen Pflanzenteile jedoch nicht. Sie scheinen daher in der Bilanz auf. Der Bilanzierungszeitraum umfasst die Ernte der vorangegangenen Hauptfrucht bis zur Ernte der Hauptfrucht des Jahres 2012. Zur Berechnung der N- und P- Entzüge wurden die Korn- und Strohgewichte auf 1 ha hochgerechnet und mit den analysierten N- und P-Gehalten multipliziert. Die Berechnung wurde sowohl für die Mittelwerte der beprobten Teilflächen (Lysimeter- und Kontrollflächen) als auch für die Lysimeterflächen alleine durchgeführt. Auf dem seichtgründigen Standort konnten keine Ernteproben auf den Lysimeter- bzw. Vergleichsflächen genommen werden. Aus diesem Grund wurden die Analyseergebnisse aus dem Jahr 2009 herangezogen, als unter ähnlichen Bedingungen ebenfalls Körnermais angebaut wurde.

Für N-Einträge durch Wirtschaftsdünger wurde rechnerisch ein Abschlag für gasförmige Verluste aufgrund der Ausbringung bei Gülle und Jauche im Ausmaß von 13 % berücksichtigt und dann mit der Jahreswirksamkeit (80 %) multipliziert (Richtlinien für die sachgerechte Düngung 6. Aufl., Baumgarten, 2006). Die atmosphärische Deposition und Stickstoffverluste durch Denitrifikation blieben unberücksichtigt.

3.4 Berechnung der Auswaschung

In die Berechnung der Nitratauswaschung und der Sickerwasserkonzentration ging jeweils der Mittelwert der Messwerte beim Lysimeter- und den Kontrollmessstellen ein. Phosphat wurde nur an den Proben aus den Lysimetern analysiert. Die Sickerwassermenge wurde ebenso nur für das Lysimeter ausgewertet.

4 Bewirtschaftung

Auf allen drei Standorten wird eine konventionelle Bewirtschaftungsweise mit wendender Bodenbearbeitung durchgeführt. Die Hauptkulturen des Jahres 2012 waren am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger Wintergerste und am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger Körnerriaps. Am seichtgründigen Standort wurde Körnermais angebaut. Die einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen sind in Tab. 4-1 angeführt. Die Summe der N-Düngung betrug am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger demnach 170 kg N/ha (jahreswirksam), am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 124 kg N/ha und am seichtgründigen Standort (ebenfalls nur Mineraldünger) 132 kg N/ha.

Die Phosphordüngermengen betragen (in derselben Reihenfolge der Standorte) 54 kg P_2O_5 /ha, 115 kg P_2O_5 /ha und 75 kg P_2O_5 /ha.

Bezüglich der Stickstoffdüngung entspricht das Düngenniveau am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger einer hohen (h3), am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger einer mittleren Ertragslage und am seichtgründigen Standort mit Mineraldünger ebenfalls einer mittleren Ertragslage (Baumgarten, 2006).

Tab. 4-1: Bewirtschaftungsmaßnahmen 2011/2012

Datum	Tiefgründiger Standort Wirtschaftsdünger	Tiefgründiger Standort Mineraldünger	Seichtgründiger Standort
15.08.2011			Zwischenfruchtbau (Wassergüte Früh 12kg/ha)
21.08.2011		Anbau Körnerraps	
22.08.2011		Düngung 770 kg/ha DC-Start	
02.09.2011	Schweinegülle 20 m ³ /ha		
24.09.2011	Anbau Wintergerste 200 kg/ha		
10.03.2012		Düngung 200 kg/ha Ammon- granulat	
14.03.2012		Düngung 250 kg/ha VK gelb	
17.03.2012	Düngung 200 kg/ha NPK		
03.04.2012			Umbruch Zwischenfrucht
10.04.2012			Düngung 500 kg/ha Linzer Star
11.04.2012			Anbau Körnermais
23.04.2012	Düngung 150 kg/ha NAC		
05.05.2012	Düngung 170 kg/ha NAC		
11.05.2012			210 kg/ha NAC 27% Linzer NAC
17.07.2012	Ernte Wintergerste (6.400 kg/ha) bei der Ernte Stroh gehäckselt		
23.07.2012		Ernte Körnerraps 3.600 kg/ha inkl. Hagelschaden	
11.08.2012	Anbau Begrünung		
16.09.2012			Ernte Körnermais 10.350 kg/ha
18.09.2012		Anbau Begrünung (Buchweizen)	
13.10.2012	Schweinegülle 15m ³ /ha		

5 Ergebnisse

5.1 Wirtschaftsdünger und Ernteproben

Die im August 2011 beprobte Schweinegülle hatte einen Ammoniumstickstoffgehalt von 2,83 kg/m³, der Gesamtstickstoffgehalt der im August 2011 ausgebrachten Gülle betrug 3,9 kg/m³. Umgerechnet auf jahreswirksamen Stickstoff ergibt das 2,7 kg/m³. Der P₂O₅ Gehalt betrug 1,21 kg/m³.

Die im Oktober 2012 ausgebrachte Schweinegülle hatte einen Ammoniumstickstoffgehalt von 2,67 kg/m³, der Gesamtstickstoffgehalt betrug 3,4 kg/m³. Umgerechnet auf jahreswirksamen Stickstoff ergibt das 2,4 kg/m³. Der P₂O₅ Gehalt betrug 1,40 kg/m³. Diese Düngung wurde nach der Ernte der Wintergerste durchgeführt und wird daher für die Bilanzierung im Jahr 2012 nicht berücksichtigt.

Die Erntemengen und Analysenergebnisse der Ernteproben an beiden tiefgründigen Standorten sind in Tab. 5-1 dargestellt.

Tab. 5-1: Erntemengen und Analysenergebnisse der Ernteproben

Probe	Erntemenge (g TS/m ²)	Trockenmasse (%)	N _{gesamt} (g/kg TS)	P ₂ O ₅ (g/kg TS)
Tiefgr. WD- Lys Korn	558	87%	18,8	8,9
Tiefgr. WD- MW Korn	562	89%	16,7	8,6
Tiefgr. WD- Lys Stroh	425	80%	4,9	1,7
Tiefgr. WD- MW Stroh	402	80%	4,1	1,4
Tiefgr. MD - Lys Korn	137	82%	31,4	17,9
Tiefgr. MD - MW Korn	256	84%	27,9	17,4
Tiefgr. MD - Lys Stroh	908	61%	8,9	5,3
Tiefgr. MD - MW Stroh	762	56%	6,0	3,0

Probenbezeichnung: Lys = Probe über Lysimeter, MW = Mittelwert aller Ernteproben am Feld

Umgerechnet auf Standardfeuchte wurden am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger 6,4 t Wintergerste geerntet, das entspricht einer hohen Ertragslage (h1). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger belief sich die Ernte auf 2,8 t Körnerraps (Mittelwert der beprobten Teilflächen), was einer mittleren Ertragslage entspricht. Am seichtgründigen Standort wurden 10,3 t Körnermais geerntet (hohe Ertragslage).

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der eigentlichen Lysimeterflächen mit den Mittelwerten von Lysimeterfläche + 2 Vergleichsflächen ist ersichtlich, dass dieses Jahr die Abweichungen der Erntemengen (sowohl hinsichtlich Korn als auch Stroh) auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Großen und Ganzen in einem tolerierbaren Bereich lagen. Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger war die Abweichung demgegenüber erheblich. Hier wurde am Lysimeter weniger Korn (-50%) und mehr Stroh (+20%) geerntet als im Felddurchschnitt.

5.2 Stickstoffbilanzen

Eine Gegenüberstellung der Stickstoffentzüge mit dem N-Düngeaufwand ergibt für die tiefgründigen Standorte positive Bilanzsaldos, für den seichtgründigen Standort ein negatives Saldo (Tab. 5-2).

Die Bilanzsaldos für die Ernteabfuhr sind zwischen den Lysimeterflächen und Vergleichsflächen bzw. den daraus gebildeten Mittelwerten auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger nahezu identisch. Am tiefgründigen Mineraldüngerstandort hingegen treten

Abweichungen auf. Der Grund liegt darin, dass auf der Lysimeterfläche weniger Korn, dafür mehr Stroh geerntet wurde, als auf den Vergleichsflächen.

Auf dem seichtgründigen Standort wurden am Lysimeter höhere Erträge sowohl beim Korn als auch beim Stroh eingefahren, was sich in einem unterschiedlich hohen Bilanzsaldo im Vergleich zum Felddurchschnitt niederschlägt.

Tab. 5-2: Stickstoffbilanzen für das Erntejahr 2012

	Tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger		Tiefgründiger Standort mit Mineraldünger		Seichtgründiger Standort*	
	----- kg N/ha -----					
Stickstoffzufuhr aus Düngung	170		124		132	
Entzug durch die Pflanzen	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert
Entzug durch das Korn	104,9	93,6	43,0	69,3	178	144
Entzug durch das Stroh	20,8	16,6	80,8	47,6	72	52
Summe Entzug	125,7	110,2	123,8	116,9	250	196
Abfuhr durch Ernte	104,9	93,6	43,0	69,3	178	144
Bilanz Korn	65,1	76,4	81,0	54,7	-46	-12
Bilanz Korn + Stroh	44,3	59,8	0,2	7,1	-118	-64
Bilanz Ernteabfuhr	65,1	76,4	81,0	54,7	-46	-12

*Am seichtgründigen Standort wurden Daten aus dem Jahr 2009 für die Stickstoffbilanzwerte herangezogen

5.3 N_{min} Gehalte im Boden

Die N_{min} Gehalte (Nitrat + Ammonium) im Boden zeigen auf den drei Standorten einen deutlichen Zusammenhang mit den Düngemaßnahmen und dem zeitlichen Verlauf der Stickstoffaufnahme der angebauten Kulturen.

Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger (Wintergerste) ist zunächst ein geringer Anstieg des N_{min} im Frühjahr bis in den Sommer bemerkbar (Abb. 5-1). Nach der Ernte im Juli stiegen die N_{min} Werte deutlich an. Die Begrünung führte zunächst zu einem Rückgang im Oktober, während das Maximum im Dezember eine Schweinegüllegabe widerspiegelt, wobei der ausgebrachte Stickstoff offensichtlich nicht mehr in größerem Umfang von der Begrünung aufgenommen wurde.

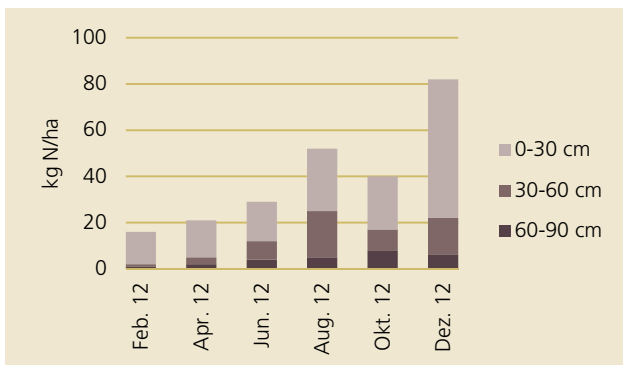


Abb. 5-1: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger wurde im August 2011 Körneraps angebaut. Dementsprechend sind die N_{min} Gehalte im Winter gering (Abb. 5-2). Nach 2 relativ knapp hintereinander folgenden Düngergaben im März stiegen die gemessenen N_{min} Werte deutlich an. Danach ist ein Rückgang der Werte erkennbar, welcher durch einen erneuten Anstieg im Oktober unterbrochen wird, der eine Nachfruchtwirkung des Raps widerspiegeln könnte.

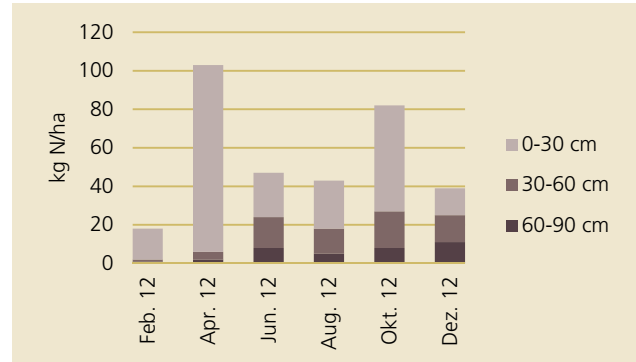


Abb. 5-2: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

Am seichtgründigen Standort wurde im Gegensatz zu den beiden anderen Lysimetern keine Winterung sondern Körnermais angebaut. Über den Winter waren nur geringe N_{min} Gehalte festzustellen, da eine Winterzwischenfrucht im Herbst 2011 angebaut wurde (Abb. 5-3). Nach deren Umbruch, der Düngung und dem Anbau des Körnermais im April ist ein starker Anstieg des N_{min} Gehaltes zu erkennen. Der weitere Verlauf spiegelt die Stickstoffaufnahme durch den Mais wider, die zu sinkenden N_{min} Gehalten führte.

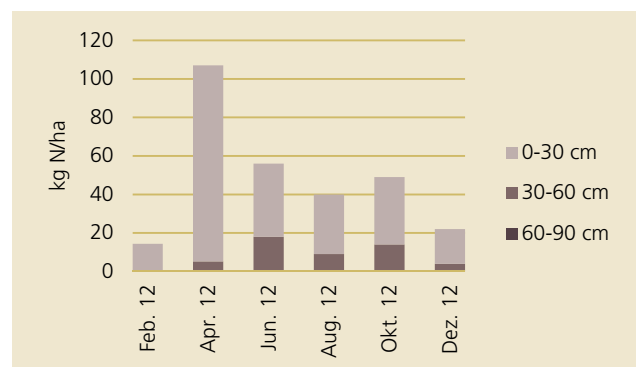


Abb. 5-3: N_{min} Gehalte am seichtgründigen Standort

Im Vergleich aller 3 Standorte zeigt sich, dass im Jahr 2012 die höchsten N_{min} Werte am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger und am seichtgründigen Standort gemessen wurden (Abb. 5-4). Diese Höchstwerte sind jeweils im April zu finden. Im mehrjährigen Vergleich war die Auswaschung 2012 durchschnittlich bis unterdurchschnittlich.

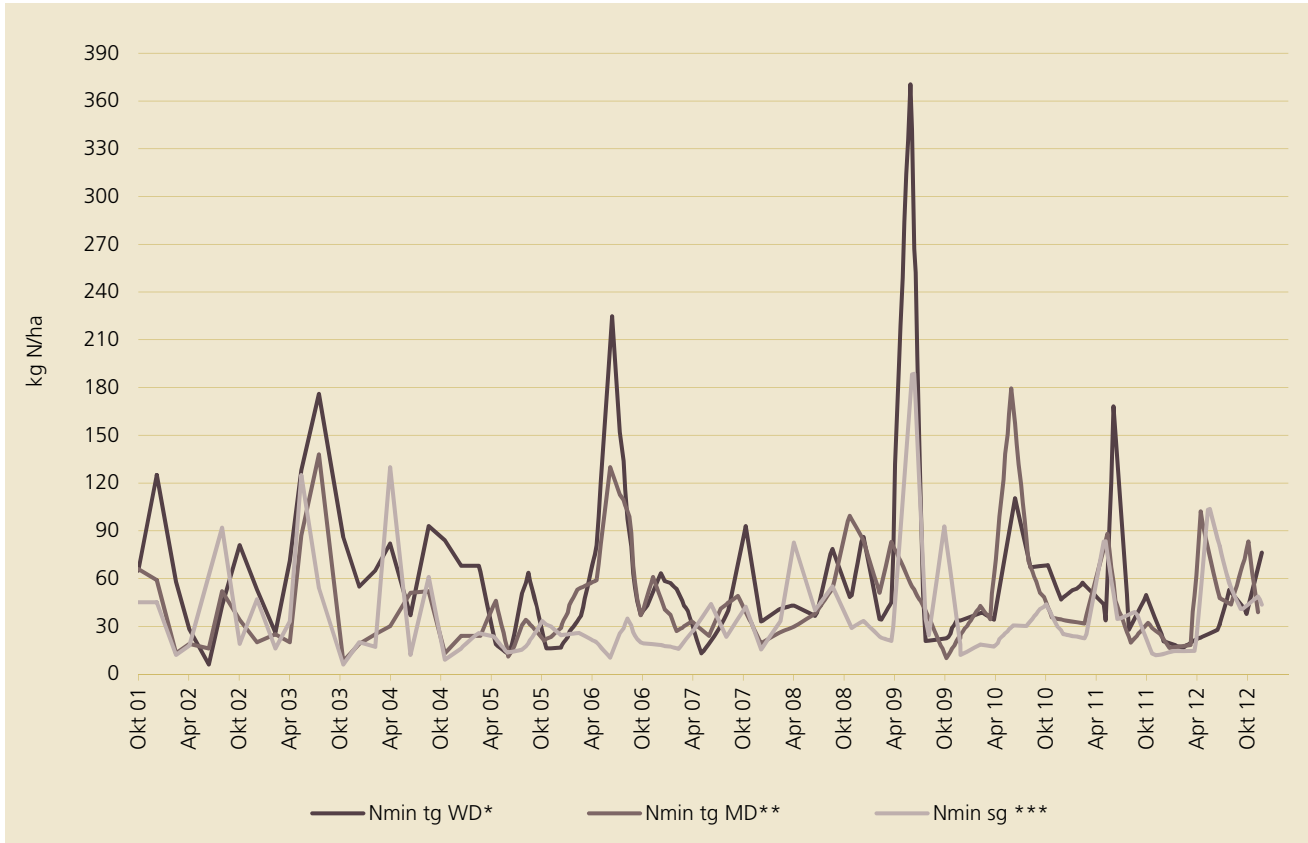


Abb. 5-4: Vergleich der N_{min} - Gehalte der Standorte seit Oktober 2001

- * tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger
- ** tiefgründiger Standort mit Mineraldünger
- *** seichtgründiger Standort

5.4 Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

5.4.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Im hydrologischen Jahr 2011/12 fielen 1188 mm Niederschlag. Die Sickerwassermenge in diesem Zeitraum betrug 329 mm, was 28% der Niederschlagsmenge entspricht. Auffallend sind die hohen Niederschlagssummen in den Monaten Mai und August (Abb. 5-5).

Zum Verlauf der Sickerwasserbildung ist anzumerken, dass diese wie in den meisten Jahren über die Wintermonate in Folge der höheren Niederschläge und der geringen Evapotranspiration während dieses Zeitraums anstieg. Zusätzlich führten im Jahr 2012 Starkregenereignisse in den Monaten Juli und August zu einem zweiten Maximum.

Obwohl in der Periode zwischen Mai und Juni erhebliche Niederschlagsmengen verzeichnet wurden, gab es in dieser Zeit fast keine Sickerwasserbildung, vielmehr dürfte dieser Niederschlag das von der Vegetation verbrauchte Bodenwasser aufgefüllt haben.

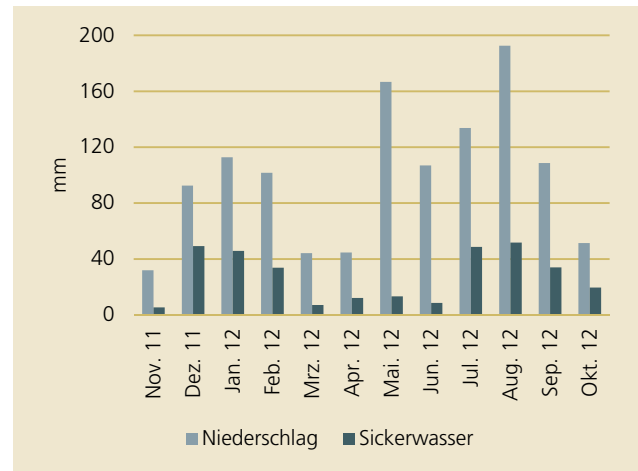


Abb. 5-5: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Wirtschaftsdünger)

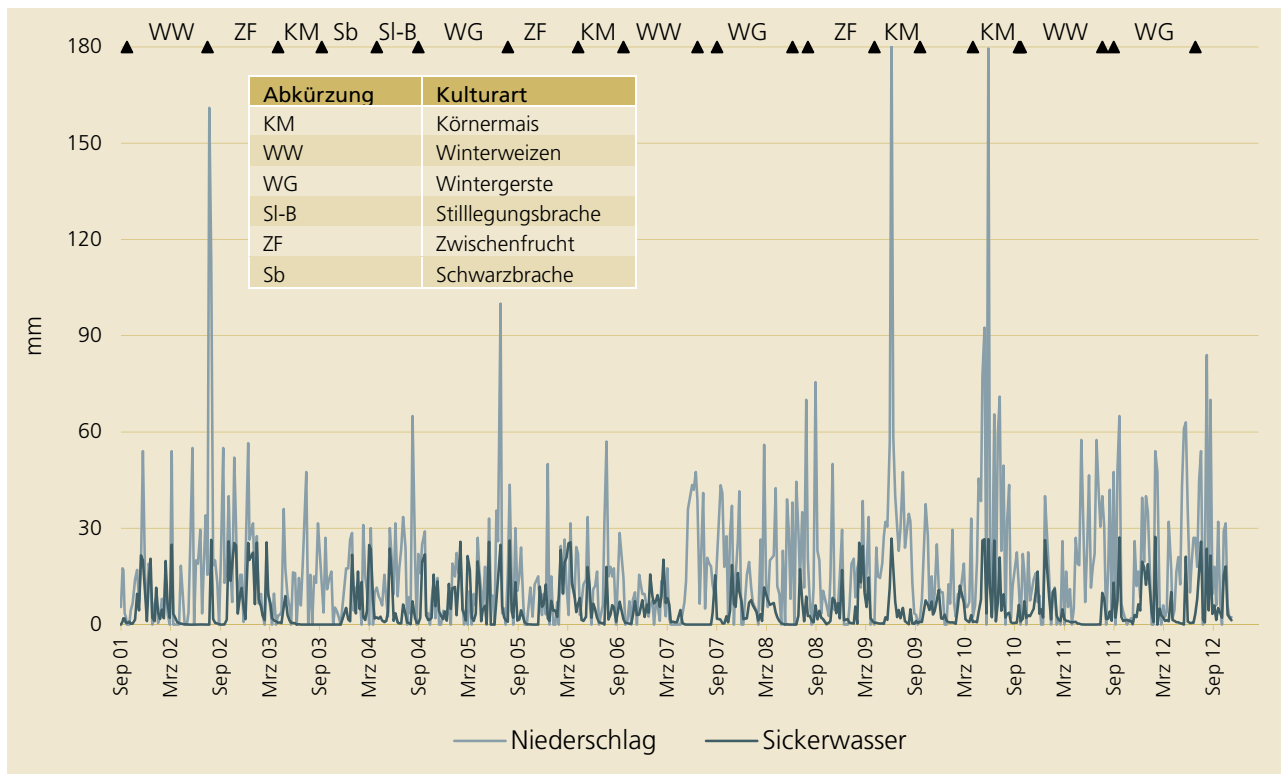


Abb. 5-6: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Wirtschaftsdünger)

5.4.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Die monatliche Sickerwassermenge zeigt im Jahresverlauf ein Maximum im Dezember 2011 und eines im August 2012 (Abb. 5-7). Die Nitratauswaschung folgt einem ähnlichen Verlauf. In den Monaten Jänner und August wurden die höchsten Nitratauswaschungen im hydrologischen Jahr 2011/12 beobachtet (Abb. 5-8), wobei diese Werte jedoch deutlich unter jenen aus den Vorjahren lagen. Generell ist am Standort im Beobachtungszeitraum feststellbar, dass die Nitratauswaschung weitgehend der Sickerwassermenge folgt, da die Nitratkonzentration nicht stark variierte (siehe Abb. 5-9). Von den N_{min} Gehalten spiegelt sich der Anstieg nach der Ernte im Auswaschungsgeschehen des Spätsommers 2012 wider (vgl. Abb. 5-10). Zum ersten Auswaschungsmaximum dürfte die

Herbstdüngung 2011 einen Beitrag geleistet haben. In Summe betrug die ausgewaschene Stickstoffmenge im hydrologischen Jahr 2011/12 11,3 kg N/ha.

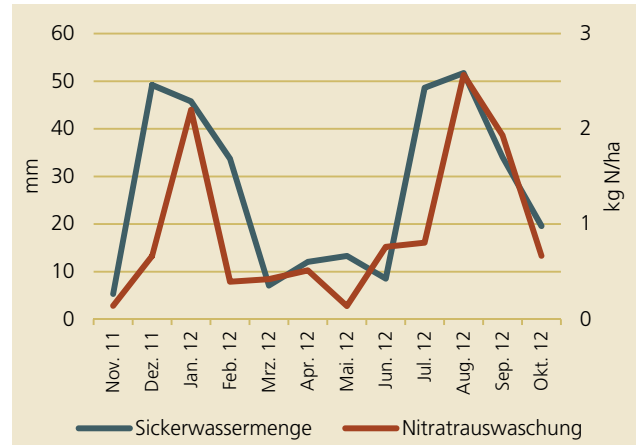


Abb. 5-7: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Wirtschaftsdünger)

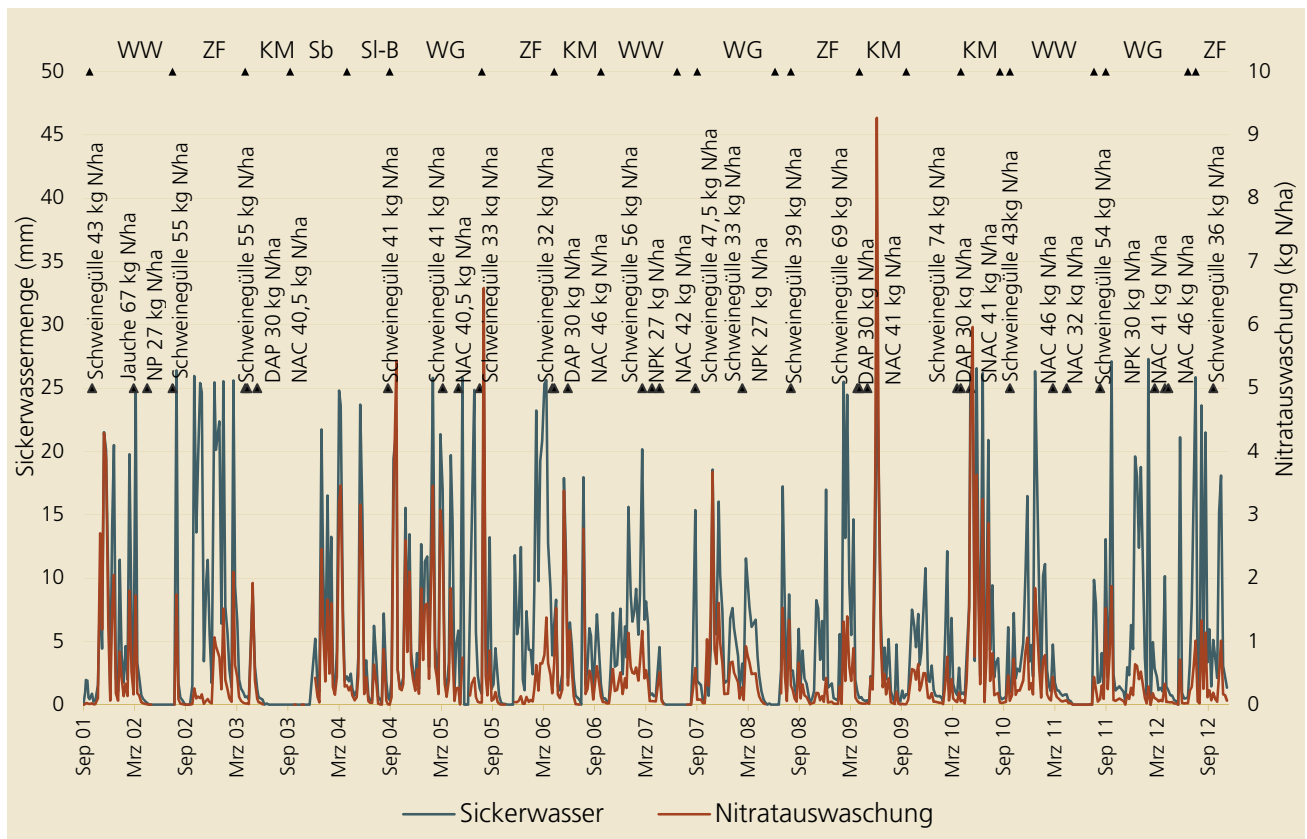


Abb. 5-8: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Wirtschaftsdünger)

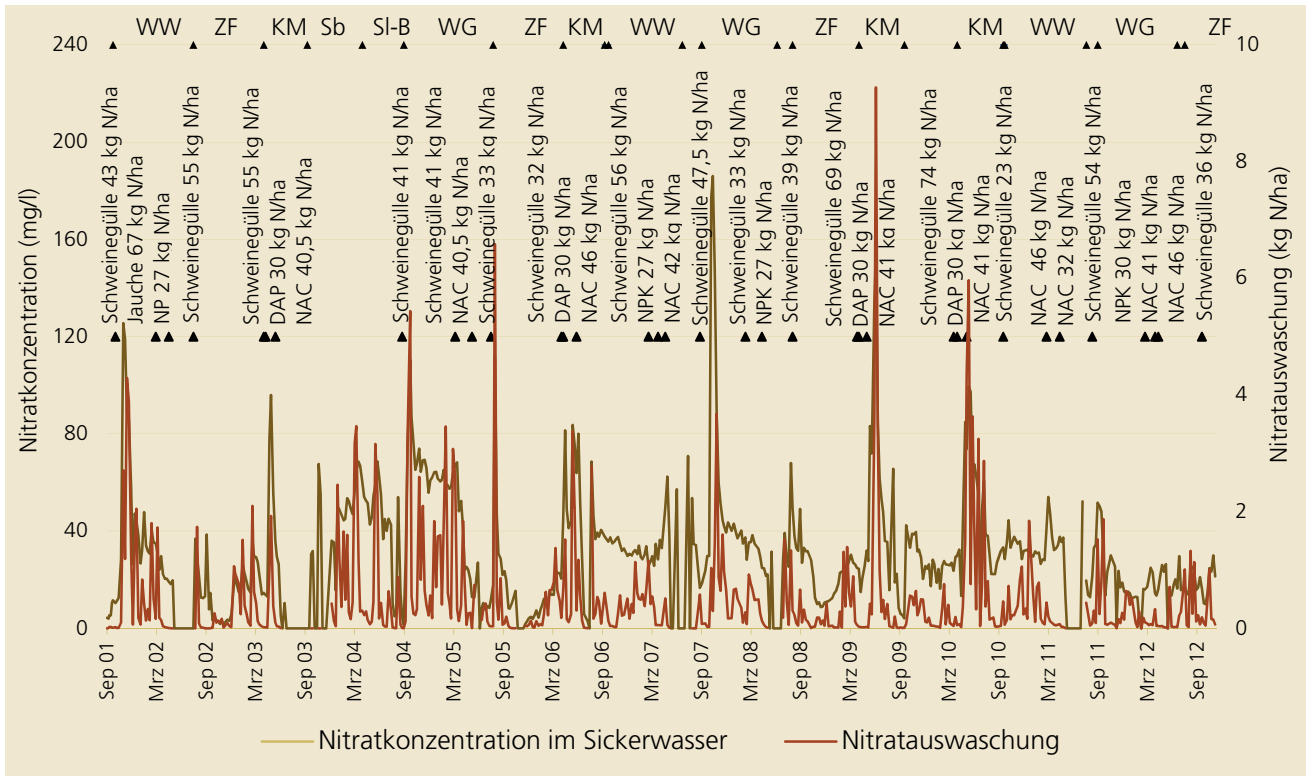


Abb. 5-9: Nitratkonzentration und Nitrat Auswaschung (tiefr. Wirtschaftsdünger)

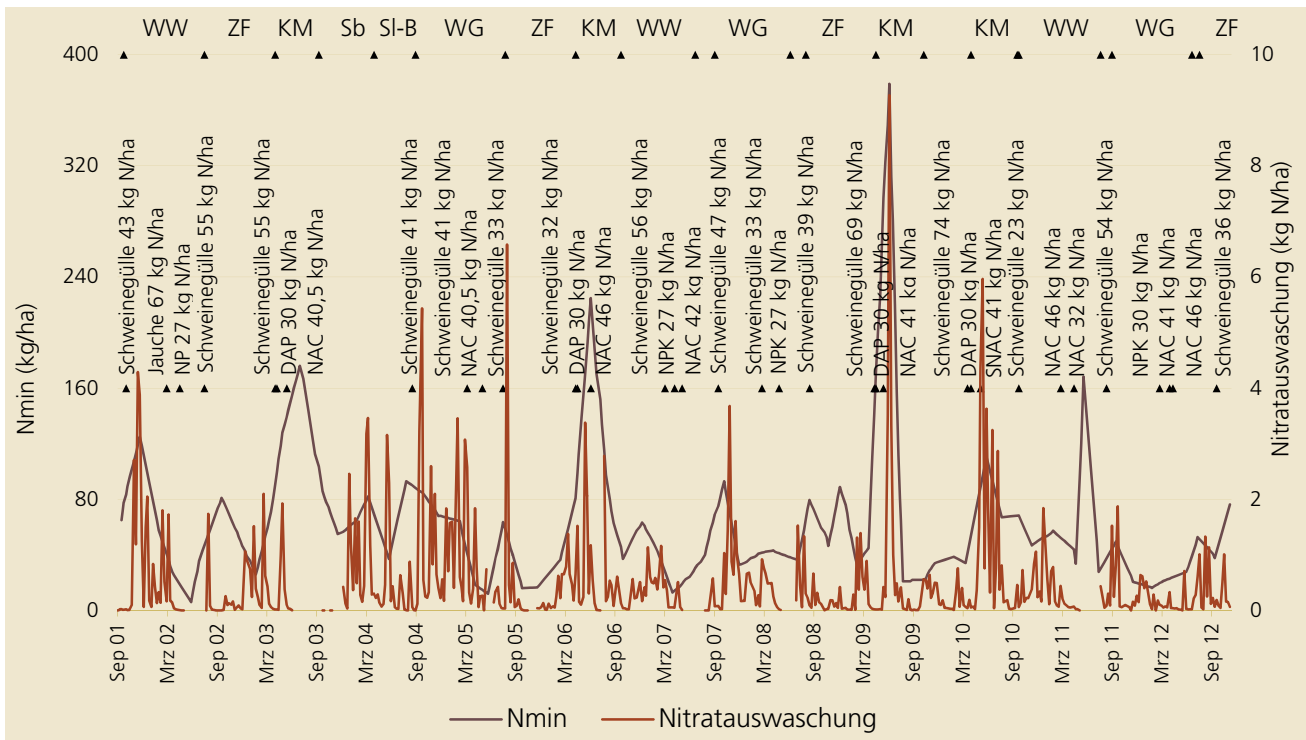


Abb. 5-10: Nitrat Auswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefr. Wirtschaftsdünger)

5.5 Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

5.5.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Im hydrologischen Jahr 2011/2012 betrug die Niederschlagssumme 1209 mm, die Sickerwassermenge im selben Zeitraum ca. 370 mm, das entspricht etwa 31 % der Niederschlagsmenge.

Sowohl bei der Niederschlagsverteilung als auch dem Sickerwasseranfall traten zwei Maxima, nämlich im Jänner und im Juni bzw. Juli auf (Abb. 5-11). Trotz zunehmender Niederschlagsmengen von März bis Juni bildete sich auf Grund der Wasseraufnahme durch den Raps bis Mai kaum Sickerwasser.

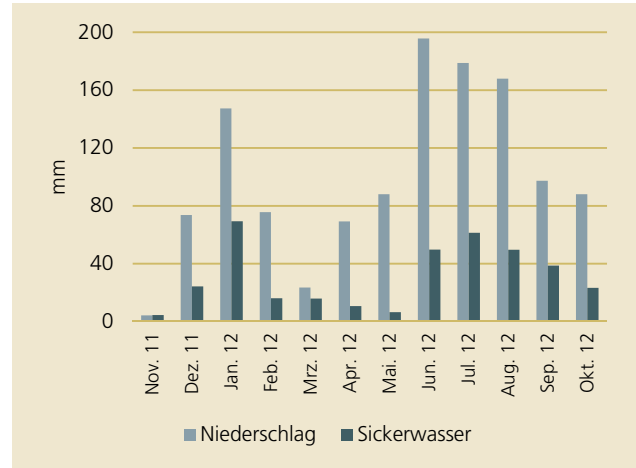


Abb. 5-11: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Mineraldünger)

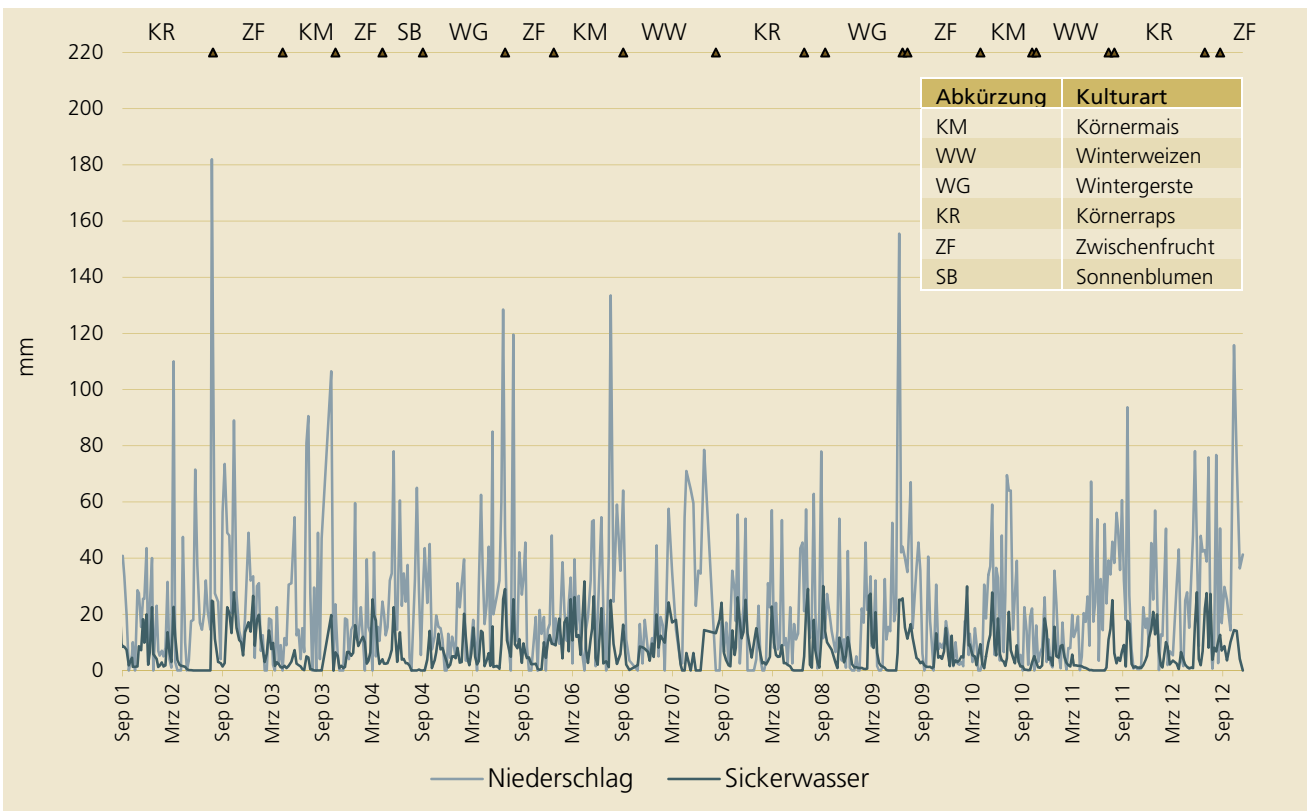


Abb. 5-12: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Mineraldünger)

5.5.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Während der Verlauf der Sickerwassermenge im hydrologischen Jahr 2011/12 zwei Maxima, nämlich im Jänner und Juli aufweist, wurde bei der Nitratauswaschung nur ein Höchstwert im September beobachtet. Im Gegensatz zum Vorjahr und zu den anderen Standorten korreliert somit die Nitratauswaschung nicht mit der Sickerwassermenge. Unmittelbare Anstiege in der Nitratauswaschung infolge von Düngergaben konnten nicht beobachtet werden. Im Vergleich zu den Ergebnissen der langjährigen Messungen verlief die Nitratauswaschung an diesem Standort auf durchschnittlichem Niveau (vgl. Abb. 5-14) und betrug im gegenständlichen Zeitraum insgesamt 8,1 kg N/ha.

Die gemessene Nitratkonzentration im Sickerwasser schwankte im betrachteten Zeitraum zumeist zwischen 5 und 25 mg/l und lag damit deutlich unter den Werten des Vorjahres. Die Maximalkonzentration wurde

im September mit 37,2 mg/l gemessen. Hervorzuheben ist auch, dass trotz erhöhter N_{min} Gehalte im Boden im April 2012 keine Nitratauswaschung unter Raps stattfand (siehe Abb. 5-15 und Abb. 5-16).

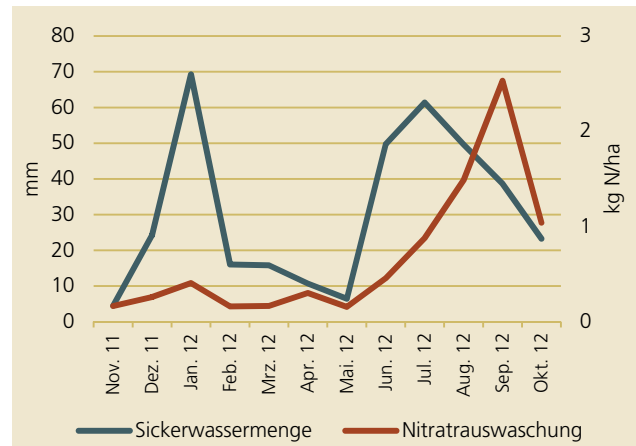


Abb. 5-13: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefg. Mineraldünger)

Von Mitte Juli bis Mitte Oktober 2008 wurden keine Probenahmen durchgeführt. Die Werte wurden im Modell STOTRASIM berechnet.

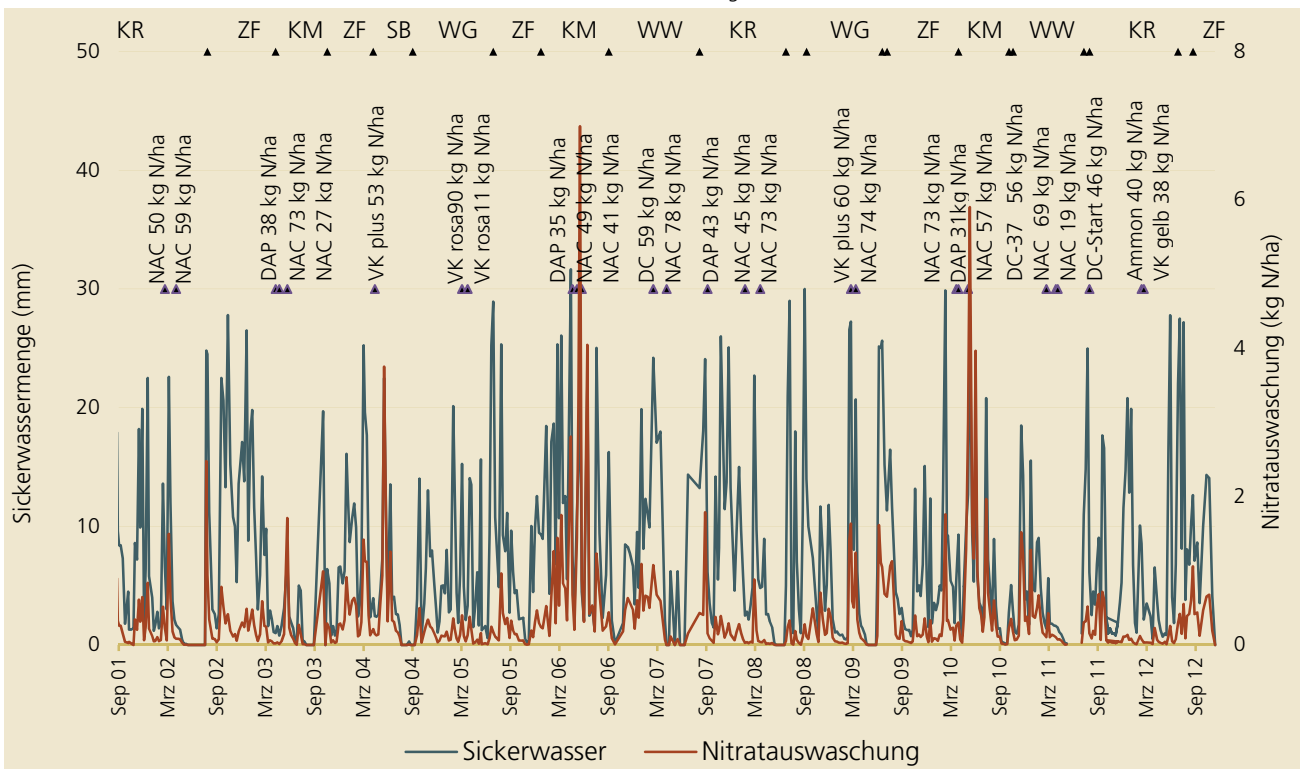


Abb. 5-14: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefg. Mineraldünger)

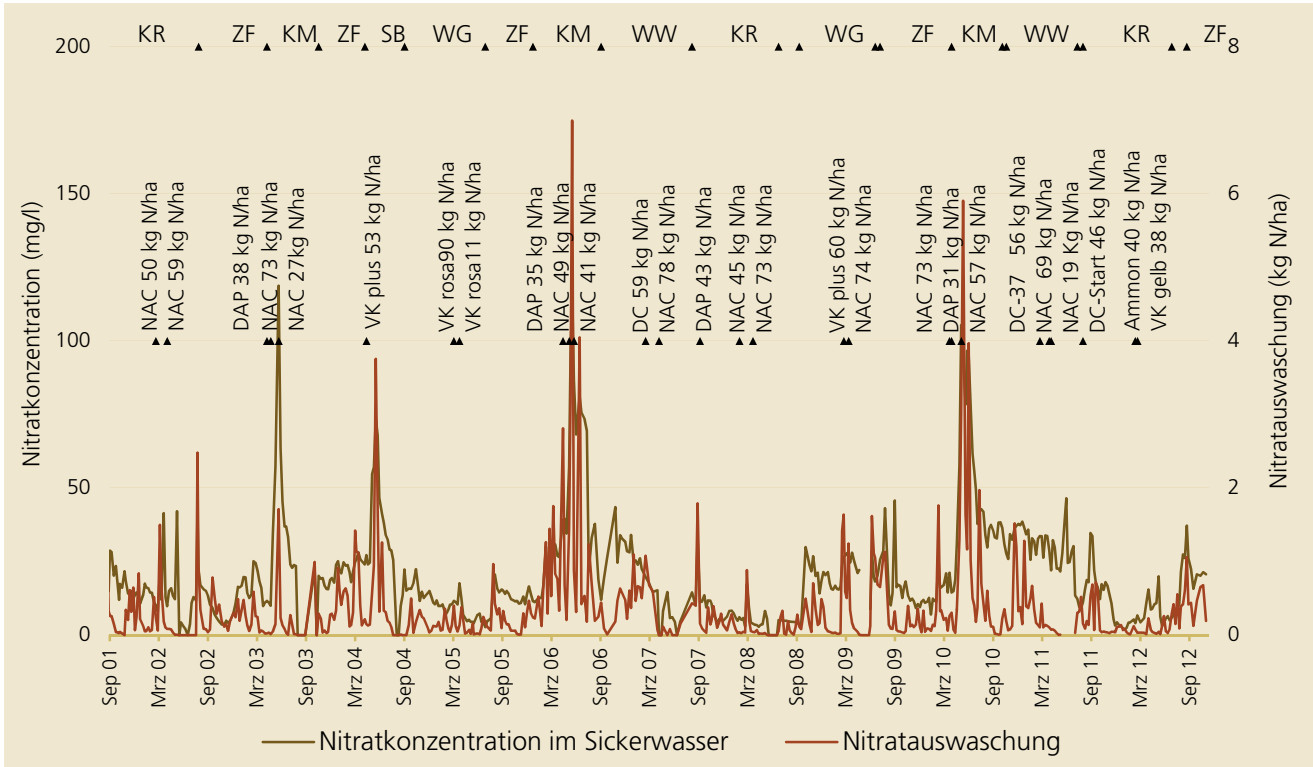


Abb. 5-15: Nitratkonzentration und NitratAuswaschung (tiefr. Mineraldünger)

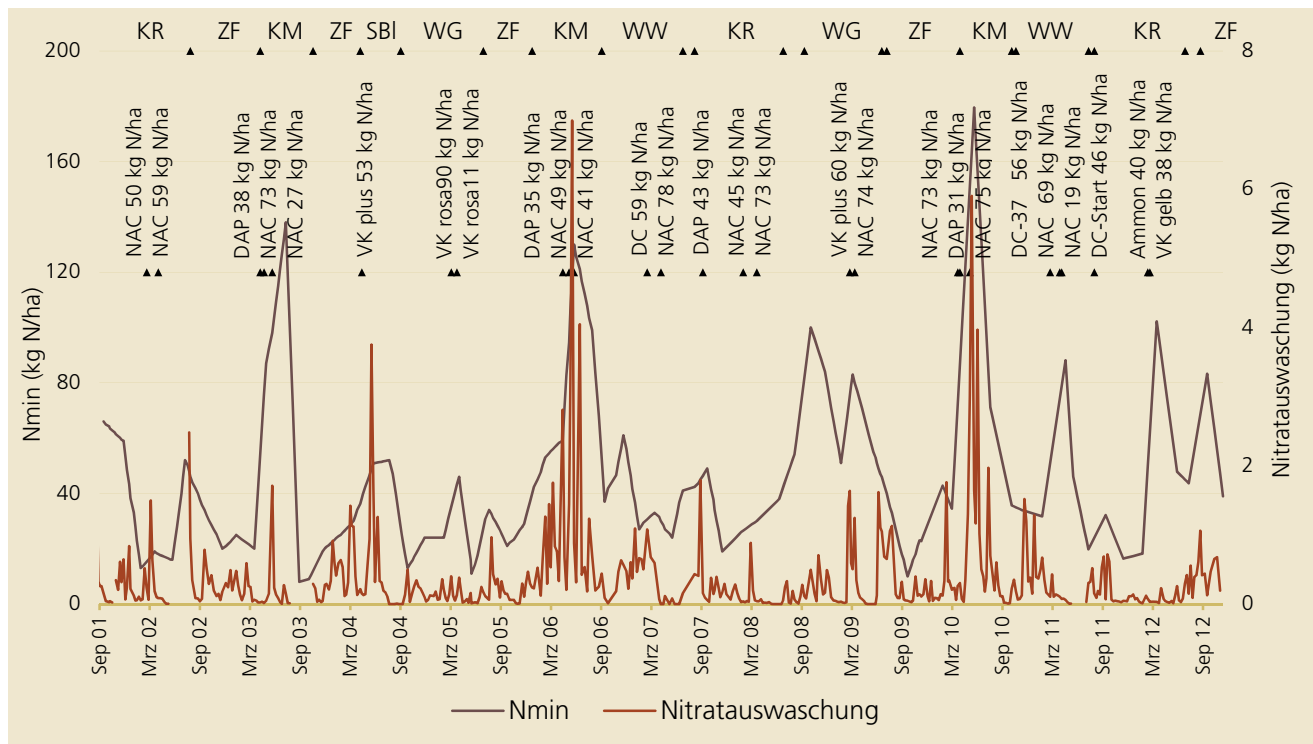


Abb. 5-16: NitratAuswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefr. Mineraldünger)

5.6 Nitrat auswaschung am seichtgründigen Standort

5.6.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Am seichtgründigen Standort fielen im hydrologischen Jahr 2011/12 in Summe 758 mm Niederschlag. Die größten Niederschlagsmengen wurden analog zum tiefgründigen Standort mit Mineraldünger im Jänner und in der Periode Juni bis August gemessen (Abb. 5-17). Die Sickerwasserbildung erfolgte primär in den Wintermonaten 2011/12 und zusätzlich im Juni 2012.

Auffällig ist, dass im November 2011 kein Niederschlag gemessen wurde und dementsprechend trat auch fast kein Sickerwasser aus. In Summe lag die

Sickerwasserbildung bei 254 mm. Das sind rund 34% der Niederschlagssumme.

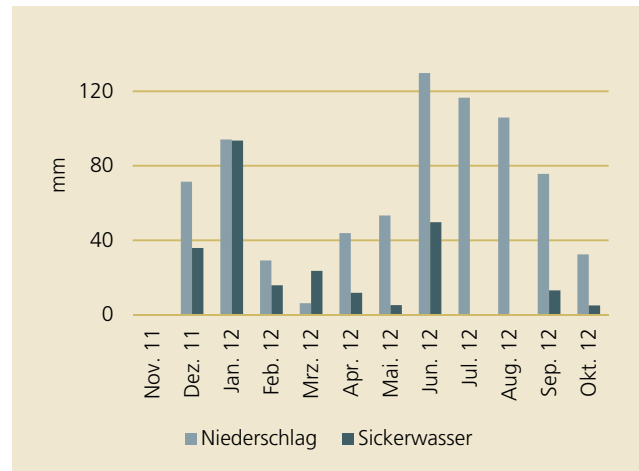


Abb. 5-17: Monatliche Niederschlags- und Sickerwasser-summen (seichtgr.)

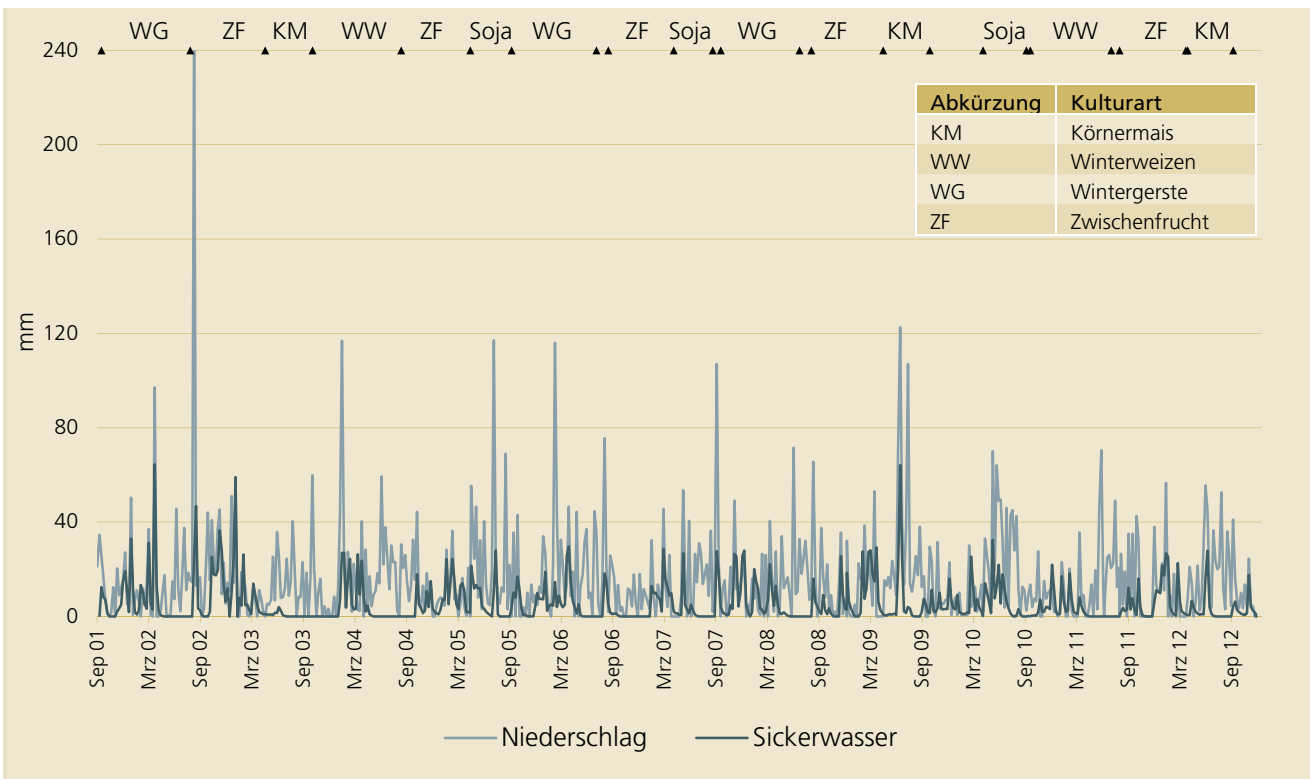


Abb. 5-18: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (seichtgründig)

5.6.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Insgesamt wurden im hydrologischen Jahr 2011/2012 rund 27,4 kg N/ha ausgewaschen. Der Verlauf der Nitratauswaschung folgt im Wesentlichen der Sickerwasserbildung. Hohe Nitratauswaschung im Bereich von 7 kg N/ha trat im Dezember 2011 auf und eine weitere im Juni 2012 als Folge der Düngegabe zum Maisanbau im April. Ein weiteres Maximum konnte im September 2012 beobachtet werden.

Die beobachteten Nitratkonzentrationen lagen im Bereich zwischen 30 bis 200 mg/l, wobei die höchsten Konzentrationen gegen Ende des hydrologischen Jahres beobachtet wurden (Abb. 5-21).

Die hohen N_{min} Gehalte im April als auch der Anstieg nach der Ernte finden eine Entsprechung im Verlauf

der Nitratauswaschung (Abb. 5-22). Mit Ausnahme der N_{min} Werte im Zeitraum April/Mai liegen die Werte für N_{min} im unteren Bereich der im Rahmen der gesamten Messserie beobachteten Werte.

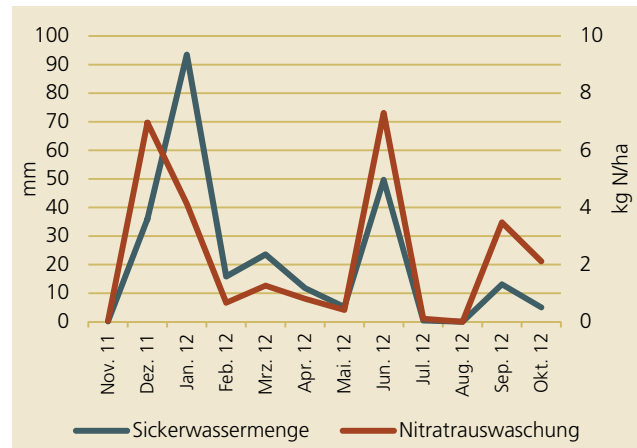


Abb. 5-19: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig)

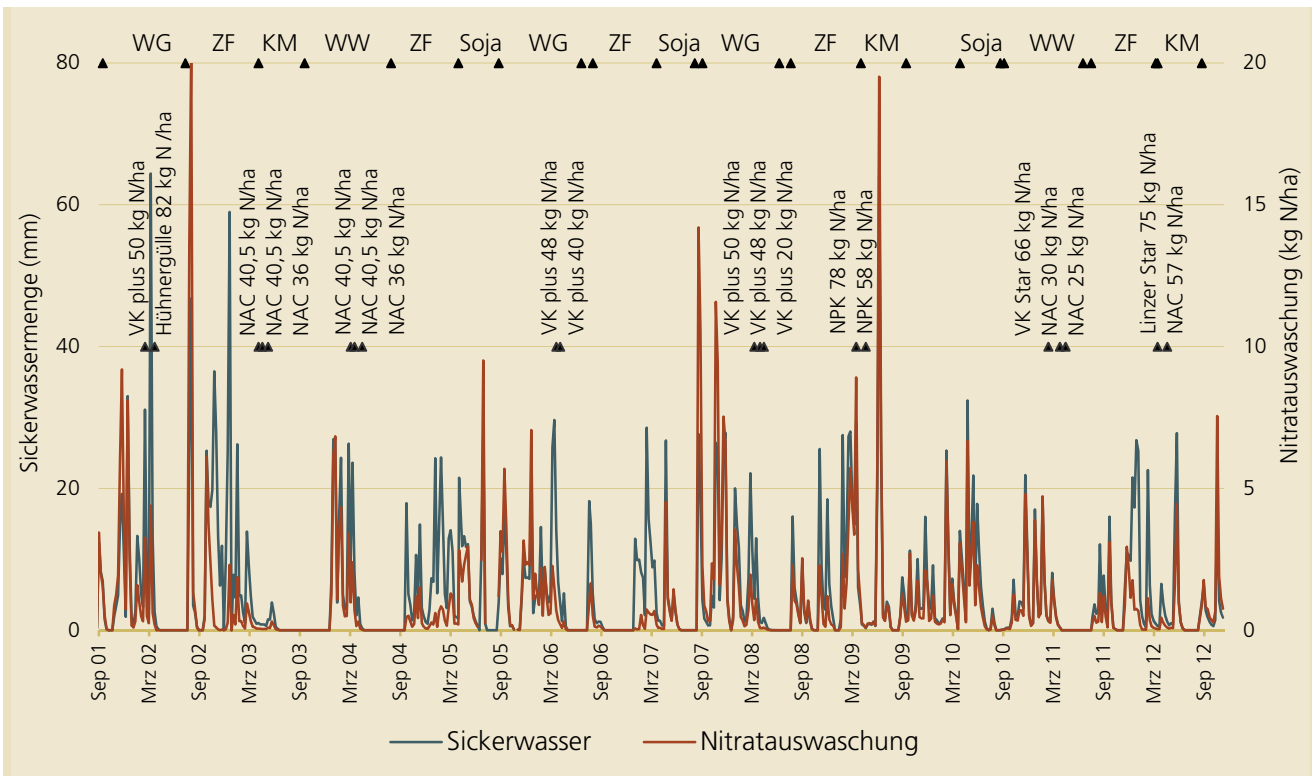


Abb. 5-20: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig)

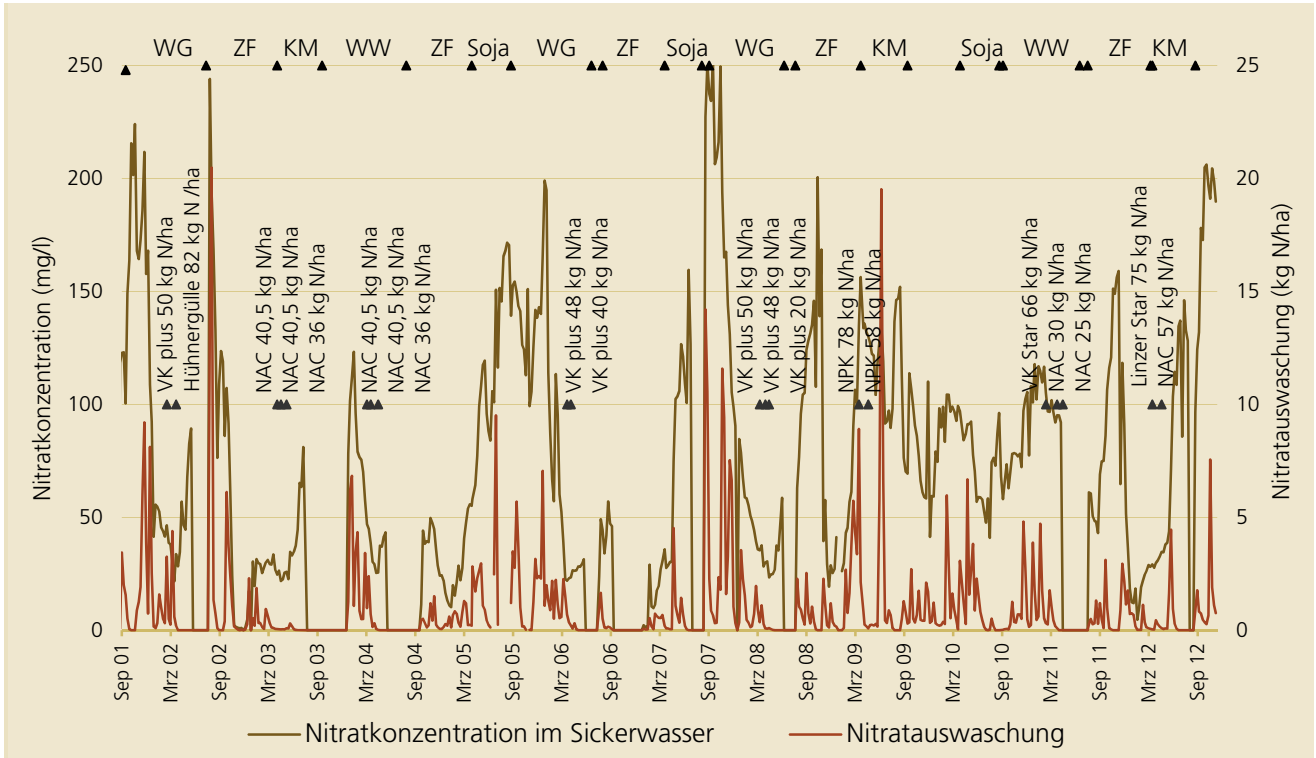


Abb. 5-21: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (seichtgründig)

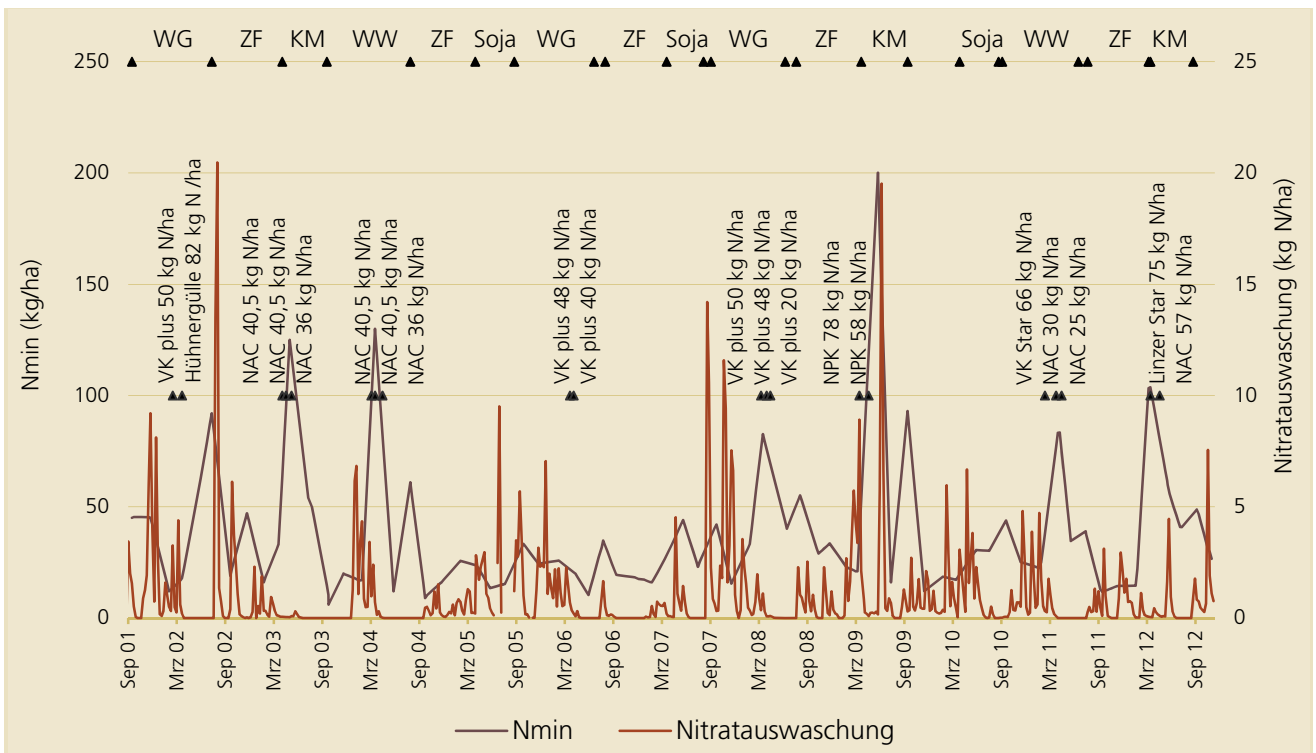


Abb. 5-22: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (seichtgründig)

5.7 Vergleich der Nitratauswaschung bzw. Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen den Standorten

Die größte Stickstoffmenge wurde am seichtgründigen Standort mit 27,4 kg N/ha ausgewaschen (Tab. 5-3). Diese entspricht ca. 21 % der durch Düngung zugeführten N-Menge (132 kg N/ha). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger wurden etwa 11,3 kg N/ha ausgewaschen. Dies entspricht rund 7% der durch Düngung zugeführten N-Menge (170 kg N/ha). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger lag die Auswaschung ins Grundwasser mit 8,1 kg N/ha am niedrigsten von allen 3 Standorten. Dies entspricht ebenfalls 7% der durch Düngung am Standort zugeführten N-Menge (124 kg N/ha).

Tab. 5-3: Stickstoffauswaschung vom 01.11.11 bis 31.10.12 im Vergleich zur Düngung

	Düngung [kg N/ha]	Ausw. [kg N/ha]	Anteil [%]	Bilanz [kg N/ha]
Tiefgr. WD	170	11,3	7%	44,3
Tiefgr. MD	124	8,1	7%	0,2
Seichtgr.	132	27,4	21%	-118,0

Ein Vergleich der beiden tiefgründigen Standorte zeigt, dass der Anteil der ausgewaschenen N-Menge im Verhältnis zum Düngeraufwand an beiden Standorten mit 7% gleich hoch ist, obwohl die absolute Düngemenge am Standort mit Wirtschaftsdünger höher war. Dies spiegelt sich in den N-Bilanzen wider (berechnet für die Lysimeterfläche, Korn + Stroh, vgl. Tab. 5-2 in Kap. 5.2). Während die Bilanz am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger bei 44,3 kg N/ha liegt, ist die Bilanz am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger ausgeglichen (0,2 kg N/ha).

Die hohe Auswaschung am seichtgründigen Standort ist demgegenüber auf den unterschiedlichen Bodenaufbau (geringere Mächtigkeit und damit geringeres

Rückhaltevermögen für Wasser und das darin enthaltene Nitrat) zurückzuführen.

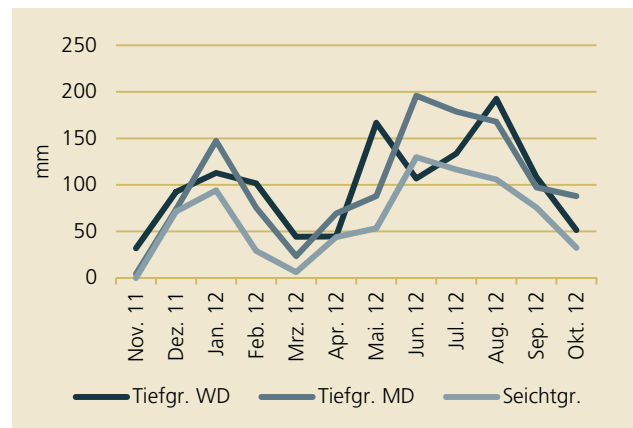


Abb. 5-23: Monatliche Niederschlagssummen an den drei Standorten

Der Verlauf der monatlichen Niederschlagsmengen war an allen drei Standorten ähnlich, wobei am seichtgründigen Standort um über 30% niedrigere Niederschlagsmengen als an den anderen beiden Standorten beobachtbar waren (Abb. 5-23).

Hinsichtlich des Sickerwasseranfalls gab es an den Standorten ebenfalls einen relativ ähnlichen Verlauf, nämlich primär höhere Sickerwassermengen in den Wintermonaten und aufgrund des hohen Niederschlags in den Sommermonaten. An beiden tiefgründigen Standorten wurde jeweils im Jänner 2012 die höchste Sickerwassermenge beobachtet. In Summe fiel am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger das meiste Sickerwasser an (371 mm).

Tab. 5-4: Sickerwassermengen und durchschnittliche Nitratkonzentration vom 01.11.11 bis 31.10.12

	SW [mm]	NO ₃ -Kon. [mg/l]
Tiefgr. WD	331	15
Tiefgr. MD	371	10
Seichtgr.	254	48

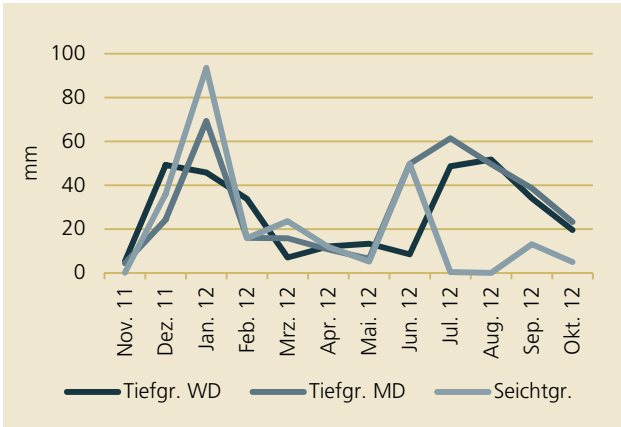


Abb. 5-24: Monatliche Sickerwassermengen an den drei Standorten

Die höchste durchschnittliche Nitratkonzentration wurde am seichtgründigen Standort mit 48 mg NO₃/l beobachtet (Tab. 5-4), obwohl im Vergleich zu den anderen beiden Standorten eine ähnliche bzw. geringere N-Düngermenge aufgebracht wurde. Die mittlere Nitratkonzentration auf den beiden tiefgründigen Standorten war mit 15 mg NO₃/l (Wirtschaftsdünger) bzw. 10 mg NO₃/l (Mineraldünger) deutlich niedriger als am seichtgründigen Standort.

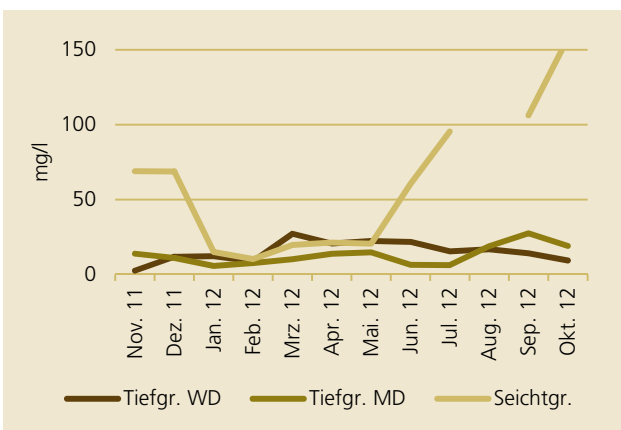


Abb. 5-25: Durchschnittliche monatliche Nitratkonzentrationen an den drei Standorten

Ein monatlicher Vergleich der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zeigt, dass diese am seichtgründigen Standort bis Dezember und ab Juli deutlich über 50 mg NO₃/l lagen. An den beiden tiefgründigen

Standorten lagen die Konzentrationen meist unter 20 mg/l.

Die monatliche Nitratauswaschung hatte an allen drei Standorten entsprechend dem Sickerwasseranfall zu ähnlichen Zeitpunkten ihr Maximum, außer am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger. Hier wurden im Jänner 2012 sehr hohe Sickerwassermengen beobachtet, welche allerdings nur eine geringe Nitratauswaschung lieferten. Die Auswaschungsspitzen sind am seichtgründigen Standort mit Abstand am stärksten ausgeprägt (Abb. 5-26).

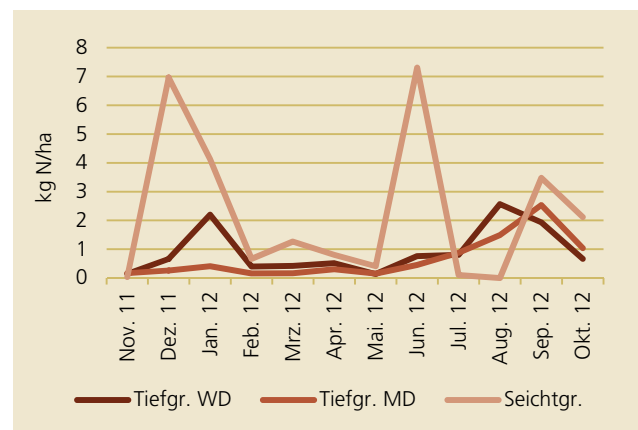


Abb. 5-26: Monatliche Nitratauswaschung an den drei Standorten

In Summe wurde während des Messzeitraums seit September 2011 bis November 2011 am seichtgründigen Standort mit 567 kg N/ha am meisten Stickstoff in Form von Nitrat ausgewaschen (Abb. 5-27). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger waren es mit 262 kg N/ha etwa halb so viel, am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger mit 181 kg N/ha weniger als 1/3. Damit spiegelt das Jahr 2011/12 ungefähr den Gesamtverlauf wider. Neben Unterschieden zwischen den Standorten in der Gesamtmenge des ausgewaschenen Nitrats ist in Abb. 5-26 auch der unterschiedliche Verlauf ersichtlich. Die Schwankungen in den Auswaschungsmengen sind am seichtgründigen Standort deutlich ausgeprägter als an den tiefgründigen Standorten.

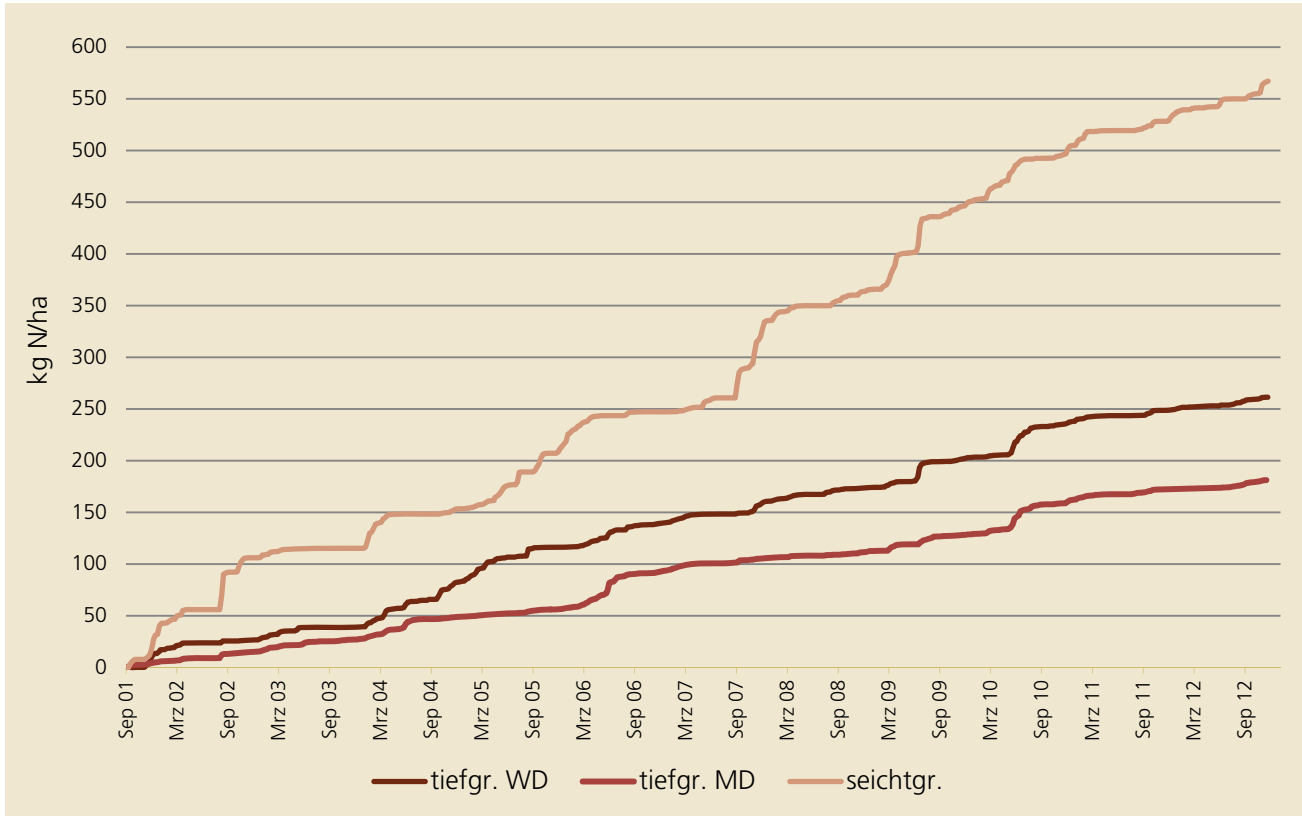


Abb. 5-27: Summe der als Nitrat ausgewaschenen Stickstoffmenge an den drei Standorten

5.8 Vergleich der Nitratauswaschung zwischen den unterschiedlichen Kulturen der letzten Jahre

Die beiden tiefgründigen Lysimeterstandorte unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre aufgebraachte Düngerart (Mineraldünger - Wirtschaftsdünger). Eine gesonderte Betrachtung der unterschiedlichen angebauten Kulturen aller bisher beobachteten Jahre zeigt, abhängig von der Hauptfrucht und der Düngerart welche Zeiträume von hohen Nitratauswaschungen betroffen sind.

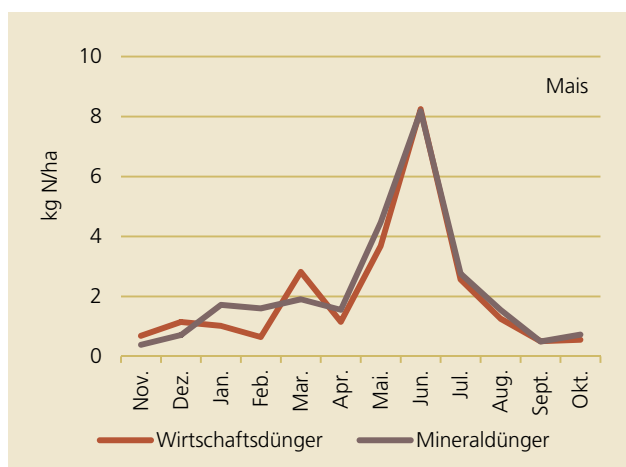


Abb. 5-28: Gemittelte monatliche Nitratauswaschung der Jahre mit Mais auf den tiefgr. Standorten mit Wirtschaftsdünger und Mineraldünger

In Abb. 5-28 wird die mittlere monatliche Nitratauswaschung aller Jahre (2000-2012) in denen Mais angebaut wurde dargestellt. Zu sehen ist bei beiden Bewirtschaftungsarten ein starkes Maximum von über 8 kg N/ha im Juni, welches auf die frühe Düngung zum Anbau vom Mais zurückzuführen ist. Der Stickstoff kann aufgrund des erst spät einsetzenden Entzugs durch die Maispflanzen nicht aufgenommen werden und gelangt daher über das Sickerwasser ins Grundwasser. Ab Ende Juni beginnt die Maispflanze den Stickstoff aufzunehmen und die Auswaschung nimmt an beiden Standorten deckungsgleich ab. Einzig im Winter und am Beginn des Frühjahres sind leichte Unterschiede und stärkere Schwankungen am

Wirtschaftsdüngerstandort aufgrund des Umbruchs der Winterbegrünung in der Nitratauswaschung zu erkennen. In Summe werden pro Jahr etwa gleich viel, nämlich 24 kg N/ha am Standort mit Wirtschaftsdünger und 26 kg N/ha am Standort mit Mineraldünger ausgewaschen.

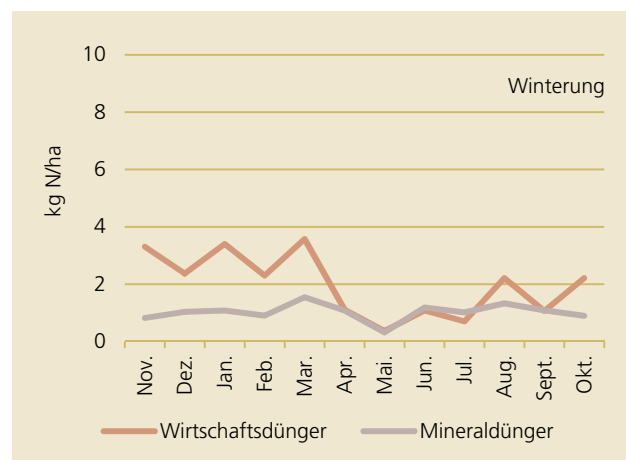


Abb. 5-29: Gemittelte monatliche Nitratauswaschung der Jahre mit Winterungen auf den tiefgr. Standorten mit Wirtschaftsdünger und Mineraldünger

Im Gegensatz zu den Maisjahren, ist der Unterschied in der Nitratauswaschung gemittelt über die Jahre in denen Winterungen wie Winterweizen, Wintergerste und teilweise Winterraps angebaut wurden ungleich höher (Abb. 5-29). Während am Standort mit Mineraldünger die Nitratauswaschung auf relativ niedrigem Niveau gleichmäßig verläuft, liegen die Werte des Standorts mit Wirtschaftsdünger in den Monaten Oktober bis März um mehr als das Doppelte darüber. Ursache dafür ist die am Wirtschaftsdüngerstandort aufgebraachte Herbsdüngung zu Getreide mit Gülle. Am Mineraldüngerstandort wird bei Wintergetreide generell kein Dünger im Herbst ausgebracht. Im Gesamtjahresverlauf ist die Nitratauswaschung daher am Standort mit Wirtschaftsdünger doppelt so hoch (24 kg N/ha) wie am Standort mit Mineraldünger (12 kg N/ha).

5.9 Phosphorbilanzen

Die Phosphorentzüge wurden in erster Linie von der angebauten Kultur bestimmt und betragen im Betrachtungszeitraum auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger ca. 48,5 kg P₂O₅/ha, berechnet für die Abfuhr durch die Ernte. Auf dem tiefgründigen Standort mit Mineraldünger betrug der Phosphorentzug im Mittel etwa 68,7 kg P₂O₅/ha.

Unterschiede zwischen den zwei tiefgründigen Standorten in der P-Bilanz sind sowohl auf die verschiedenen Kulturen als auch auf das unterschiedliche Düngeneiveau zurückzuführen. Am Wirtschaftsdüngerstandort wurde Phosphor über eine Wirtschaftsdüngergabe mit 24 kg P₂O₅/ha und über den Mineraldünger mit 30 kg P₂O₅/ha zugeführt, womit die P-Bilanz leicht

positiv ausfällt (5,5 kg P₂O₅/ha; Tab. 5-5). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger wurde Phosphor über zwei Mineraldüngergaben (77 kg P₂O₅/ha und 38 kg P₂O₅/ha) zugeführt.

Die Bilanzen für die Ernteabfuhr sind zwischen den Lysimeterflächen und Vergleichsflächen bzw. den daraus gebildeten Mittelwerten auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger nahezu identisch. Auf dem Standort mit Mineraldünger gibt es Abweichungen, die darauf zurückzuführen sind, dass der Ertrag über dem Lysimeter deutlich geringer war als auf den Vergleichsflächen.

Am seichtgründigen Standort wurden die Erntemengen und folgedessen die Höhe der Entzüge aus dem Jahr 2009 herangezogen.

Tab. 5-5: Phosphorbilanzen für das Erntejahr 2012

	Tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger		Tiefgründiger Standort mit Mineraldünger		Seichtgründiger Standort*	
	----- kg P ₂ O ₅ /ha -----					
Phosphorzufuhr aus Düngung	54		115		75	
Entzug durch die Pflanzen	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert
Entzug durch das Korn	49,9	48,5	24,5	44,4	35	32
Entzug durch das Stroh	7,4	5,6	47,8	24,3	8	7
Summe Entzug	57,3	54,1	72,3	68,7	43	39
Abfuhr durch Ernte	49,9	48,5	24,5	44,4	35	32
Bilanz Korn	4,1	5,5	90,5	70,6	40	43
Bilanz Korn + Stroh	-3,3	-0,1	42,7	46,3	32	36
Bilanz Ernteabfuhr	4,1	5,5	90,5	70,6	40	43

*Am seichtgründigen Standort wurden Daten aus dem Jahr 2009 für die Phosphorbilanzwerte herangezogen

5.10 Phosphatauswaschung

Der jahreszeitliche Verlauf der Phosphatauswaschung im Jahr 2012 unterscheidet sich an den drei Standorten grundlegend (Abb. 5-30). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger wurde ein Maximum der Phosphatauswaschung im Jänner/Februar 2012 beobachtet, sowie ein zweites im August (Abb. 5-31). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger verläuft die Phosphatauswaschung am Beginn des hydrologischen Jahres gleichmäßig. In den Sommermonaten ist ein Anstieg zu verzeichnen (Abb. 5-32).

Die höchsten Phosphatauswaschungswerte sind beim seichtgründigen Standort im Jänner zu verzeichnen (Abb. 5-33). Ein weiteres aber deutlich niedrigeres Maximum trat im Juni auf. Auffällig ist, dass in diesem

Zeitraum die Phosphatauswaschung auf den beiden tiefgründigen Standorten um einiges höher ist.

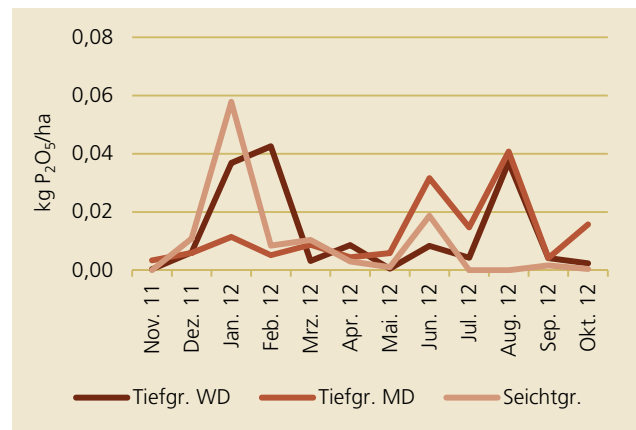


Abb. 5-30: Monatliche Phosphatauswaschung an den drei Standorten

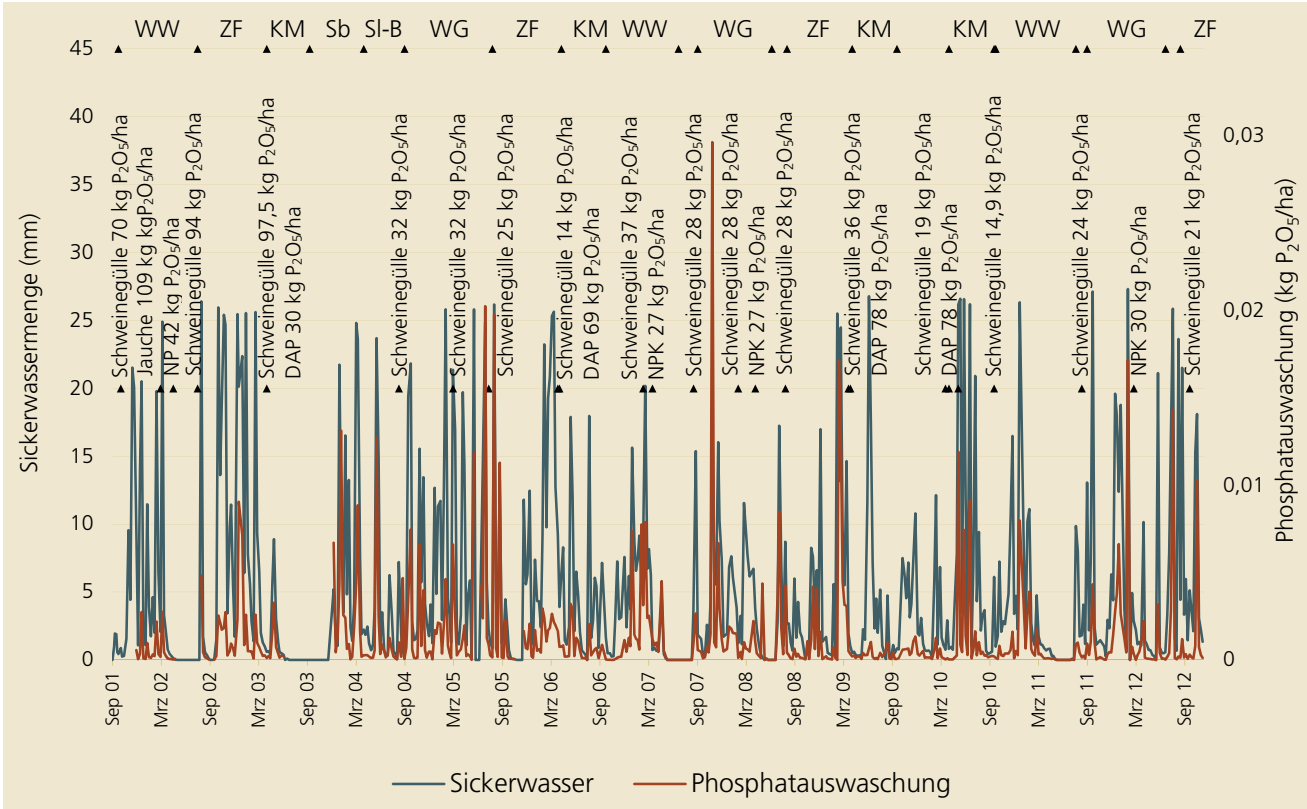


Abb. 5-31: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

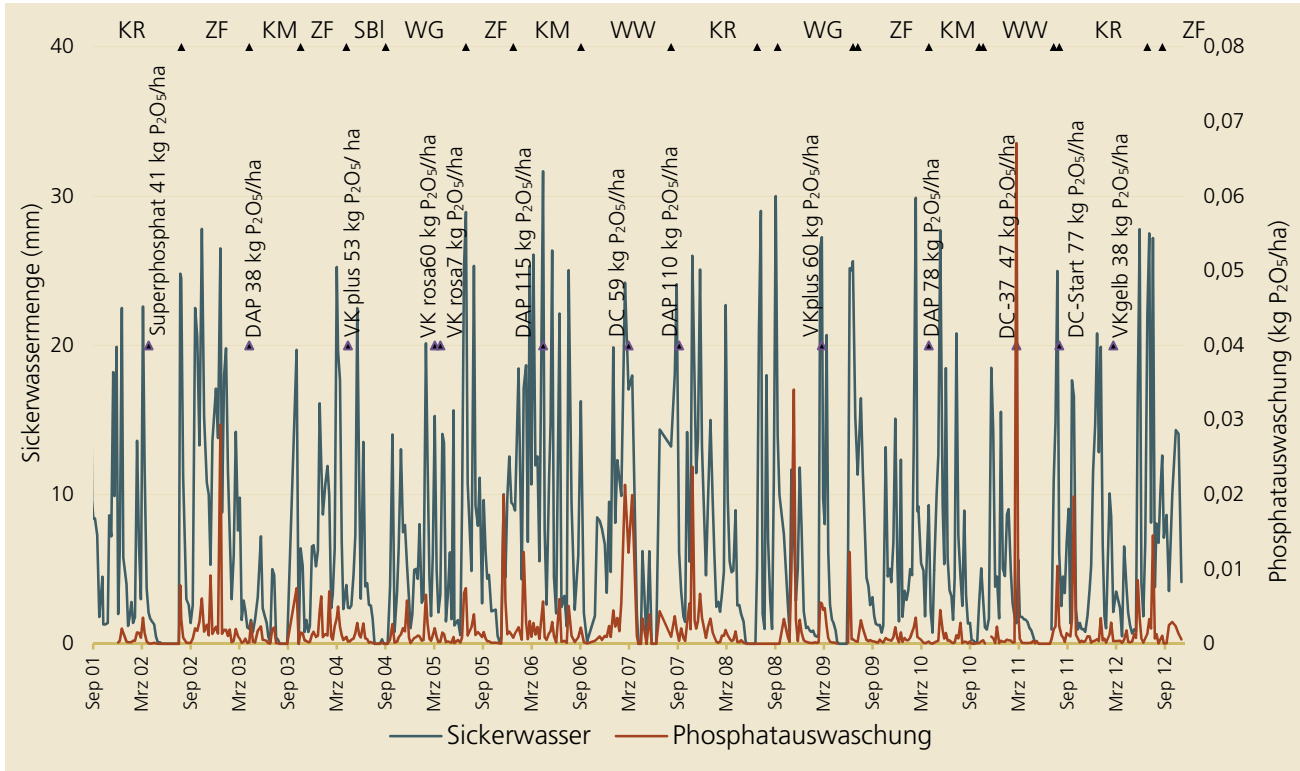


Abb. 5-32: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

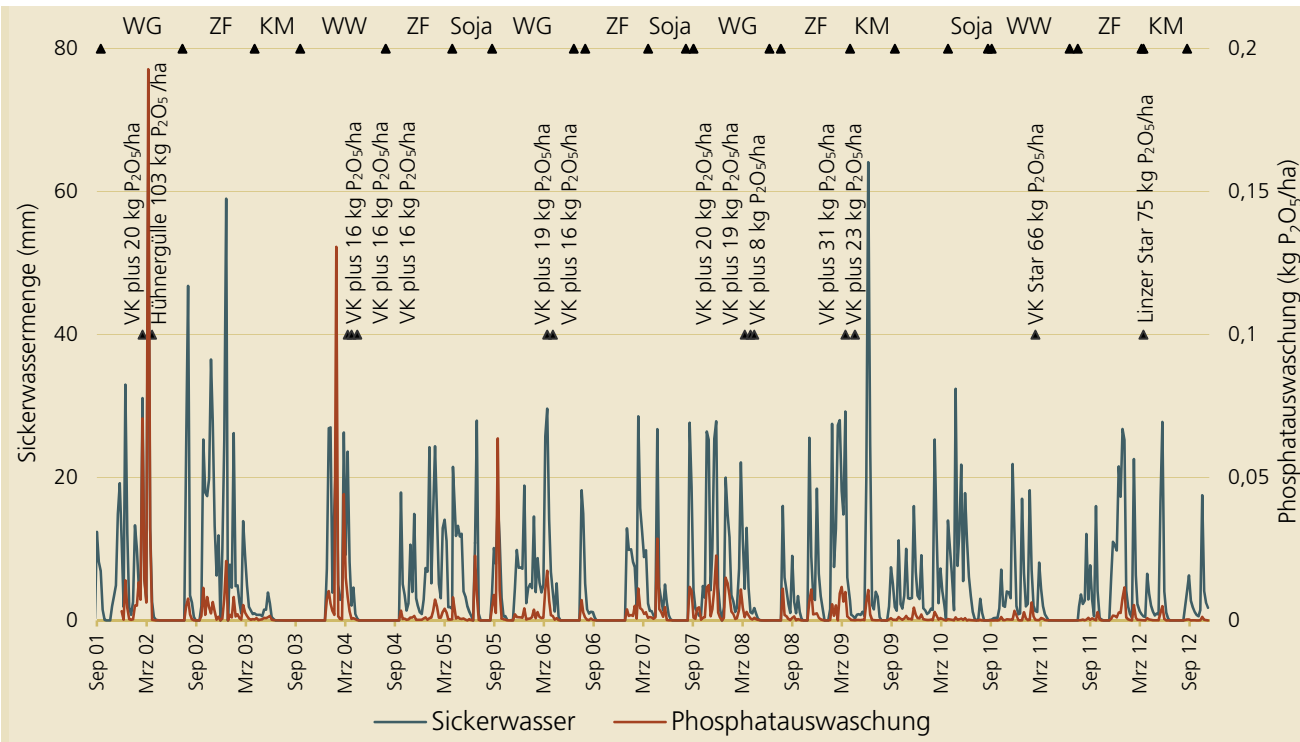


Abb. 5-33: Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort

In Summe waren die P-Verluste mit dem Sickerwasser im hydrologischen Jahr 2011/12 im Verhältnis zu den bei der Düngung eingesetzten P-Mengen verschwindend klein (Tab. 5-6). Die durchschnittliche Phosphatkonzentration im Sickerwasser lag in diesem Jahr auf allen 3 Standorten weit unter dem Grundwasserswellenwert von 0,3 mg PO₄/l.

Seit Beginn der Messreihe wurden am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger insgesamt 0,69 kg P/ha ausgewaschen und am tiefgründigen Mineraldüngerstandort 0,87 kg P/ha. Am seichtgründigen Standort wurde seither in etwa die zweifache Menge, nämlich 1,47 kg P/ha ausgewaschen (Abb. 5-34).

Tab. 5-6: Sickerwasser, P₂O₅-Verluste und mittlere PO₄-Konzentration im Sickerwasser von 01.11.11 bis 31.10.12

	SW [mm]	P ₂ O ₅ - Verlust [kg/ha]	PO ₄ -Kon. [mg/l]
Tiefgr. WD	329	0,1551	0,0631
Tiefgr. MD	370	0,1524	0,0551
Seichtgr.	254	0,1126	0,0593

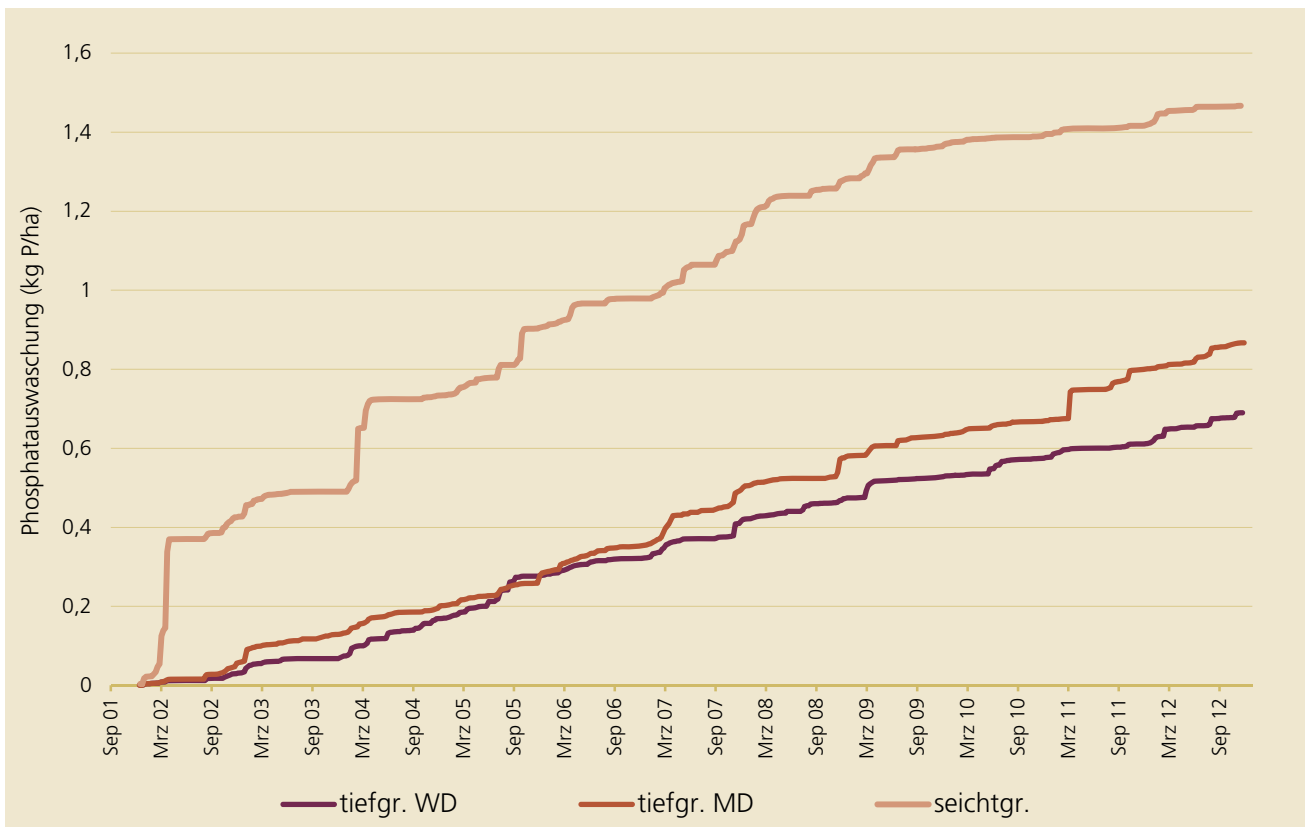


Abb. 5-34: Summe der als Phosphat ausgewaschenen P-Menge an den drei Standorten

6 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der im Jahr 2012 durchgeführten Messungen und Untersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen hinsichtlich des Nährstoffauswaschungsrisikos ziehen:

Die Nitratauswaschung zeigt einen Verlauf, der von den Bodeneigenschaften, den Niederschlägen und den Bewirtschaftungsmaßnahmen geprägt ist. Deutlich erkennbar ist das höhere **Nitratauswaschungsrisiko bei späterer Düngung im Herbst**. Während am tiefgründigen Standort eine Mineraldüngerausbringung zu Raps im August zu keinem Anstieg des Nitrataustrags führte, verursachte die Wirtschaftsdüngerausbringung zu Wintergerste im Oktober ein Auswaschungsmaximum im Winter. Dieses Ergebnis aus dem vergangenen Jahr fügt sich nahtlos in eine Auswertung des Austragsgeschehens über den Untersuchungszeitraum 2001 – 2011, die zeigt, dass der Unterschied in der Höhe der **Nitratverluste** ins Grundwasser zwischen dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger und dem tiefgründigen Standort mit Mineraldünger fast ausschließlich auf die **Herbstdüngung zu Wintergetreide** zurückzuführen ist, die lediglich am Wirtschaftsdüngerstandort vorgenommen wird. Als Gegenmaßnahme wäre es sinnvoll auf eine **Herbstdüngung zu Wintergetreide zu verzichten**.

Auf beiden tiefgründigen Standorten ähnlich war hingegen ein Anstieg der Nitratauswaschung nach der Ernte des Raps bzw. der Wintergerste, der einerseits auf starke Niederschläge im Sommer zurückzuführen war, andererseits auf die Tatsache, dass die angelegten Begrünungen zunächst noch nicht ausreichend entwickelt gewesen sein dürften um eine effektive Schutzwirkung vor einem Nitrataustrag zu entfalten.

Weiters ist für die beiden tiefgründigen Standorte festzuhalten, dass bei einem Düngungsniveau im Bereich einer mittleren (Mineraldüngerstandort, Raps) bis

hohen (Wirtschaftsdüngerstandort, Wintergerste) Ertragslage Ernten erzielt wurden, die der jeweiligen Ertragslage auch tatsächlich entsprachen und gleichzeitig eine durchschnittliche Nitratkonzentration im Sickerwasser von 10 mg/l (Mineraldüngerstandort) bzw. 15 mg/l (Wirtschaftsdüngerstandort) erreicht wurde. Trotz des beobachteten Effekts der Herbstdüngung wird unter den dortigen Standortsbedingungen **bei angepasster Stickstoffdüngung eine gute Sickerwasserqualität** (hinsichtlich der Nitratkonzentration) erzielt.

Am seichtgründigen Standort, an dem **Mais** angebaut war, fand das **Maximum der Auswaschung im Juni** statt. Als Ursache kann hier in erster Linie der Zeitabstand zwischen Düngung und Pflanzenentzug bei Mais gesehen werden. Obwohl vergleichsweise spät (Anfang Mai) gedüngt wurde, kam es durch stärkere Niederschläge im Mai und insbesondere Juni zu einer Nitratverlagerung, die auch auf den tiefgründigen Standorten in den vergangenen Jahren zwischen Mai und Juli regelmäßig zu beobachten war, wenn Mais angebaut wurde. Allerdings wurde dort zum Teil auch früher (im April) gedüngt. Generell wäre hier eine **spätere Düngung zu Mais** eine geeignete Gegenmaßnahme.

Die Phosphatauswaschung verlief im Jahr 2011/12 generell auf niedrigem Niveau. Im Jahresverlauf unterschieden sich die 3 Standorte stark voneinander. Die Jahressumme der ausgewaschenen Phosphatmenge war am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger am höchsten, gefolgt vom tiefgründigen Standort mit Mineraldünger und dem seichtgründigen Standort. Nach der Gesamtsumme der ausgewaschenen Phosphatmenge sind die drei Standorte umgekehrt zu Reihen. Generell hängt das Phosphatauswaschungsrisiko neben den Bodeneigenschaften in erster Linie davon ab, ob kurz nach der Düngung ein stärkeres Niederschlagsereignis folgte, das zu einer Verlagerung führte, bevor leicht lösliche Phosphatfraktionen mit der Bodenmatrix reagieren konnten.

7 Ausblick

Durch die Fortführung der Messungen können die bisher gewonnenen Aussagen weiter untermauert werden aber auch neue Erkenntnisse zu Fragen des Nährstoffaustags unter landwirtschaftlichen Flächen gewonnen werden. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang insbesondere der Wert langjähriger Messreihen unter Praxisbedingungen, zumal solche in Österreich nur an wenigen Untersuchungsstellen existieren.

Die oberösterreichischen Lysimeter mit wöchentlichen Messungen ab 1995 sind darüber hinaus so eine wich-

tige hydrographische Datenquelle, dass einer der drei Lysimeter, nämlich jener am tiefgründige Standort mit Mineraldünger in Pettenbach 2012 in die WKEV aufgenommen wurde und 2013 aufgerüstet wurde.

In der Wasserkreislaufferhebungsverordnung 2006 (WKEV) ist die fachliche Konkretisierung des hydrographischen Messnetzes zur mengenmäßigen Bestimmung der Wasserkreislaufkomponenten normiert. Im Arbeitsgebiet UWQ - Unterirdisches Wasser einschließlich Quellen - sind Messstellen zu betreiben mit dem Ziel, das Wasser in der gesättigten, in der ungesättigten Zone und in den Quellen österreichweit repräsentativ zu erfassen.

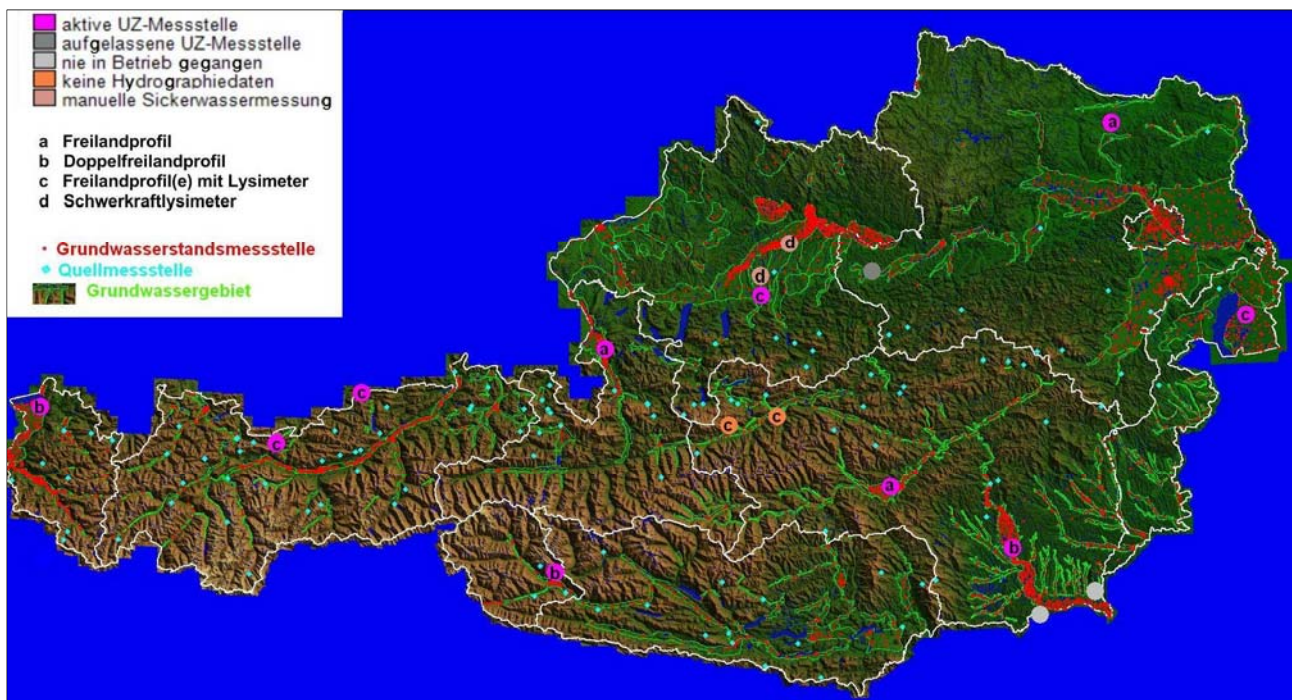


Abb. 7-1: UWQ-Messnetz der Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV)

In Freilandprofilen und in Lysimetern wird kontinuierlich die Saugspannung, der volumetrische Wassergehalt und die Temperatur des Wassers in der ungesättigten Zone in 4 bis 6 Tiefenstufen gemessen mit dem Ziel, die Grundwasserneubildung und tatsächliche Verdunstung möglichst präzise zu ermitteln. Die Ermittlung basiert auf 3 Säulen: auf dem an Labor- und

Felddaten geeichten Bodenwasserhaushaltsmodell, auf der Darcy-Methode im untersten Mess-Kompartiment und aus der zeitlichen Analyse zugehöriger Grundwasserstandsverläufe. Wie in Abb. 7-1 zu erkennen ist, sind im WKEV-Messnetz der Ungesättigten Zone nur 4 Lysimeter enthalten, deren kontinuierliche Messdaten

einen wichtigen Vergleich zur ermittelten Grundwasserneubildung darstellen.

Die auf dieser Datenbasis erstellte Jahrbuchseite enthält

- Stammdaten mit Vergleich zu den Standortangaben der österreichischen Bodenkarte
- tabellarische Monatsmittel und monatliche Tagesextrema von Profilwassermengen, Grundwasserneubildung bzw. kapillarem Anstieg und der tatsächlichen Verdunstung samt Reihenauswertung
- Graphik der Profilwassermengenzeitreihen und Grundwasserneubildungen
- Graphik des SWI-Tiefen-Zeitverlaufes: SWI = soil water index: auf die nutzbare Feldkapazität bezogener Wassergehalt

8 Literatur

Baumgarten (2006). Richtlinien für die Sachgerechte Düngung, 6. Auflage. BMLFUW Wien.

Fank, J. (2004). Erfassung von Wasserbewegung und Stofftransport in der ungesättigten Zone durch tracer- und isotopenhydrologische Untersuchungen. www.lysimeter.at Unterseite Research reports - Modelling/agricultural areas (1/2).

Klaghofer, E., Murer, E. (2001). Erfassung und Bewertung der Sickerwasserquantität und-qualität im Grundwassersanierungs-Pilotprojekt „Obere Pettenbachrinne, OÖ“ und „Weißkirchen-Pucking, OÖ“; Abschlussbericht Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen.

Kuderna, M., Wolkerstorfer, G., Murer, E. (2007). Langfristige Lysimeteruntersuchungen in Oberösterreich. Berichtszeitraum 1995 – 2006. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Kuderna, M., Wolkerstorfer, G. (2009). Forschungsprojekt Lysimeter. Technischer Endbericht 2008. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Kuderna, M., Schramm, C. (2010). Forschungsprojekt Lysimeter. Technischer Endbericht 2009. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Kuderna, M., Haridy, S. (2011). Forschungsprojekt Lysimeter. Technischer Endbericht 2010. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Kuderna, M., Haridy, S. (2012). Forschungsprojekt Lysimeter. Technischer Endbericht 2011. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.