



LAND

OBERÖSTERREICH

Forschungsprojekt Lysimeter

Technischer
Endbericht
2013

10

15

20

25

30

35

40

45

50



GTW



lebensministerium.at

Forschungsprojekt Lysimeter

Technischer Endbericht 2013

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. Gabriele Fuchs
BMLFUW, Referat VII/3c, 1030 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 2014

DVR: 0069264

Copyright: Grund- und Trinkwasserwirtschaft



INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	6
2	Vorgeschichte und Fragestellung	8
3	Methoden	9
3.1	Probenahme.....	9
3.2	Analytik.....	11
3.3	Bilanzierung	11
3.4	Berechnung der Auswaschung	11
4	Bewirtschaftung	12
5	Ergebnisse	13
5.1	Wirtschaftsdünger und Ernteproben.....	13
5.2	Stickstoffbilanzen	14
5.3	N _{min} Gehalte im Boden	15
5.4	Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger	17
5.4.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	17
5.4.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	18
5.5	Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger.....	20
5.5.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	20
5.5.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	21
5.6	Nitratauswaschung am seichtgründigen Standort.....	23
5.6.1	Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung	23
5.6.2	Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser.....	24
5.7	Vergleich der Nitratauswaschung bzw. Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen den Standorten ...	26
5.8	Phosphorbilanzen.....	29
5.9	Phosphatauswaschung	30
6	Errichtung und Hydrographische Auswertung der UZ-Messstelle Pettenbach	33
7	Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	38
8	Literatur	41

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1: Lage der Lysimeter..... 8

Abb. 5-1: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger 15

Abb. 5-2: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 15

Abb. 5-3: N_{min} Gehalte am seichtgründigen Standort 15

Abb. 5-4: Vergleich der N_{min} - Gehalte der Standorte seit Oktober 2001 16

Abb. 5-5: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 17

Abb. 5-6: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 17

Abb. 5-7: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger) 18

Abb. 5-8: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 18

Abb. 5-9: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 19

Abb. 5-10: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefgr. Wirtschaftsdünger)..... 19

Abb. 5-11: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Mineraldünger) *Jän-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen..... 20

Abb. 5-12: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Mineraldünger)..... 20

Abb. 5-13: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) *Jän-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen 21

Abb. 5-14: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) *Jän-Feb. 2013 Schmelzwasser oberfl. abgefl. 21

Abb. 5-15: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (tiefgr. Mineraldünger) 22

Abb. 5-16: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefgr. Mineraldünger) 22

Abb. 5-17: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (seichtgr.)..... 23

Abb. 5-18: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (seichtgründig)..... 23

Abb. 5-19: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig) 24

Abb. 5-20: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig) 24

Abb. 5-21: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (seichtgründig) 25

Abb. 5-22: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (seichtgründig) 25

Abb. 5-23: Monatliche Niederschlagssummen an den drei Standorten 26

Abb. 5-24: Monatliche Sickerwassermengen an den drei Standorten *Jän-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen 27

Abb. 5-25: Durchschnittliche monatliche Nitratkonzentrationen an den drei Standorten 27

Abb. 5-26: Monatliche Nitratauswaschung an den drei Standorten..... 28

Abb. 5-27: Summe der als Nitrat ausgewaschenen Stickstoffmenge an den drei Standorten 28

Abb. 5-28: Monatliche Phosphatauswaschung an den drei Standorten 30

Abb. 5-29: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger..... 30

Abb. 5-30: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 31

Abb. 5-31: Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort 31

Abb. 5-32: Summe der als Phosphat ausgewaschenen P-Menge an den drei Standorten 32

Abb. 6-1: Freilandprofil zu Beginn der Errichtung 33

Abb. 6-2: Bestückung des Lysimeters mit Saugspannungs- und Wassergehaltssensoren..... 33

Abb. 6-3: Tiefengestufte Wassergehalte, Bodentemperaturen und Saugspannungen im Freilandprofil..... 34

Abb. 6-4: Tiefengestufte Wassergehalte, Bodentemperaturen und Saugspannungen im Lysimeter..... 35

Abb. 6-5: Soil-water-Index Tiefenzeit Diagramm 36

Abb. 6-6: Profilwassermengen vom durchwurzelten Profil mit Niederschlagstagesummen und oberster Bodentemperatur als Plausibilitätskontrolle 36

Abb. 6-8: $k \cdot i$ – Grundwasserneubildungsberechnung im Vergleich zur Lysimeter Grundwasserneubildung mit Gradienten i und k -Funktionszeitreihe (Saugspannung in 150cm u GOK) 37

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3-1: Tätigkeiten BAW (IKT) 9

Tab. 3-2: Analysenprogramm 11

Tab. 4-1: Bewirtschaftungsmaßnahmen 2012/2013 12

Tab. 5-1: Erntemengen und Analysenergebnisse der Ernteproben 13

Tab. 5-2: Stickstoffbilanzen für das Erntejahr 2013 14

Tab. 5-3: Stickstoffauswaschung vom 01.11.12 bis 31.10.13 im Vergleich zur Düngung 26

Tab. 5-4: Sickerwassermengen und durchschnittliche Nitratkonzentration vom 01.11.12 bis 31.10.13 27

Tab. 5-5: Phosphorbilanzen für das Erntejahr 2013 29

Tab. 5-6: Sickerwasser, P_2O_5 -Verluste und mittlere PO_4 -Konzentration im Sickerwasser von 01.11.12 bis 31.10.13 32

1 Zusammenfassung

An drei Standorten in Oberösterreich (Pettenbach, Eberstalzell und Pucking) werden seit 1994 Freilandlysimeter betrieben. Sie sind in Ackerböden eingebaut, die unter Praxisbedingungen von Landwirten bewirtschaftet werden. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des hydrologischen Jahres 2012/13 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. 2013 war am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger Körnermais angebaut, am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger Sojabohne und am seichtgründigen Standort Winterweizen. Das Stickstoffdüngenniveau entsprach auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger einer hohen Ertragslage und auf dem seichtgründigen Standort einer mittleren Ertragslage. Am mineralisch gedüngten, tiefgründigen Standort wurde kein Dünger aufgebracht. Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger und am seichtgründigen Standort wurden 2013 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 2013 sind folgend zusammengefasst:

Der Witterungsverlauf mit etwas höheren Niederschlägen im Frühjahr und einer Trockenperiode im Juli wirkte sich für den Winterweizenertrag am seichtgründigen Standort sehr gut aus, der auf dem Niveau einer hohen Ertragslage (h_2) lag, obwohl die Düngung nur

entsprechend einer mittleren Ertragslage erfolgte. Das Auswaschungsgeschehen auf diesem Standort wurde fast ausschließlich von Mineralisierungsvorgängen im Herbst bestimmt, obwohl der im Vorjahr angebaute Körnermais eine weitgehend ausgeglichene (schwach negative) N-Bilanz erzielt hatte. Eine Herbstdüngung erfolgte nicht. Später Beginn der N-Düngung (Anfang April), Aufteilung auf 3 Gaben und moderates Düngenniveau bewirkten, dass im Frühjahr und Sommer kaum mehr eine Nitratauswaschung stattfand.

Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger erfolgte im Jahr 2013 keine Stickstoffdüngung zur Sojabohne, davor war Buchweizen als Zwischenfrucht angebaut. Auf Grund der unterbliebenen N-Düngung verlief die Nitratauswaschung auf sehr niedrigem Niveau, obwohl nur ein mittlerer Ertrag erzielt wurde.

Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger wurde im Herbst Gülle zur Begrünung aufgebracht. Vergleichsweise hohe N_{\min} -Gehalte im Dezember und Februar weisen darauf hin, dass der Stickstoff nur mehr in geringem Umfang von der Begrünung aufgenommen wurde. Die Nitratauswaschung unter dem in Folge angebauten Körnermais war höher als im Durchschnitt der vergangenen Jahre, obwohl im Jahr 2013 trotz Trockenheit im Juli ein hoher Ertrag (h_1) erzielt werden konnte. Die Nitratauswaschung fand, wie unter Körnermais regelmäßig an den Lysimetern beobachtet, fast zur Gänze in den Monaten Mai und Juni statt. Als Ursache können folgende Punkte genannt werden: generell war das Düngenniveau zu Mais im Jahr 2013 zu hoch und entsprach nicht dem tatsächlich erzielten Ertrag. Bei Mais kommt es außerdem auch auf den wenig auswaschungsgefährdeten Standorten regelmäßig zu einer Nitratverlagerung im genannten Zeitraum, da zwischen der Düngung und dem Entzug eine relativ lange Zeitspanne liegt. Einen zusätzlichen Beitrag liefert neben der relativ späten Herbstdüngung vermutlich auch die im Frühjahr umgebrochene Zwischenbegrünung, die zwar den im Herbst ausgebrachten Wirtschaftsdünger teilweise

verwerten konnte, den aufgenommenen Stickstoff dann aber zu einem sehr frühen Zeitpunkt wieder freisetzte.

Vergleichbar mit der N-Auswaschung wurden die größten Phosphormengen am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger und am seichtgründigen Standort ausgewaschen und erzeugten dadurch einen deutlichen Anstieg in der über mehrere Beobachtungsjahre summierten P-Menge.

Das **Lysimeter in Pettenbach** (Tiefgründig mit Mineraldünger) wurde im Jahr 2012 in das WKEV-Messnetz aufgenommen und in weiterer Folge im Jänner 2013 zu einer **UZ-Messstelle** ausgebaut. Die seit April 2013 gesammelten Daten liefern nun genauere Aussagen über den vertikalen Verlauf der Wassergehalte, Bodentemperaturen und Saugspannungen.

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.

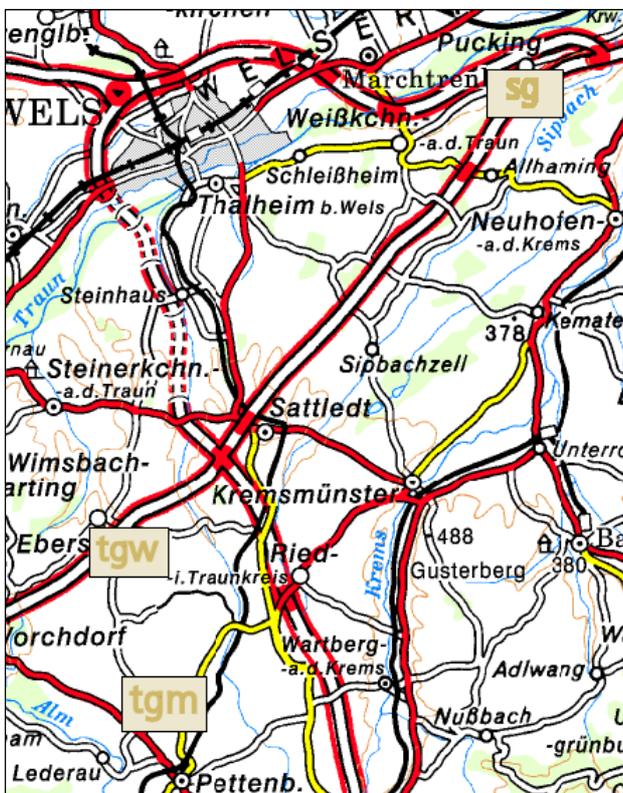


Abb. 2-1: Lage der Lysimeter

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 2013 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
21.01.2013	Vor Ort Besprechung über die geplante Lysimetererweiterung (L3) mit Land OÖ (Ing. Kaiser), Lebensministerium (Frau Dipl.-Ing. Fuchs) und IKT Petzenkirchen (Dipl.-Ing. Murer u. Ing. Aigner) in Pettenbach.
22.01.2013	Mithilfe beim Umbau der Lysimeteranlage L3 (Messfühlereinbau, Kabelverlegung, Kabeldurchführungen bohren, Wetterstation anschließen...). Von der Firma UMS war Herr Engelhardt vor Ort. Entnahme von Zylinder- und Bodenproben.
19.02.2013	Wetterstationswartung und Kontrolle aller 3 Lysimeteranlagen.
17.04.2013	Beim Lysimeter 1 u. 3 wurde der Aufsetzring gezogen. 2 Versenkschächte für Messfühler wurden bei L3 gesetzt. Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.
22.04.2013	Messschacht L3 gereinigt und mit neuem Fußboden (Schalungstafeln) versehen. Kippzähler bei L3 wurde tiefer gesetzt und Va-

	kuumbehälter ausgetauscht. Mit Herrn Rescher (Fa. UMS) wurde bei der Wetterstation ein Windrichtungsfühler installiert. Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.
10.05.2013	Bei Lysimeter 1 wurde der Aufsetzring eingebaut und Maispflanzen außerhalb eingesetzt. Bei Lysimeter 3 wurde der Aufsetzring eingebaut und Sojabohnenpflanzen außerhalb eingesetzt. Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.
29.05.2013	Messschacht L1 gereinigt und mit neuen Fußboden (Schalungstafeln) versehen. Neues Manometer bei der Unterdruckanlage montiert. Messschacht L4 wurde gereinigt. Alle 3 Lysimeteranlagen erhielten neue Plastikkanister, Messbecher und ein Nummernzahlenschloss zum Messschacht versperren. Bei jeder Messstelle inkl. Wetterstation wurde gemäht. Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.
17.07.2013	Bei Lysimeter 3 wurden die Saugkerzen des Freiauslaufes an den Kippzähler angeschlossen. Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.
12.08.2013	Bei Lysimeter 1 und 3 inkl. Wetterstation wurde gemäht. Bei Lysimeter 3 wurde der Kippzähler mit einem Probenteiler versehen. Wetterstationswartung und Kontrolle der Lysimeteranlagen 1 und 3.
22.08.2013	Bei Lysimeter 4 wurde der Aufsetzring eingebaut. Bei Lysimeter 4, inkl. Kontrollmessstellen wurde gemäht. Kontrolle der Lysimeteranlage.

05.09.2013	<p>Bei Lysimeter 4 Zwischenfruchtpflanzen (ca. 5 cm) nachgesetzt.</p> <p>Bei Lysimeter 3 Freilaufkanister (jetzt 20 l) tiefer gesetzt.</p> <p>Wetterstationswartung und Kontrolle aller Lysimeteranlagen.</p>
13.09.2013	<p>Die oberen Messfühler, am bzw. neben dem Lysimeter 3 wurden ausgebaut und im jeweiligen Versenkschacht abgelegt.</p> <p>Der Aufsatzring wurde gezogen.</p> <p>Wetterstationswartung und Kontrolle der Lysimeteranlage 1 und 3.</p>
07.10.2013	<p>Bei Lysimeter 1 wurde der Aufsatzring gezogen.</p> <p>Bei Lysimeter 3 wurde der Aufsatzring eingebaut (Feld nur gepflügt), aber keine Frucht eingesät (Schwarzbrache).</p> <p>Wetterstationswartung und Kontrolle der Lysimeteranlage 1 und 3.</p>
15.10.2013	<p>Bei Lysimeter 1 wurde der Aufsatzring eingebaut (Feld nur gepflügt), aber keine Frucht eingesät (Schwarzbrache).</p> <p>Wetterstationswartung und Kontrolle der Lysimeteranlage 1 und 3.</p>

Im 2- Monatsrhythmus wurden von wpa 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.

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 2013. 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.

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 2013 waren am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger Körnermais und am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger Sojabohne. Am seichtgründigen Standort wurde Winterweizen angebaut. Die einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen sind in Tab. 4-1 angeführt. Die Summe der N-Düngung betrug am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger demnach 187 kg N/ha (jahreswirksam) und am seicht-

gründigen Standort (nur Mineraldünger) 126 kg N/ha. Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger wurde zur Sojabohne kein Dünger ausgebracht.

Die Phosphordüngermengen betragen am tiefgründigen Standort mit WD 155 kg P₂O₅/ha und am seichtgründigen Standort 64 kg P₂O₅/ha.

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

Tab. 4-1: Bewirtschaftungsmaßnahmen 2012/2013

Datum	Tiefgründiger Standort Wirtschaftsdünger	Tiefgründiger Standort Mineraldünger	Seichtgründiger Standort
11.08.2012	Anbau Begr. (Wassergüte fein)		
18.09.2012		Anbau Begrünung (Buchweizen)	
04.10.2012			Anbau Winterweizen
13.10.2012	Schweinegülle 15m ³ /ha (36 kg N/ha jahreswirksam)		
05.04.2013			Düngung 425 kg/ha Linzer Star (64 kg N/ha)
24.04.2013	Schweinegülle 28 m ³ /ha (75 kg N/ha jahreswirksam)	Anbau Sojabohne	
25.04.2013	Düngung 200 kg/ha VK gelb (30 kg N/ha) Anbau Körnermais		
30.04.2013			Düngung 100 kg/ha NAC (27 kg N/ha)
25.05.2013	Düngung 170 kg/ha NAC (46 kg N/ha)		
28.05.2013			Düngung 130 kg/ha NAC (35 kg N/ha)
22.07.2013			Ernte Winterweizen (8.300 kg/ha)
24.09.2013		Ernte Sojabohne (1.900 kg/ha)	
03.10.2013	Ernte Körnermais (11.100 kg /ha)		

5 Ergebnisse

5.1 Wirtschaftsdünger und Ernteproben

Die im Oktober ausgebrachte Schweinegülle hatte einen Ammoniumstickstoffgehalt von 2,67 kg/m³ und einen Gesamtstickstoffgehalt von 3,4 kg/m³. Umgerechnet auf jahreswirksamen Stickstoff ergibt das 2,4 kg/m³. Der P₂O₅ Gehalt betrug 1,4 kg/m³.

Die im April ausgebrachte Schweinegülle hatte einen etwas geringeren Ammoniumstickstoffgehalt von 2,29 kg/m³, der Gesamtstickstoffgehalt allerdings betrug 3,86 kg/m³. Umgerechnet auf jahreswirksamen Stickstoff ergibt das 2,7 kg/m³. Der P₂O₅ Gehalt betrug 3,7 kg/m³.

Die Erntemengen und Analysenergebnisse der Ernteproben an beiden tiefgründigen Standorten sind in

Tab. 5-1 dargestellt. Umgerechnet auf Standardfeuchte wurden am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger 11,1 t/ha Körnermais geerntet, das entspricht einer hohen Ertragslage (h1). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger belief sich die Ernte auf 1,9 t/ha Sojabohne, was einer mittleren Ertragslage entspricht. Am seichtgründigen Standort wurden 8,3 t Winterweizen geerntet, das entspricht einer (hohen Ertragslage – h2).

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der eigentlichen Lysimeterflächen mit den Mittelwerten von Lysimeterfläche plus 2 Vergleichsflächen ist ersichtlich, dass dieses Jahr die Abweichungen der Erntemengen hinsichtlich Korn auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Großen und Ganzen in einem tolerierbaren Bereich lagen. Eine um 23% niedrigere Menge an Stroh wurde jedoch auf der Lysimeterfläche gemessen.

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	1019	63%	11,7	7,1
Tiefgr. WD- MW Korn	953	64%	12,0	7,1
Tiefgr. WD- Lys Stroh	620	23%	5,0	1,6
Tiefgr. WD- MW Stroh	763	30%	4,1	1,4
Tiefgr. MD - Lys Korn	157	66%	52,4	19,5
Tiefgr. MD - MW Korn	167	71%	55,9	19,2
Tiefgr. MD - Lys Stroh	213	56%	6,7	4,4
Tiefgr. MD - MW Stroh	220	67%	10,5	5,0
Seichtgr. - Lys Korn	743	89%	23,1	9,2
Seichtgr. - MW Korn	669	89%	21,0	9,3
Seichtgr. - Lys Stroh	909	90%	3,5	1,8
Seichtgr. - MW Stroh	803	89%	3,3	1,5

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

Auf dem tiefgründigen Standort mit Mineraldünger liegen die Erntemengen sowohl bei Stroh als auch beim Korn in vergleichbarer Höhe. Allerdings differieren im Stroh der N_{gesamt} -Gehalt (um knapp 40%) und der P_2O_5 -Gehalt (um 14%) erheblich.

Am seichtgründigen Standort ist ein erheblicher Unterschied zwischen den Erntemengen auf der Lysimeterfläche und dem Felddurchschnitt zu erkennen. Auf der Lysimeterfläche sind sowohl der Korn- als auch der Strohertrag um 10% höher.

5.2 Stickstoffbilanzen

Eine Gegenüberstellung der Stickstoffentzüge mit dem N-Düngeaufwand ergibt für den tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger (Körnermais) ein positives Bilanzsaldo. Am tiefgründigen Standort mit Mineral-

dünger wurde Sojabohne angebaut und daher kein Dünger aufgebracht, wodurch sich rechnerisch ein negativer Saldo ergibt. Allerdings ist in diesem Fall zu berücksichtigen, dass sich die Sojabohne durch Symbiose mit Rhizobien mit Luftstickstoff versorgt, sodass de facto eher ein ausgeglichener Saldo zu erwarten ist. Am seichtgründigen Standort wurde ebenfalls aufgrund des hohen Ertrages beim Winterweizen ein negatives Bilanzsaldo erreicht (Tab. 5-2).

Die Bilanzsaldos für die Ernteabfuhr sind zwischen den Lysimeterflächen und Vergleichsflächen bzw. den daraus gebildeten Mittelwerten auf den beiden tiefgründigen Standorten mit Wirtschaftsdünger vergleichbar. Am seichtgründigen Standort hingegen treten Abweichungen auf. Der Grund liegt darin, dass der Korn- und Strohertrag auf der Lysimeterfläche höher war als im Vergleich zum Felddurchschnitt.

Tab. 5-2: Stickstoffbilanzen für das Erntejahr 2013

	Tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger		Tiefgründiger Standort mit Mineraldünger		Seichtgründiger Standort	
	----- kg N/ha -----					
Stickstoffzufuhr aus Düngung	187		0		126	
Entzug durch die Pflanzen	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert
Entzug durch das Korn	119	114	82	94	172	141
Entzug durch das Stroh	31	30	14	23	32	27
Summe Entzug	150	144	96	117	204	168
Abfuhr durch Ernte	119	114	82	94	172	141
Bilanz Korn	68	73	-82	-94	-46	-15
Bilanz Korn + Stroh	37	43	-96	-117	-78	-42
Bilanz Ernteabfuhr	68	73	-82	-94	-46	-15

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 (Körnermais) ist im Winter nach der Schweinegülle-Gabe im Oktober ein relativ hoher N_{min}-Gehalt von 82 kg N/ha festzustellen (Abb. 5-1), welche offensichtlich von der im August angebauten Begrünung nur unzureichend aufgenommen wurde. Ursache dafür dürfte der relativ spät gewählte Zeitpunkt für die Herbstdüngung sein (13.10.2012), welcher sich zwar noch im gesetzlichen Rahmen bewegt (gem. Aktionsprogramm Nitrat 2012: Verbotzeitraum ab 15. November wenn Folgefrucht oder Zwischenfrucht angebaut wurde), aus wasserwirtschaftlicher Sicht allerdings ungünstig ist. Am Anfang des Jahres 2013 verringert sich der N_{min}-Gehalt zunächst, um dann nach den beiden Düngungen kurz vor und zum Anbau (Ende April) bis in den Juni stark anzusteigen. Ab diesem Zeitpunkt ist ein Rückgang des N_{min}-Gehaltes bemerkbar, da die Maispflanzen nun beginnen Nährstoffe aus dem Boden zu entnehmen.

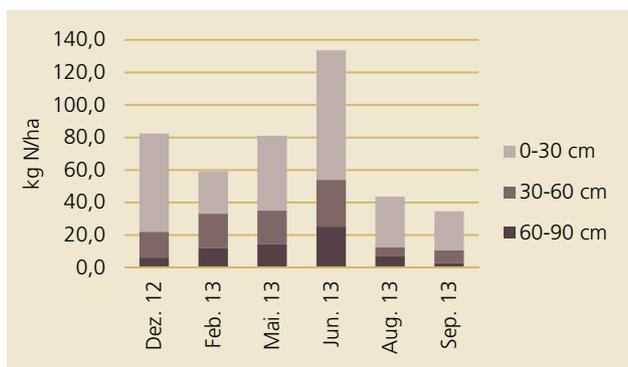


Abb. 5-1: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger wurde Sojabohne angebaut und da diese als Leguminose

durch Symbiose den Stickstoff aus der Luft nutzen kann erfolgte keine Düngung. Dementsprechend sind die N_{min} Gehalte insgesamt eher gering und über das Jahr betrachtet sehr stabil (Abb. 5-2).

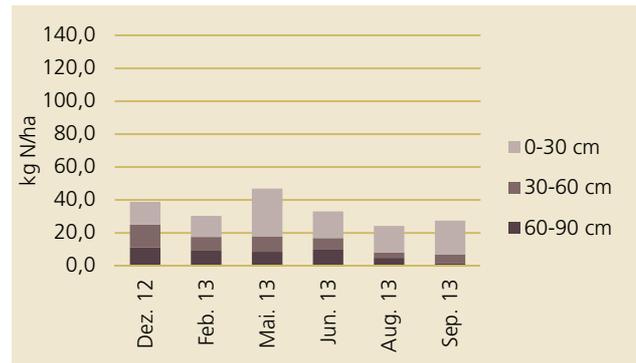


Abb. 5-2: N_{min} Gehalte am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

Am seichtgründigen Standort wurde im Gegensatz zu den beiden anderen Lysimetern eine Winterung angebaut, nämlich Winterweizen. Über den Winter waren nur geringe N_{min}-Gehalte von um die 20 kg N/ha festzustellen, da keine Düngung im Herbst erfolgte (Abb. 5-3). Bis in den Mai bleibt der N_{min}-Gehalt gering. Die beiden bereits erfolgten Düngegaben wurden von den Pflanzen verwertet. Nach der dritten Düngung Ende Mai allerdings stieg der N_{min}-Gehalt deutlich an. Bei nachfolgenden Probenahmen ging er wieder zurück.

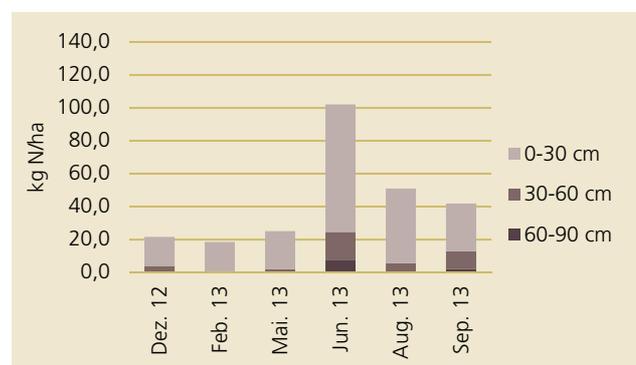


Abb. 5-3: N_{min} Gehalte am seichtgründigen Standort

Im Vergleich aller 3 Standorte zeigt sich, dass im Jahr 2013 die höchsten N_{min} Werte am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger und am

seichtgründigen Standort gemessen wurden (Abb. 5-4). Diese Höchstwerte sind jeweils im Juni zu finden.

Im mehrjährigen Vergleich waren die N_{min} -Gehalte 2013 durchschnittlich.

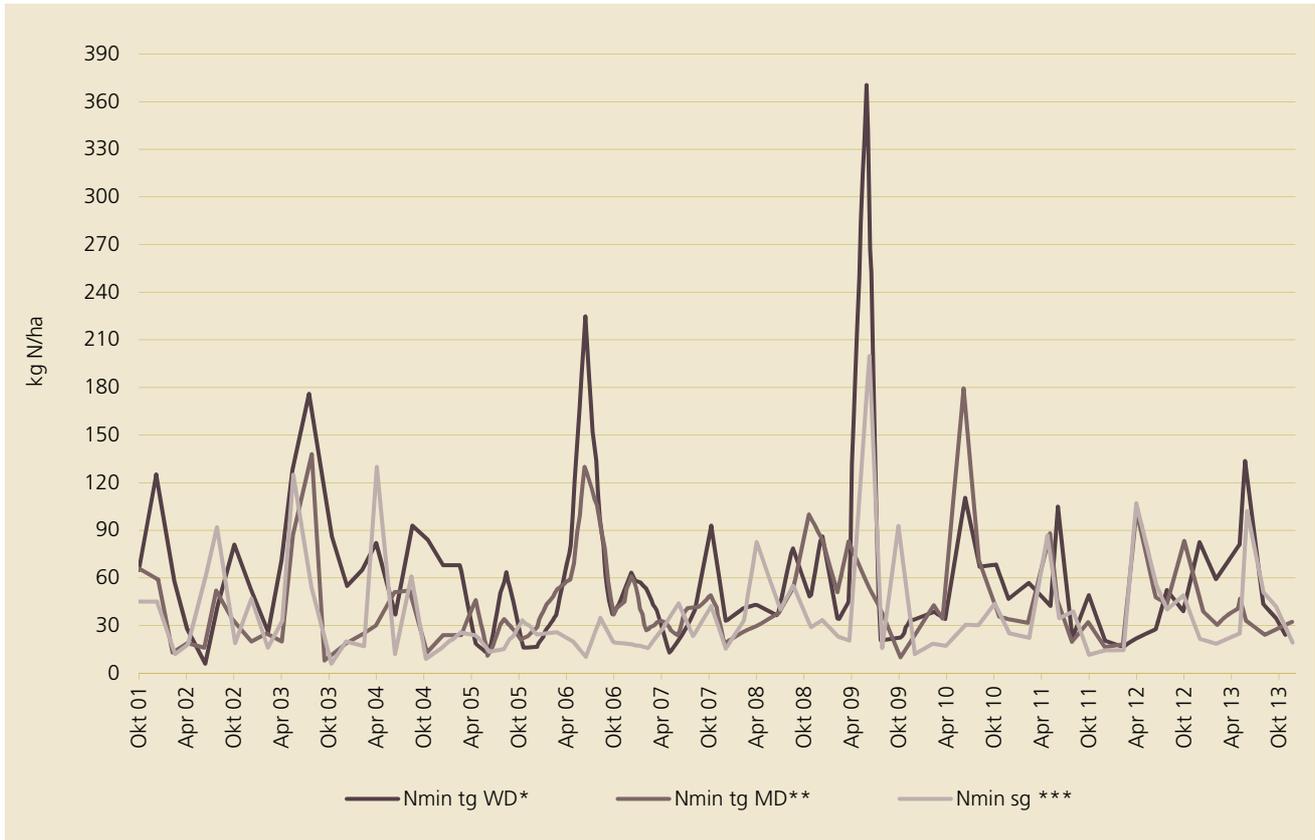


Abb. 5-4: Vergleich der N_{min} - Gehalte der Standorte seit Oktober 2001

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

5.4 Nitrat auswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

5.4.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Im hydrologischen Jahr 2012/13 fielen 1191 mm Niederschlag. Die Sickerwassermenge in diesem Zeitraum betrug 421 mm, was 35% der Niederschlagsmenge entspricht. Auffallend sind die hohen Niederschlagssummen in den Monaten Mai, Juni und August (Abb. 5-5). Im Sommer war in ganz Österreich eine Trockenperiode zu verzeichnen, im Untersuchungsgebiet fielen daher im Juli nur geringe Niederschlagsmengen.

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 2013 Starkregenereignisse in den Monaten Mai und Juni zu einem zweiten Maximum.

Obwohl im August erhebliche Niederschlagsmengen verzeichnet wurden, gab es in dieser Zeit nur eine geringe Sickerwasserbildung, da die Maispflanzen bis zu diesem Zeitpunkt viel Bodenwasser verbrauchten, welches durch den Niederschlag wieder aufgefüllt wurde.

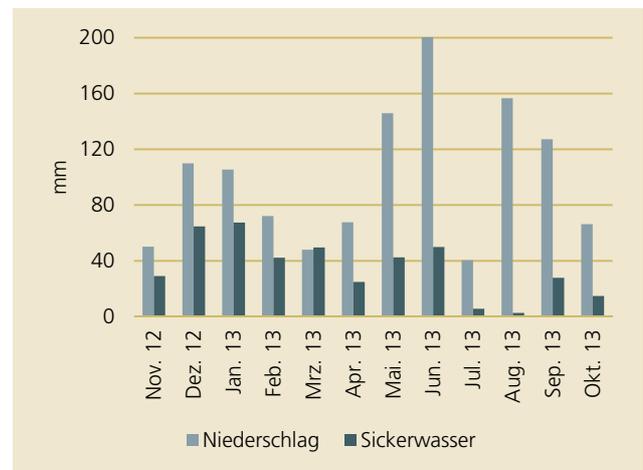


Abb. 5-5: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Wirtschaftsdünger)

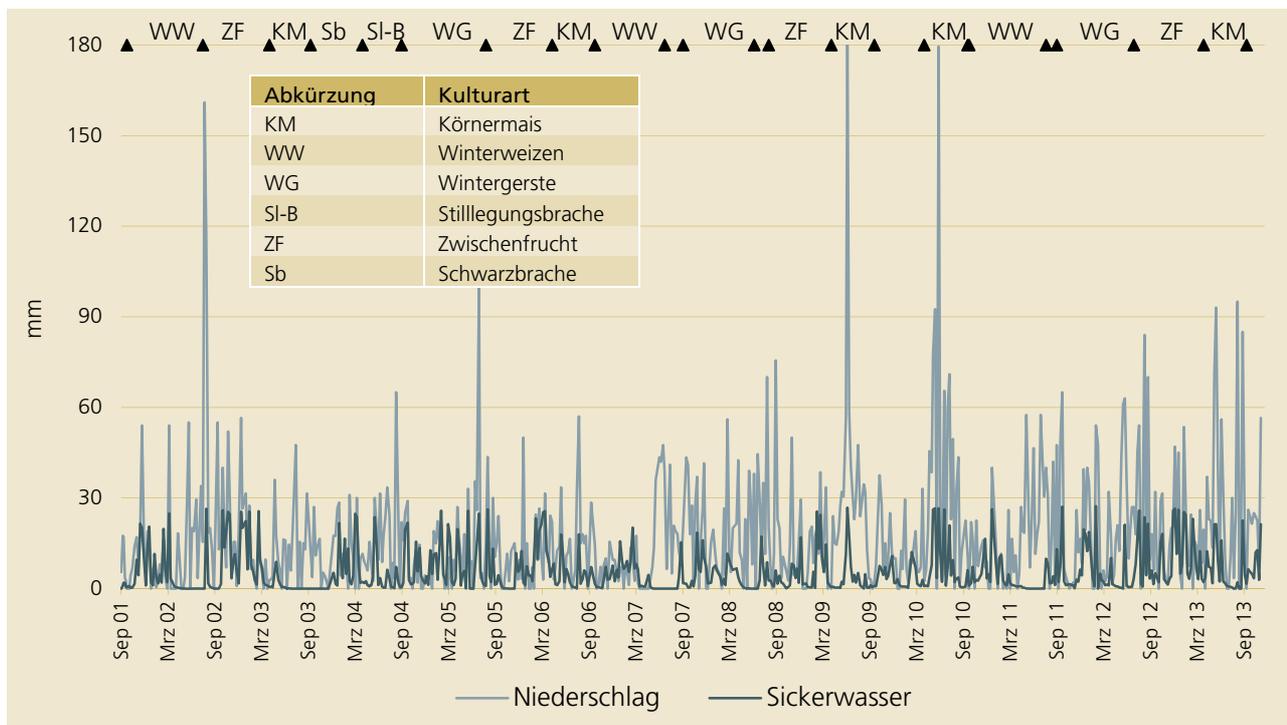


Abb. 5-6: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Wirtschaftsdünger)

5.4.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Die monatliche Sickerwassermenge zeigt im Jahresverlauf ein Maximum von Dezember bis Jänner und ein weiteres im Juni 2013 (Abb. 5-7).

Die Nitratauswaschung verläuft von November bis April auf einem gleichmäßigen Niveau von monatlich um die 3 kg N/ha. Im Mai und Juni ist ein starker Anstieg zu beobachten (18 kg N/ha), der auf den Umbruch der im Herbst gedüngten Zwischenfrucht und die Schweinegülle- und Mineraldüngergabe zum Anbau des Körnermais zurückzuführen sein dürfte. Ab Juli sinkt die Nitratauswaschung auf unter 1 kg N/ha, da die Entzüge der Maispflanze wirksam werden und die Sickerwasserbildung stark zurückgeht.

In Summe betrug die ausgewaschene Stickstoffmenge im hydrologischen Jahr 2012/13 52,1 kg N/ha.

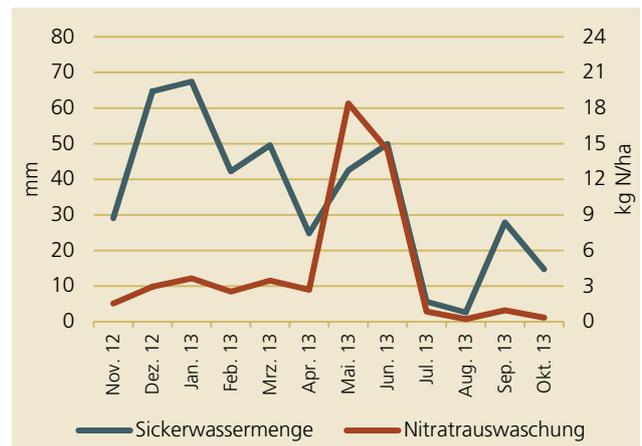


Abb. 5-7: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Wirtschaftsdünger)

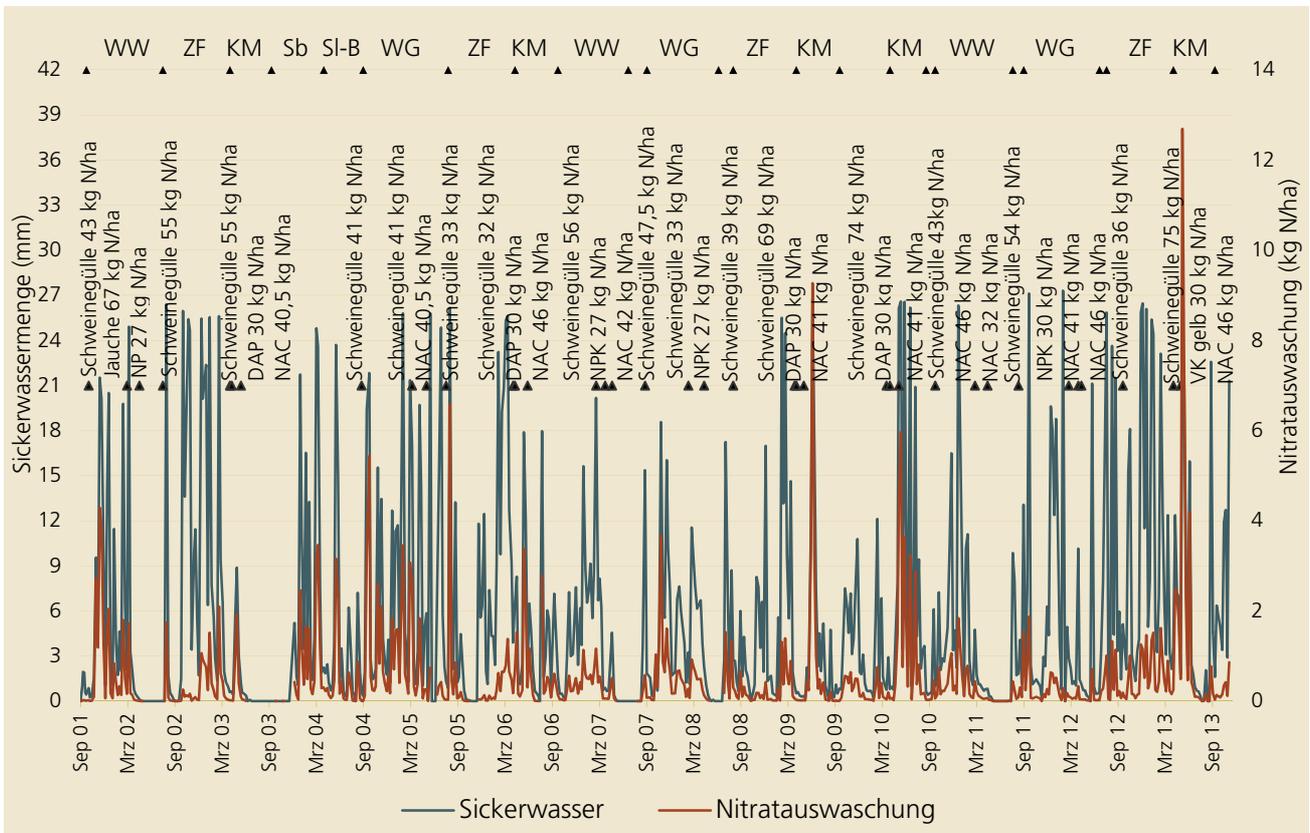


Abb. 5-8: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Wirtschaftsdünger)

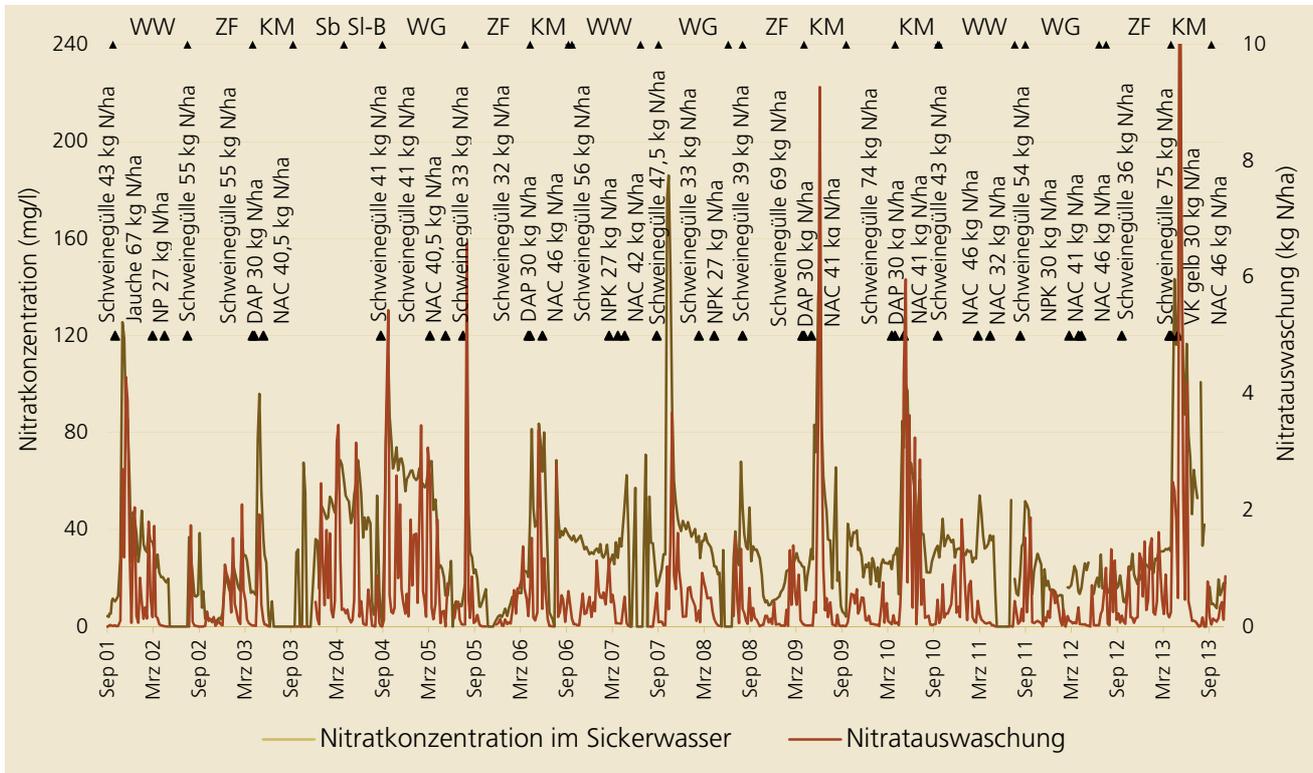


Abb. 5-9: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (tiefr. Wirtschaftsdünger)

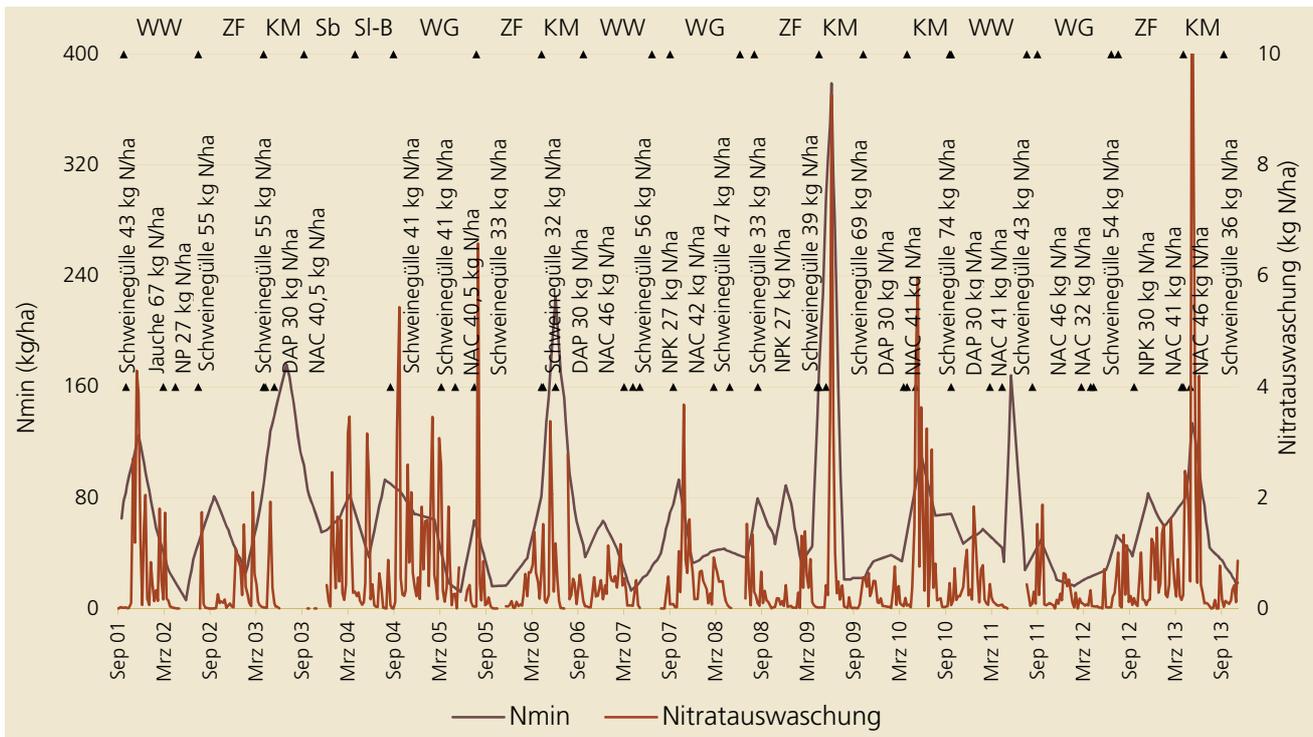


Abb. 5-10: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefr. Wirtschaftsdünger)

5.5 Nitratauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

5.5.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Im hydrologischen Jahr 2012/2013 betrug die Niederschlagssumme 1111 mm, die gemessene Sickerwassermenge im selben Zeitraum 275 mm, das entspricht etwa 25% der Niederschlagsmenge (Abb. 5-11), wobei im Zeitraum Jän.-Feb. 2013 aufgrund des gefrorenen Unterbodens vermutlich Schmelzwasser abgeflossen ist, welches nicht gemessen werden konnte.

Die mit Abstand stärksten Niederschläge traten im Mai, August und Juni auf, welche in Summe mehr als 60% der gesamten Niederschlagsmenge betreffen. Vergleichbar mit den Beobachtungen am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger tritt in den Monaten Juli und August wegen der geringen Nieder-

schlagsmengen im Juli und aufgrund der Wasseraufnahme durch die Sojapflanzen kaum Sickerwasser auf. Die höchsten Sickerwassermengen sind über den Winter zu beobachten.

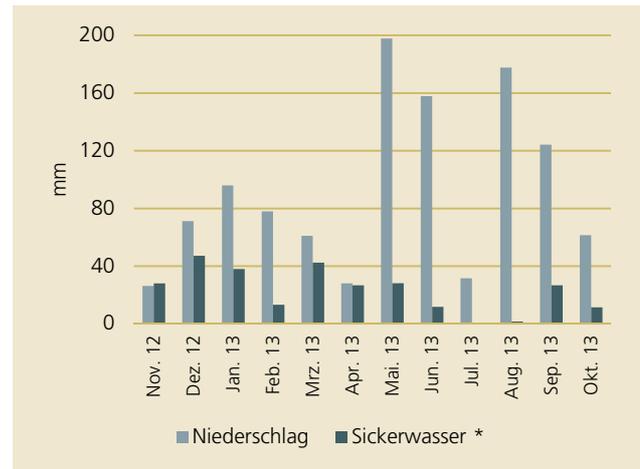


Abb. 5-11: Monatliche Niederschlags- und Sickerwassersummen (tiefgr. Mineraldünger) *Jän.-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen

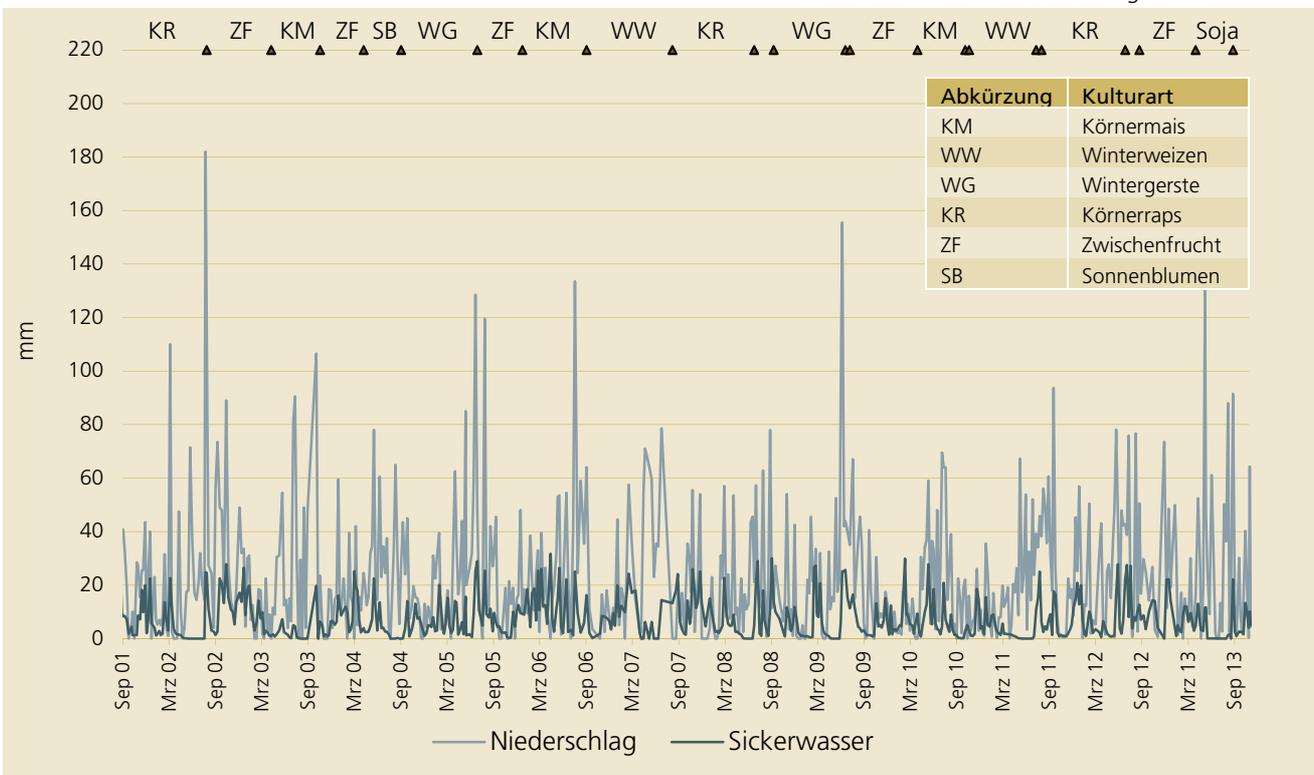


Abb. 5-12: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (tiefgr. Mineraldünger)

5.5.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Die monatliche Sickerwassermenge und die Nitratauswaschung verlaufen im hydrologischen Jahr 2012/13 weitgehend parallel. Bei beiden treten Spitzen im Dezember und im März auf. Eine weitere ist bei der Nitratauswaschung im Juni zu beobachten (Abb. 5-13). Generell verläuft die Auswaschung allerdings auf einem niedrigen Niveau von unter 3 kg N/ha pro Monat und liegt somit weit unter den Werten der anderen Standorte im Jahr 2013. Im Vergleich zu anderen Jahren bewegt sich die Nitratauswaschung im durchschnittlichen Bereich (Abb. 5-14). Im gegenständlichen Zeitraum betrug diese insgesamt 18 kg N/ha.

Die Nitratkonzentration nahm von Dezember bis Juni gleichmäßig zu um sich danach wieder auf etwa denselben Wert bis Oktober zu reduzieren. Spitzen sind

keine zu beobachten, da jegliche Düngung ausblieb. Während des gesamten Jahres blieb die Konzentration stets unter 50 mg/l (Abb. 5-15).

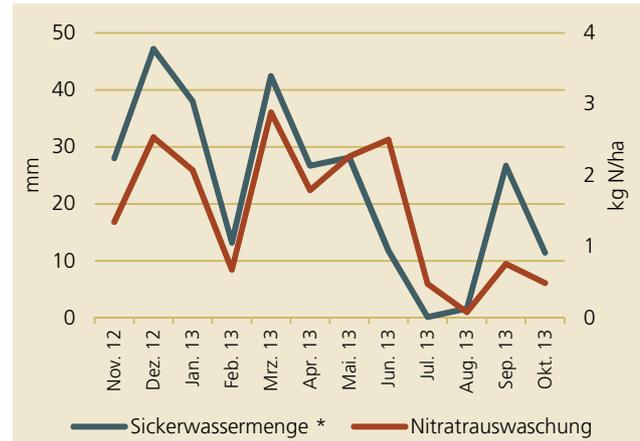


Abb. 5-13: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Mineraldünger) *Jän-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen

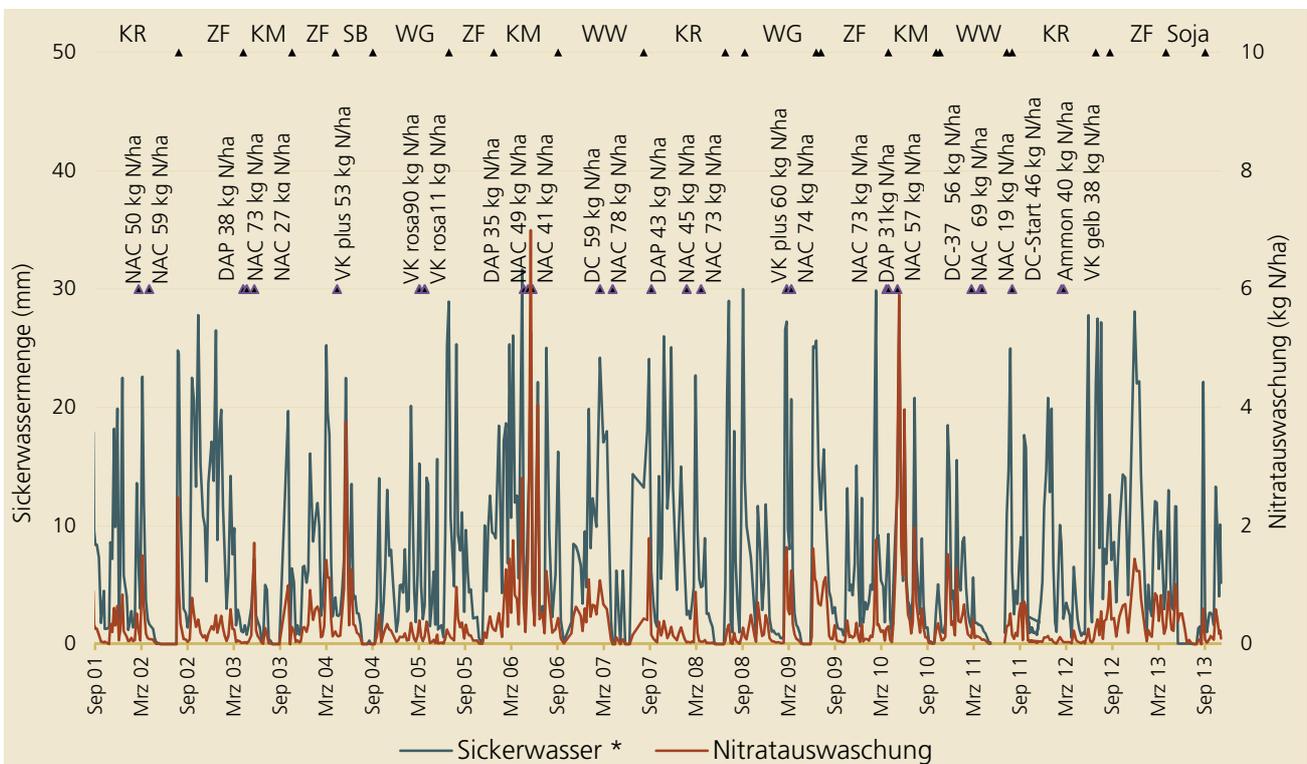


Abb. 5-14: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (tieflgr. Mineraldünger) *Jän-Feb. 2013 Schmelzwasser oberfl. abgefl.

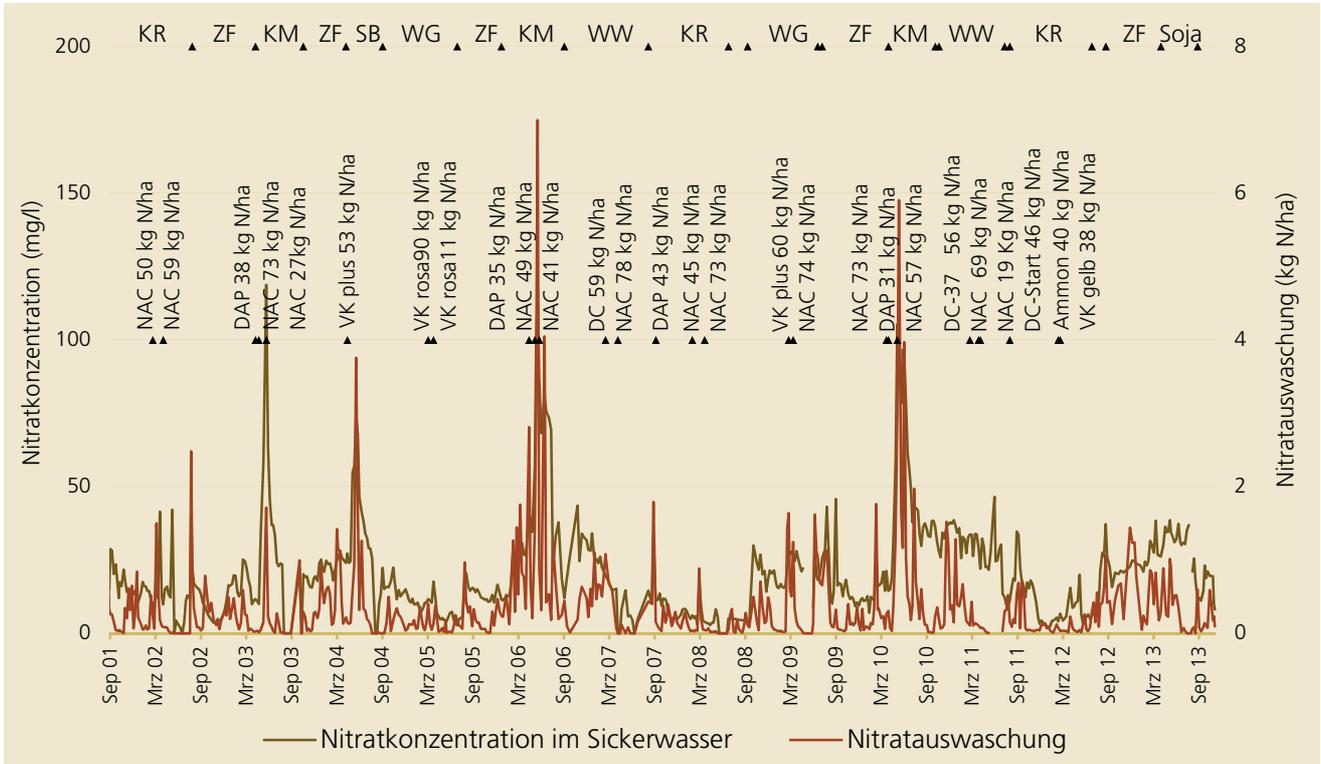


Abb. 5-15: Nitratkonzentration und NitratAuswaschung (tiefr. Mineraldünger)

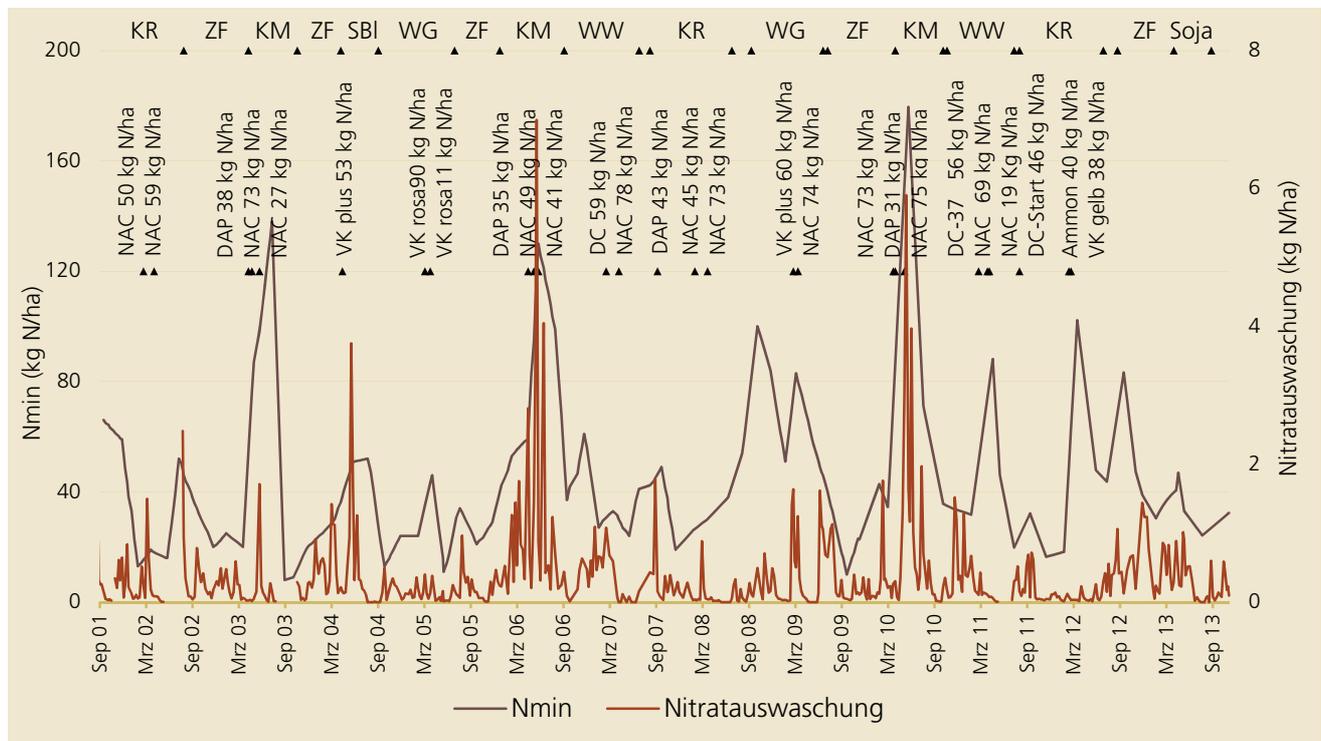


Abb. 5-16: NitratAuswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (tiefr. Mineraldünger)

5.6 NitratAuswaschung am seichtgründigen Standort

5.6.1 Niederschlagsmenge und Sickerwasserbildung

Am seichtgründigen Standort fielen im hydrologischen Jahr 2012/13 in Summe 901 mm Niederschlag. Die größten Niederschlagsmengen wurden wie an den beiden tiefgründigen Standorten im Mai, Juni und August gemessen (Abb. 5-17).

Die Sickerwasserbildung erfolgte primär in den Wintermonaten 2012/13 und zusätzlich im Juni 2013 aufgrund extremer Niederschlagsereignisse. Im Juli und August treten keine bis nur geringe Mengen an Sickerwassermengen auf. In Summe lag die Sickerwas-

serbildung bei 332 mm, was rund 37% der Niederschlagssumme entspricht.



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

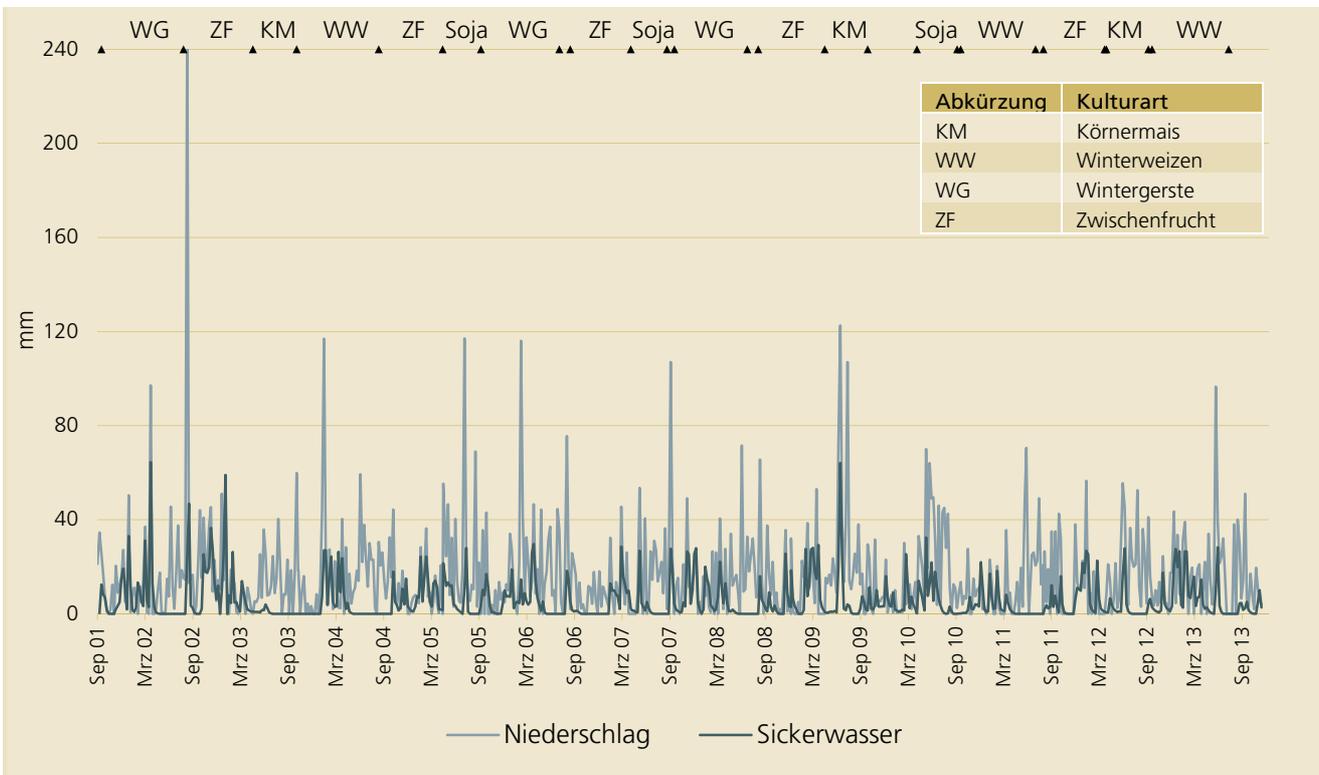


Abb. 5-18: Niederschläge und Sickerwasser, gesamte Messreihe (seichtgründig)

5.6.2 Sickerwassermenge, Nitratauswaschung und –konzentration im Sickerwasser

Insgesamt wurden im hydrologischen Jahr 2012/2013 rund 50 kg N/ha ausgewaschen. Der Verlauf der Nitratauswaschung folgt im Wesentlichen der Sickerwasserbildung (Abb. 5-19). Die höchste Nitratauswaschung von 21 kg N/ha trat im Dezember 2012 auf, infolge hoher Niederschlags- und Sickerwassermengen und sehr hoher Nitratkonzentrationen von über 180 mg/l. Danach sinkt bis Februar sowohl die Nitratkonzentration als auch die Nitratauswaschung auf Werte unter 3 kg/ha bzw. 22 mg/l.

Im Juni 2013 steigt die Nitratauswaschung entsprechend dem gemessenen N_{\min} -Gehalt im Boden an,

bleibt allerdings weit unter den Werten im Dezember (Abb. 5-22).

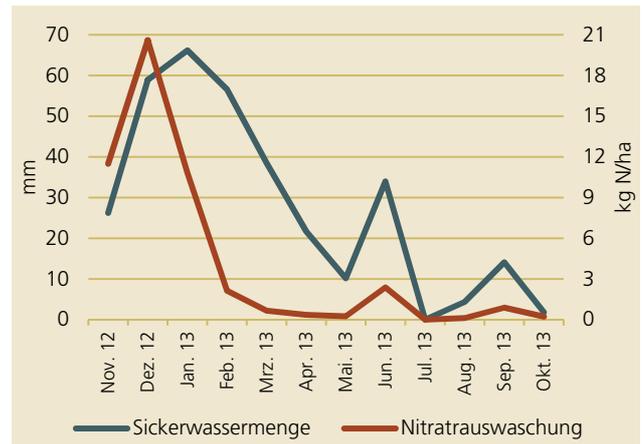


Abb. 5-19: Monatliche Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig)

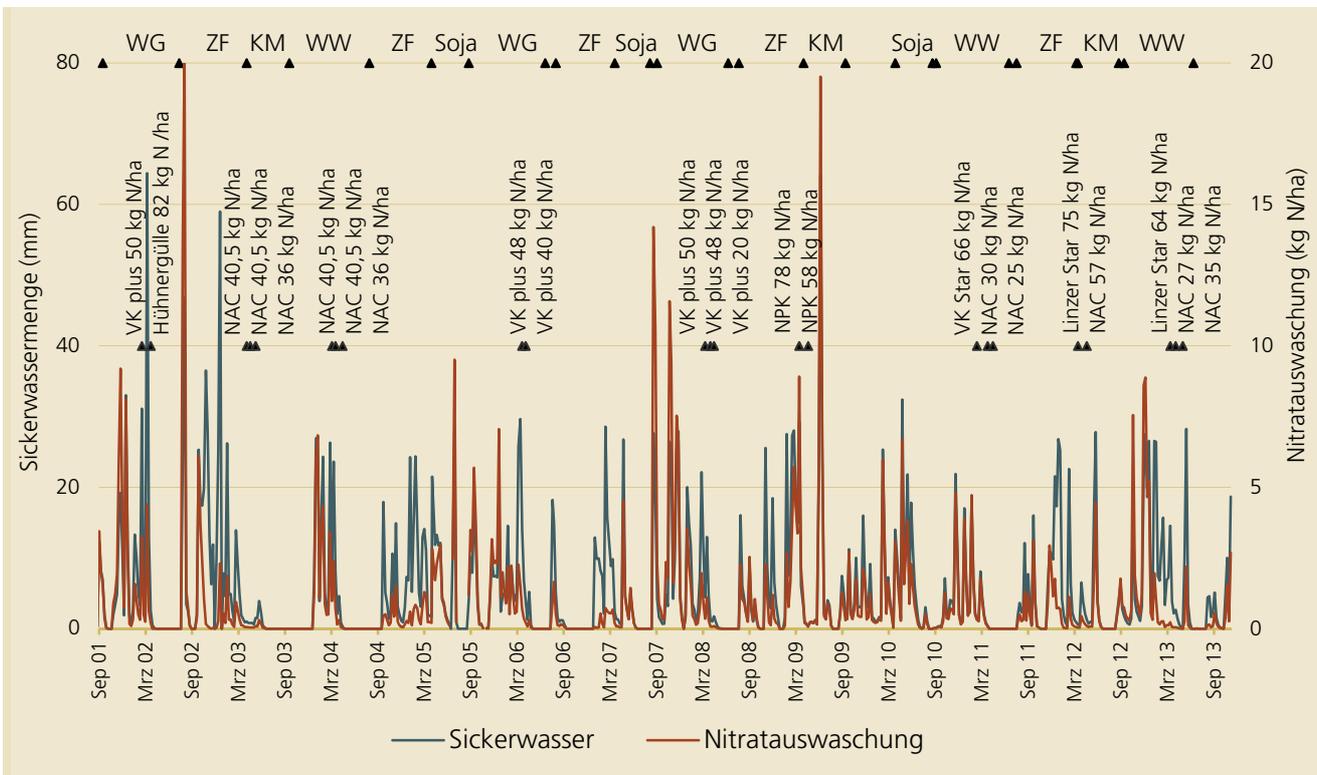


Abb. 5-20: Sickerwassermenge und Nitratauswaschung (seichtgründig)

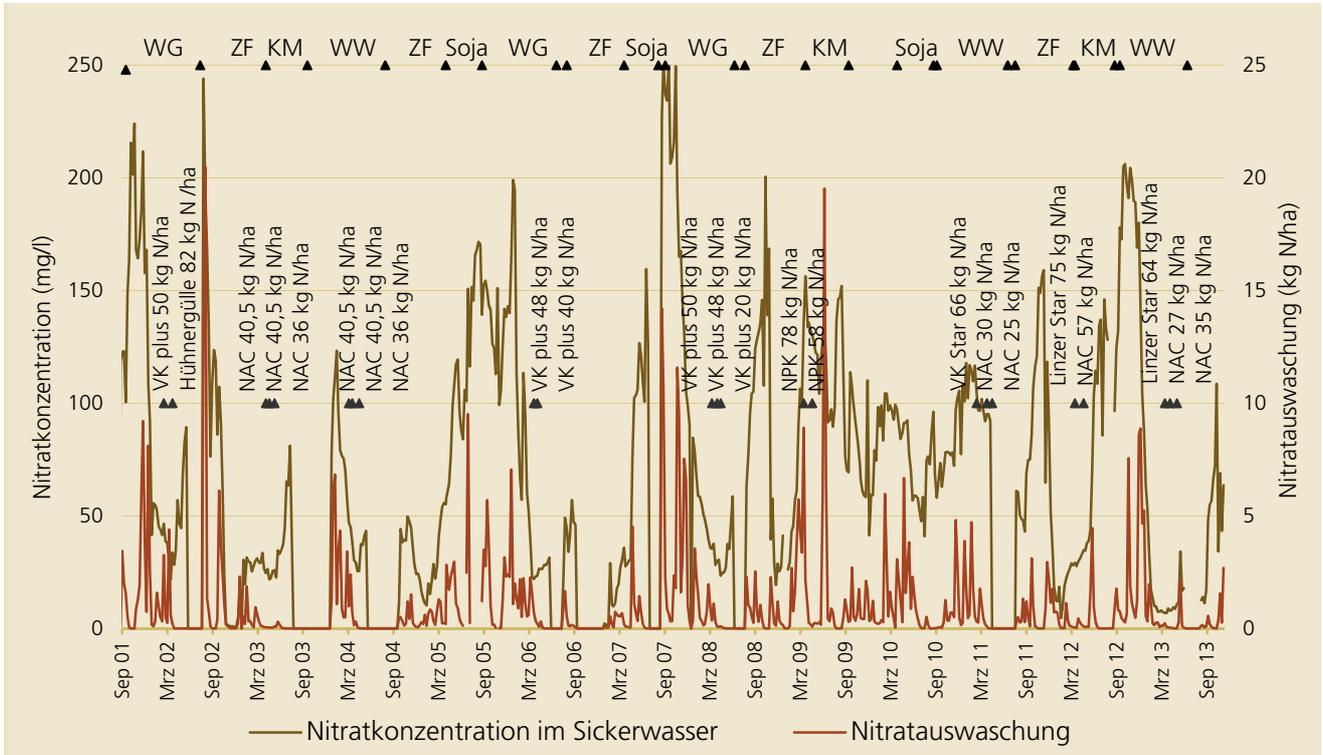


Abb. 5-21: Nitratkonzentration und Nitratauswaschung (seichtgründig)

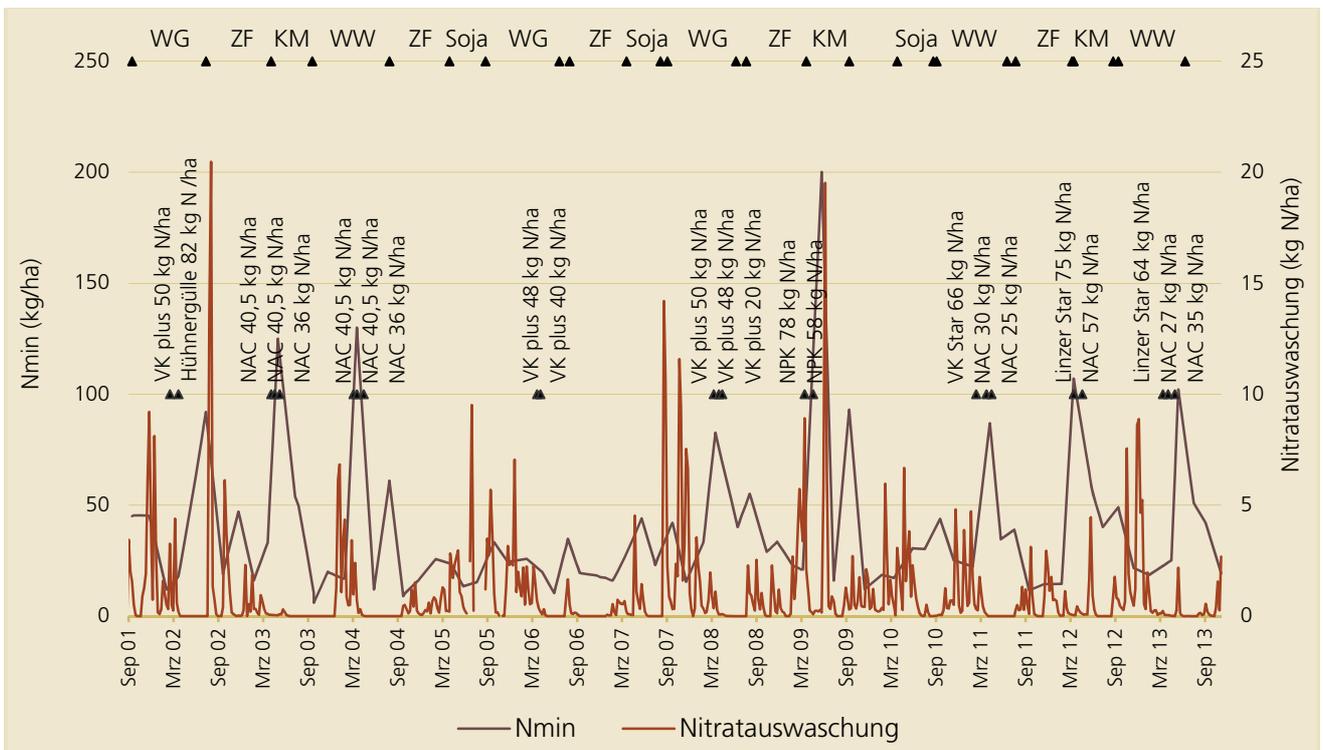


Abb. 5-22: Nitratauswaschung und N_{min} – Gehalte des Bodens (seichtgründig)

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

Die größte Stickstoffmenge wurde am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger mit 52 kg N/ha ausgewaschen (Tab. 5-3). Diese entspricht ca. 28% der durch Düngung zugeführten N-Menge (187 kg N/ha). Mehr als 2/3 davon ging in den Monaten Mai und Juni verloren. Auch in der Vergangenheit konnte regelmäßig und unabhängig vom Standort beobachtet werden, dass in Jahren des Maisanbaus das Maximum der Nitratauswaschung in diesem Zeitraum stattfindet. Als Ursache kann einerseits die im Vergleich zum Entzug relativ zeitige Düngung angesehen werden, hinzu kommt, dass auf den Standorten vor Mais üblicherweise eine Begrünung angebaut wird, die im Falle des Wirtschaftsdüngerstandorts eine Herbstdüngung erhält. Mit dem Umbruch der Begrünung im zeitigen Frühjahr wird eine größere Stickstoffmenge freigesetzt, ohne dass zeitnahe ein Entzug stattfindet.

Am seichtgründigen Standort wurden 50 kg N/ha ausgewaschen. Dies entspricht rund 40% der durch Düngung zugeführten N-Menge (126 kg N/ha). Auffällig ist, dass die Bilanz auf diesem Standort auf Grund des hohen Weizenertrags negativ ist und trotzdem diese große Menge an Nitrat ausgewaschen wurde. Sehr hohe Auswaschungsraten konnten schon in den vergangenen Jahren auf diesem Standort beobachtet werden, da aufgrund der geringeren Mächtigkeit das Rückhaltevermögen für Wasser und des darin enthaltenen Nitrats geringer ist.

Festzuhalten ist, dass der Großteil der Auswaschung über den Winter stattfand, also vor der ersten Düngemaßnahme, und daher als Nachwirkung des Vorjahres ev. in Folge einer Mineralisierung des eingearbeiteten Maisstrohs gesehen werden muss, der keine ausreichenden Entzüge des Winterweizens im Spätherbst oder Winter gegenüberstanden. Eine

Herbstdüngung zu Winterweizen erfolgte nicht, hätte aber die Auswaschung mit Sicherheit weiter erhöht.

Die mit Abstand geringste Auswaschung war am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger zu beobachten, (18 kg N/ha). An diesem Standort erfolgte im Jahr 2012/13 keine Düngung, da Sojabohne angebaut wurde.

Tab. 5-3: Stickstoffauswaschung vom 01.11.12 bis 31.10.13 im Vergleich zur Düngung

	Düngung [kg N/ha]	Ausw. [kg N/ha]	Anteil [%]	Bilanz (Korn+Stroh) [kg N/ha]
Tiefgr. WD	187	52	28%	37
Tiefgr. MD	0	18	-	(-97)
Seichtgr.	126	50	40%	-77

Der Verlauf der monatlichen Niederschlagsmengen war an allen drei Standorten ähnlich, wobei am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger der meiste Niederschlag anfiel. Am tiefgründigen Mineraldüngerstandort waren um 7% niedrigere Niederschlagsmengen beobachtbar, am seichtgründigen Standort sogar um 25% weniger (Abb. 5-23).

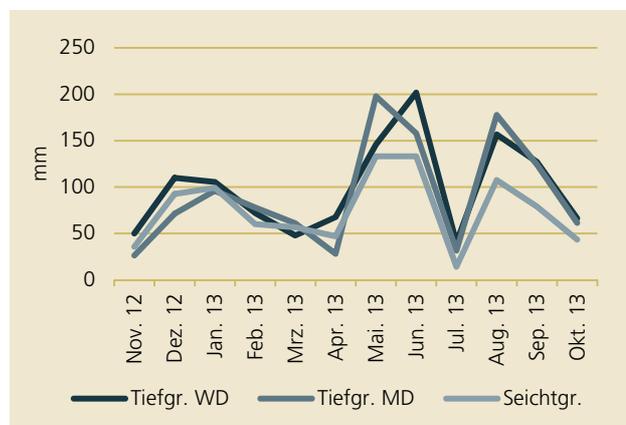


Abb. 5-23: Monatliche Niederschlagssummen an den drei Standorten

Tab. 5-4: Sickerwassermengen und durchschnittliche Nitratkonzentration vom 01.11.12 bis 31.10.13

	SW [mm]	NO ₃ -Kon. [mg/l]
Tiefgr. WD	421	55
Tiefgr. MD	275	29
Seichtgr.	333	66

Hinsichtlich des Sickerwasseranfalls gab es auf den beiden Standorten tiefgründig mit Wirtschaftsdünger und seichtgründig einen relativ ähnlichen Verlauf, nämlich primär höhere Sickerwassermengen in den Wintermonaten (Dezember bis Februar) und aufgrund des hohen Niederschlags im Juni (Abb. 5-24). Der tiefgründige Standort mit Mineraldünger weist im Vergleich dazu lediglich eine Spitze im Dezember und eine weitere im März auf und generell eine weitaus geringere jährliche Sickerwassermenge (275 mm), wobei in den Monaten Jänner und Februar aufgrund des gefrorenen Untergrundes Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen ist, und nicht gemessen werden konnte. In Summe fiel am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger das meiste Sickerwasser an (421 mm).

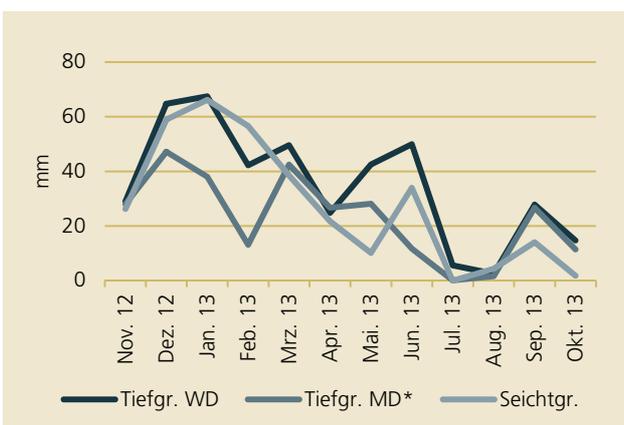


Abb. 5-24: Monatliche Sickerwassermengen an den drei Standorten *Jän-Feb. Schmelzwasser oberflächlich abgeflossen

Die höchste durchschnittliche Nitratkonzentration wurde am seichtgründigen Standort mit 66 mg NO₃/l beobachtet (Tab. 5-4). Obwohl vor dem Winter hier keine Düngung zum Winterweizen aufgebracht wurde, stieg die Nitratkonzentration in diesem Zeitraum stark an (187 mg NO₃/l im November 2012). Ab Februar 2013 bleibt der Wert unter 22 mg NO₃/l.

Die zweithöchste jährliche mittlere Konzentration von 55 mg NO₃/l wurde am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger gemessen, welche besonders durch eine Konzentrationsspitze von 150 mg NO₃/l im Mai geprägt ist. Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger blieb die Nitratkonzentration insgesamt am geringsten und stets unter 50 mg NO₃/l (Abb. 5-25).

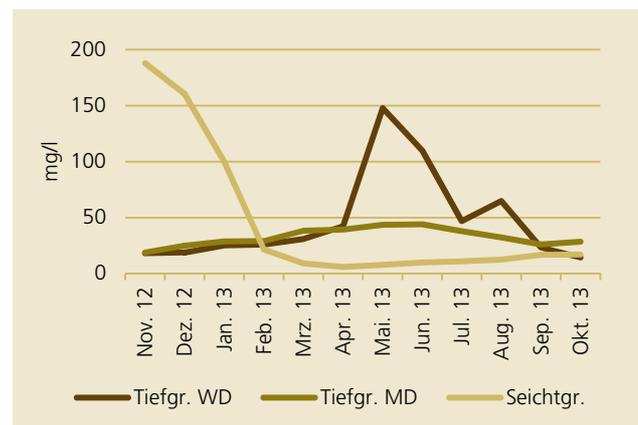


Abb. 5-25: Durchschnittliche monatliche Nitratkonzentrationen an den drei Standorten

Die Nitratkonzentrationen verlaufen auf allen drei Standorten parallel zur monatliche Nitratauswaschung (Abb. 5-26). So ist ein Maximum im Verlauf am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Mai und Juni zu beobachten, und ein Maximum im Dezember am seichtgründigen Standort. Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger verläuft die monatliche Nitratauswaschung und auch die Nitratkonzentration das ganze Jahr über gleichmäßig und unauffällig.

Desweiteren ist zu beobachten, dass am seichtgründigen Standort die Nitratauswaschung deutlicher der Sickerwassermenge folgt, als an den tief-

gründigen Standorten. Da der seichtgründige Standort ein sehr geringes Wasserrückhaltevermögen aufweist, nimmt die Nitratauswaschung stark zu, sobald die Sickerwassermenge ansteigt.

In Summe wurde während des Messzeitraums seit September 2001 bis November 2013 am seichtgründigen Standort mit 610 kg N/ha am meisten Stickstoff in Form von Nitrat ausgewaschen (Abb. 5-27). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger waren es mit 314 kg N/ha etwa halb so viel, am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger mit 199 kg N/ha weniger als 1/3. Das ergibt durchschnittliche Nitratkonzentrationen von 75 mg NO₃/l, 40 mg NO₃/l und 21 mg NO₃/l.

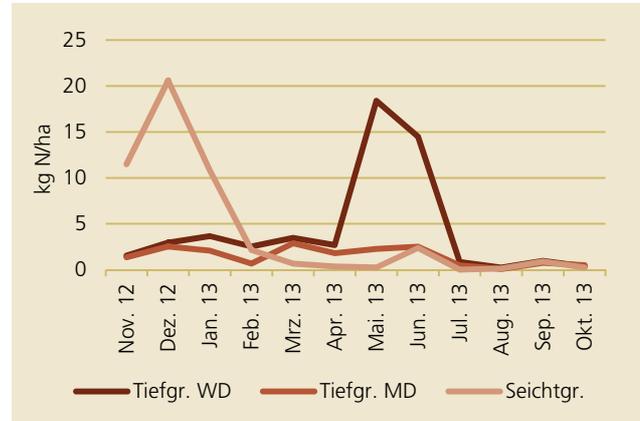


Abb. 5-26: Monatliche Nitratauswaschung an den drei Standorten

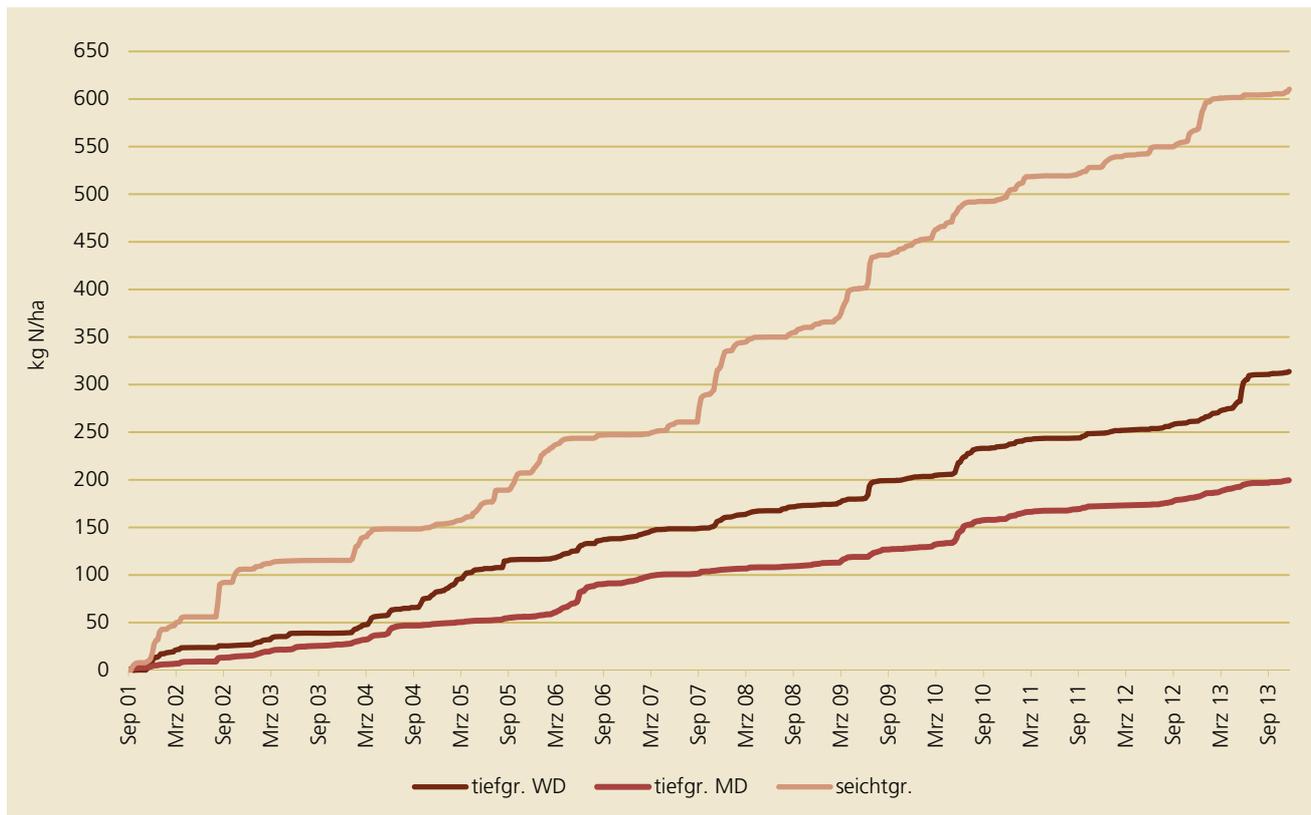


Abb. 5-27: Summe der als Nitrat ausgewaschenen Stickstoffmenge an den drei Standorten

5.8 Phosphorbilanzen

Die Phosphorentzüge wurden in erster Linie von der angebauten Kultur bestimmt. Diese betragen im Betrachtungszeitraum auf dem tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger im Mittel 79 kg P₂O₅/ha (Korn + Stroh), am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger 43 kg P₂O₅/ha und am seichtgründigen Standort 75 kg P₂O₅/ha.

Am Wirtschaftsdüngerstandort wurde Phosphor über eine Düngung mit Schweinegülle (21 kg P₂O₅/ha), über eine weitere Düngung mit Schweinegülle mit 104 kg P₂O₅/ha und über eine Düngung mit Mineraldünger (30 kg P₂O₅/ha) zugeführt.

Am seichtgründigen Standort wurde Phosphor in der Höhe von 64 kg P₂O₅/ha durch eine Mineraldüngung ausgebracht.

Die Phosphorbilanz (Tab. 5-5) ist am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger aufgrund fehlender Düngergaben im betreffenden Jahr negativ, am seichtgründigen Standort ist diese ausgeglichen. Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger ist die Phosphorbilanz stark positiv. Die Ergebnisse der Bilanzen für die Ernteabfuhr zwischen den Lysimeterflächen und den Mittelwerten sind bei allen Standorten nahezu identisch.

Tab. 5-5: Phosphorbilanzen für das Erntejahr 2013

	Tiefgründiger Standort mit Wirtschaftsdünger		Tiefgründiger Standort mit Mineraldünger		Seichtgründiger Standort	
	----- kg P ₂ O ₅ /ha -----					
Phosphorzufuhr aus Düngung	155		0		64	
Entzug durch die Pflanzen	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert	Lysimeter	Mittelwert
Entzug durch das Korn	72	68	31	32	69	62
Entzug durch das Stroh	10	11	9	11	17	12
Summe Entzug	82	79	40	43	86	74
Abfuhr durch Ernte	72	68	31	32	69	62
Bilanz Korn	83	87	-31	-32	-5	2
Bilanz Korn + Stroh	73	76	-40	-43	-22	-10
Bilanz Ernteabfuhr	83	87	-31	-32	-5	2

5.9 Phosphatauswaschung

Der jahreszeitliche Verlauf der Phosphatauswaschung im Jahr 2013 verläuft zwar auf niedrigem Niveau, unterscheidet sich an den drei Standorten aber grundlegend (Abb. 5-28). Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger wurde ein Maximum der Phosphatauswaschung im Juni beobachtet, sowie ein zweites im Jänner (Abb. 5-29). Beide können zeitlich mit Düngemaßnahmen und einem generell sehr hohen Düngenniveau in Zusammenhang gebracht werden. Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger verläuft die Phosphatauswaschung generell unter dem Niveau der beiden anderen Standorte, außer im August. Eine weitere Spitze ist auch im Dezember zu beobachten (Abb. 5-30). Die höchsten Phosphatauswaschungswerte sind beim seichtgründigen Standort von Jänner bis Februar zu verzeichnen (Abb. 5-31). Ein weiteres aber deutlich niedrigeres Maximum trat im Juni auf. Auf

diesem, mit P hoch versorgtem Standort, folgt die Auswaschung deutlich der Sickerwasserbildung.

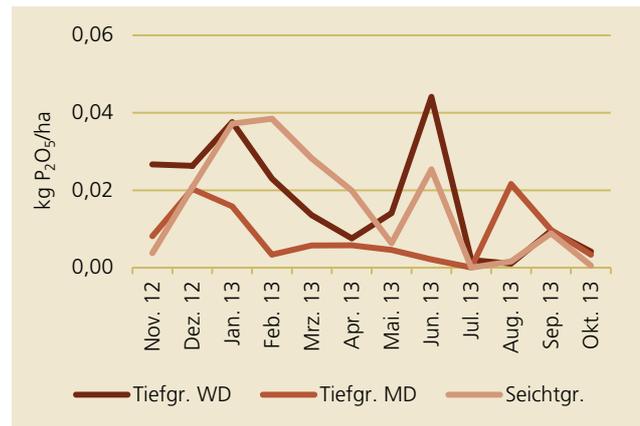


Abb. 5-28: Monatliche Phosphatauswaschung an den drei Standorten

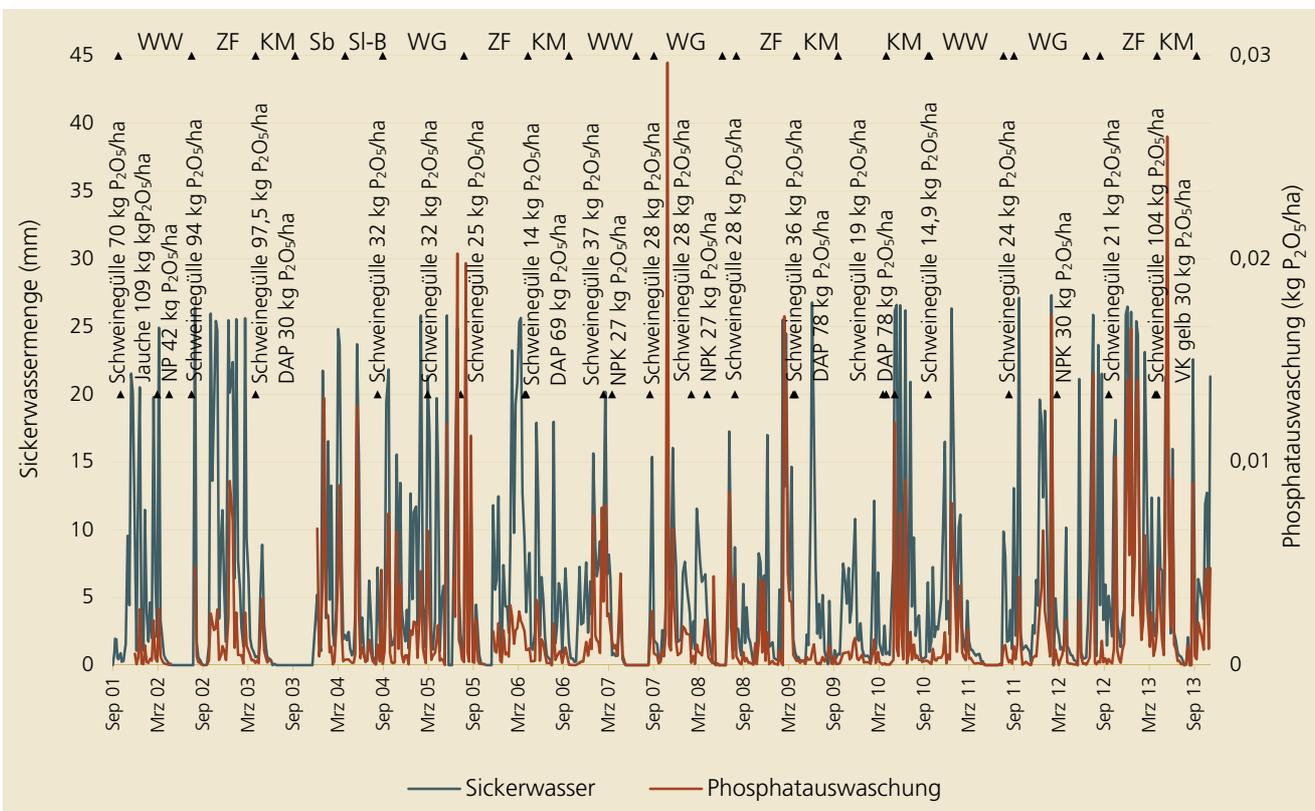


Abb. 5-29: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger

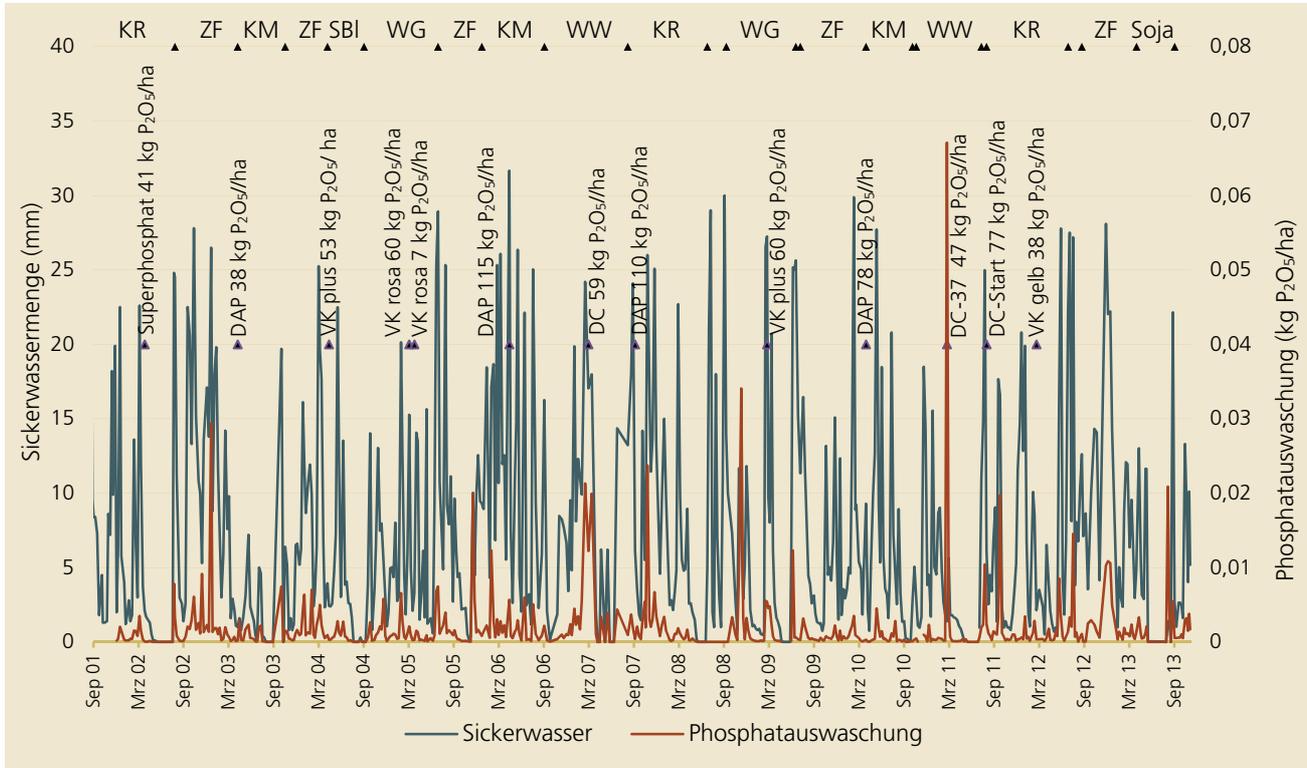


Abb. 5-30: Phosphatauswaschung am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger

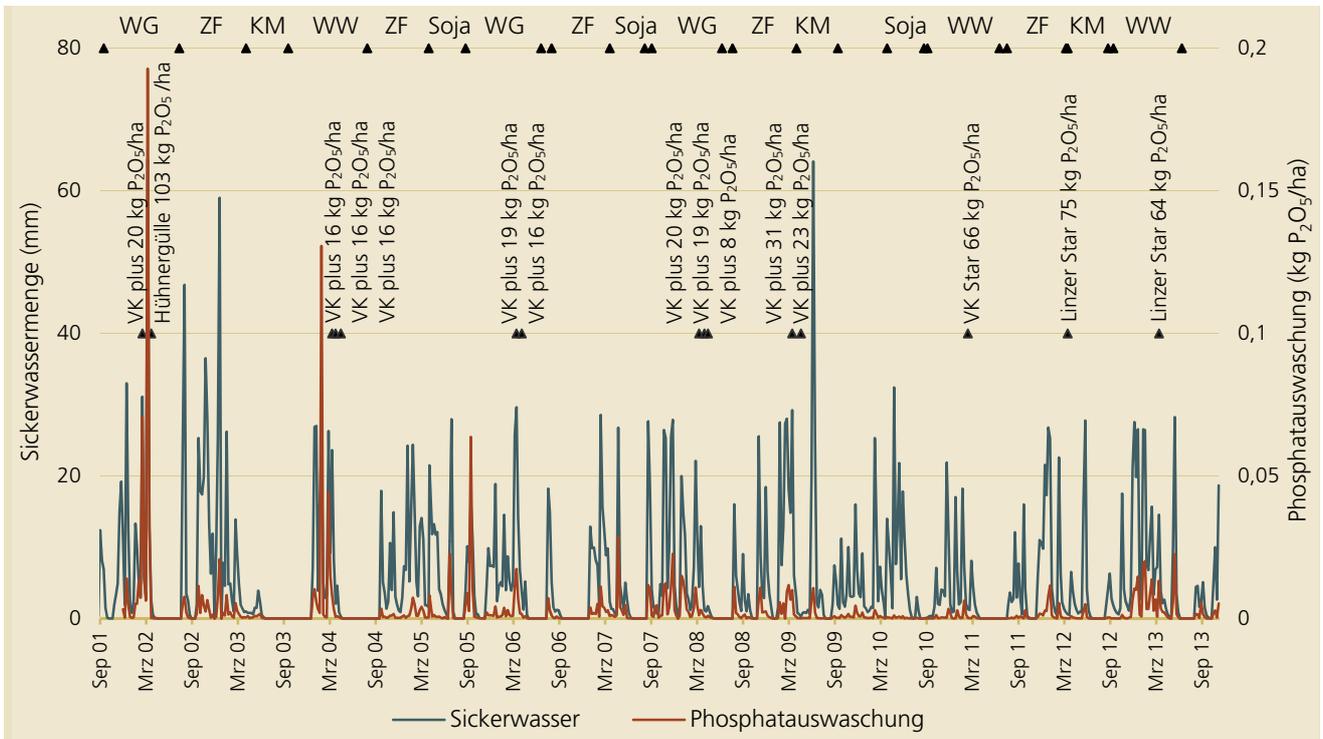


Abb. 5-31: Phosphatauswaschung am seichtgründigen Standort

In Summe waren die P-Verluste mit dem Sickerwasser im hydrologischen Jahr 2012/13 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 Grundwasserschwel­lenwert von 0,3 mg PO₄/l.

Seit Beginn der Messreihe wurden am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger insgesamt 0,87 kg P/ha ausgewaschen und am tiefgründigen Mineraldüngerstandort 0,97 kg P/ha. Am seichtgründigen Standort wurde seither in etwa die zweifache Menge, nämlich 1,66 kg P/ha ausgewaschen (Abb. 5-32).

Tab. 5-6: Sickerwasser, P₂O₅-Verluste und mittlere PO₄-Konzentration im Sickerwasser von 01.11.12 bis 31.10.13

	SW [mm]	P ₂ O ₅ - Verlust [kg/ha]	PO ₄ -Kon. [mg/l]
Tiefgr. WD	421	0,2095	0,0666
Tiefgr. MD	275	0,1007	0,0489
Seichtgr.	332	0,1911	0,0769

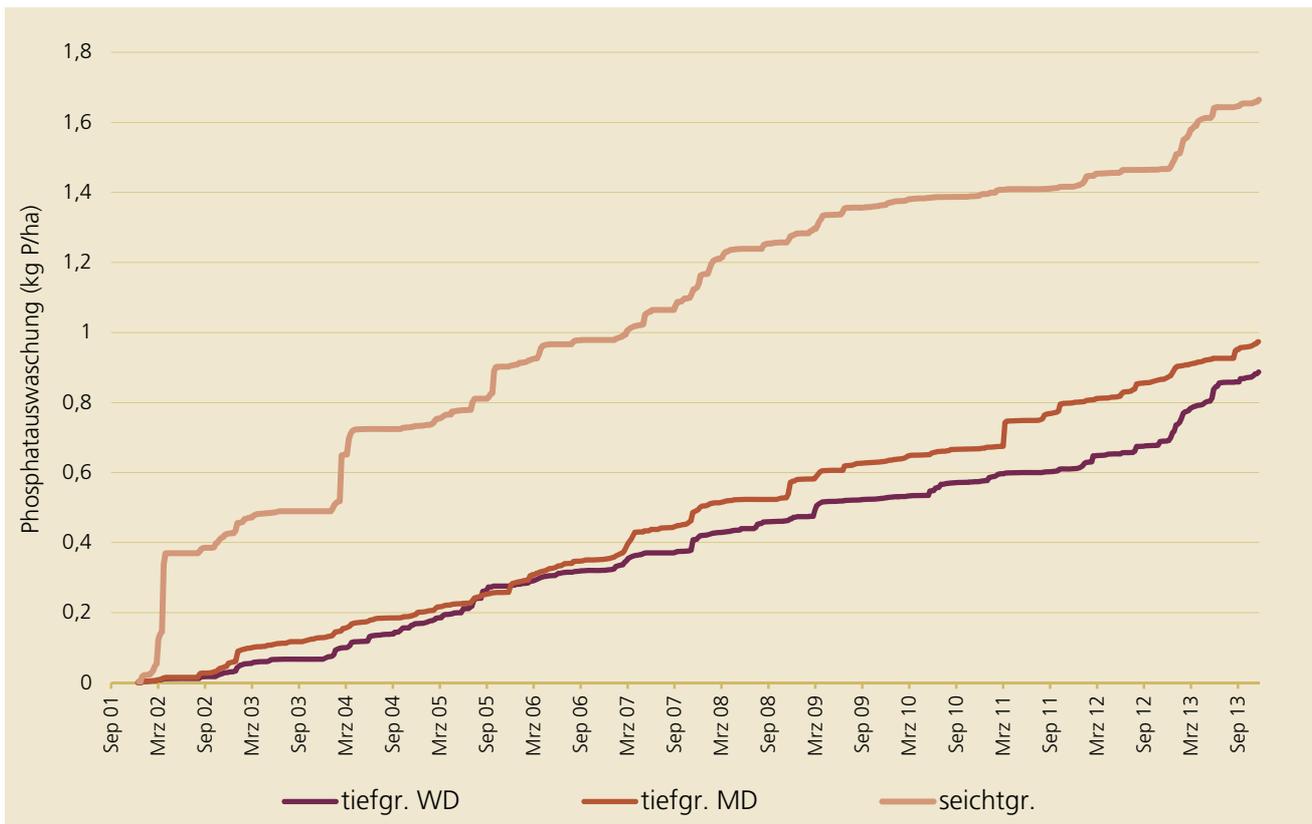


Abb. 5-32: Summe der als Phosphat ausgewaschenen P-Menge an den drei Standorten

6 Errichtung und Hydrographische Auswertung der UZ-Messstelle Pettenbach

Im Jahr 2012 wurde der Standort Pucking-Pettenbach (Lysimeter Tiefgründig mit Mineraldünger) als Messstelle der Ungesättigten Zone (UZ-Messstelle) in die Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) aufgenommen und im Jänner 2013 errichtet.



Abb. 6-1: Freilandprofil zu Beginn der Errichtung

UZ-Messstellen der WKEV bestehen jedenfalls aus einem mit Gipsblöcken, Tensiometern (für die Saugspannungsmessung) und Wassergehaltssensoren bestückten Freilandprofil, und optional zusätzlich aus einem Lysimeter, welches ebenfalls mit Saugspannungs- und Wassergehaltssensoren bestückt ist.

Bei der Errichtung musste Sorge getragen werden, dass die Verkabelung der bereits vorhandenen Messanordnung nicht verletzt wurde, was auch größtenteils

gelang. In Abb. 6-1 ist das Freilandprofil zu Beginn seiner Errichtung zu sehen. In die Tiefen 10, 35, 60, 90, 120 und 140 cm u GOK wurden Tensiometer als primäre Saugspannungssensoren und Theta-Probes als Wassergehaltssensoren eingebaut. In den obersten 4 Tiefen erfolgte noch zusätzlich der Einbau von Watermark-Gipsblöcken als sekundäre Saugspannungssensoren sowie von einem untersten Tensiometer in 150 cm u GOK im Freiland. Die gleiche Sondenbestückung (bis auf das Tensiometer in 150 cm Tiefe) erfolgte im Lysimeter, welches zu diesem Zweck halbseitig ausgegraben, angebohrt, mit wasserdichten Flanschen versehen und mit den Sonden bestückt wurde (Abb. 6-2). Der sehr gute Zustand des 18 Jahre alten Lysimeters war überraschend.

Alle Sensoren sowie die bereits vorhandenen Klimasensoren für Niederschlag, Wind, Lufttemperatur und Globalstrahlung wurden mit einem Aufzeichnungsintervall von 10 Minuten an einen solar- und batteriebetriebenen DT80M-Datataker-Datensammler angeschlossen.



Abb. 6-2: Bestückung des Lysimeters mit Saugspannungs- und Wassergehaltssensoren

Zu einer weitestgehend lückenlosen Datenaufzeichnung kam es ab April 2013. Der hydrographische Dienst stellt alle Daten der nun folgenden Abbildungen gemäß seinem gesetzlichen Auftrag bei Anfrage kostenlos zur Verfügung.

In Abb. 6-3 und Abb. 6-4 sind die Jahressganglinien der Profilmessanordnungen der Wassergehalte, der Bodentemperaturen und der Saugspannungen im Freilandprofil und im Lysimeter dargestellt. Die jeweiligen Tiefenstufen werden in unterschiedlichen Farben abgebildet, wobei die Zuordnung generell bei allen hydrographischen Darstellungen ident ist:

- 1. Tiefenstufe (10 cm u GOK) schwarz
- 2. Tiefenstufe (35 cm u GOK) rot
- 3. Tiefenstufe (60 cm u GOK) dunkelblau
- 4. Tiefenstufe (90 cm u GOK) grün
- 5. Tiefenstufe (120 cm u GOK) violett
- 6. Tiefenstufe (140 cm u GOK) hellblau

Der Vergleich von Freiland- und Lysimetergraphen dient der Qualitätssicherung der gesamten Messstelle und zeigt, dass das Lysimeter weitestgehend den ungestörten Freilandzustand wiedergibt. Die steilen Anstiege der Saugspannungen in den Sommermonaten und teilweise auch beim Dezemberfrost – gepunktete Graphen - stammen aus der Gipsblockmessung. Hier bedürfen die Gipsblöcke innerhalb des Lysimeters noch einer Überprüfung ihrer Eichbeziehungen. Die Tensiometergraphen – durchgezogene Linien (Messbereich bis ca. 800 hPa) – hingegen weisen eine gute Übereinstimmung zu Beginn der Austrocknungen in den jeweiligen Bodentiefen auf.

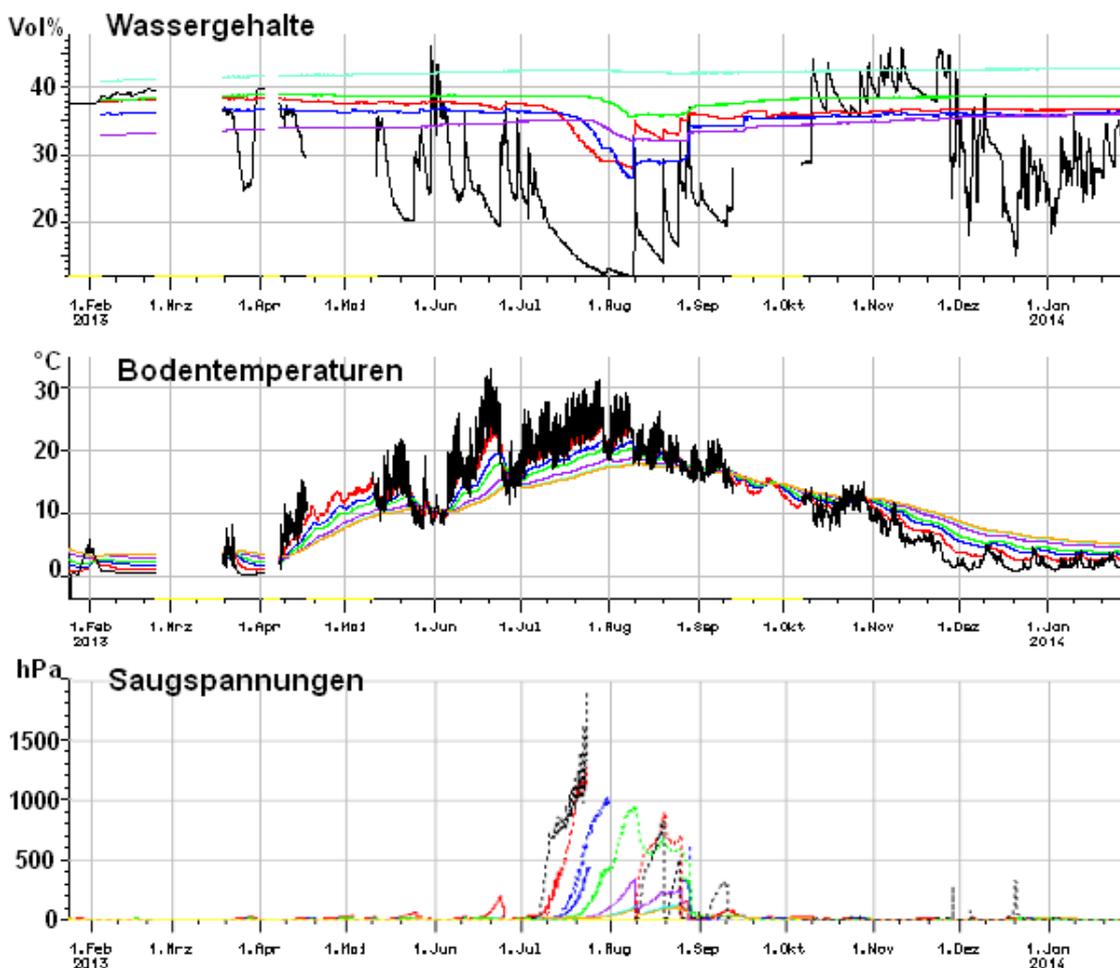


Abb. 6-3: Tiefengestufte Wassergehalte, Bodentemperaturen und Saugspannungen im Freilandprofil

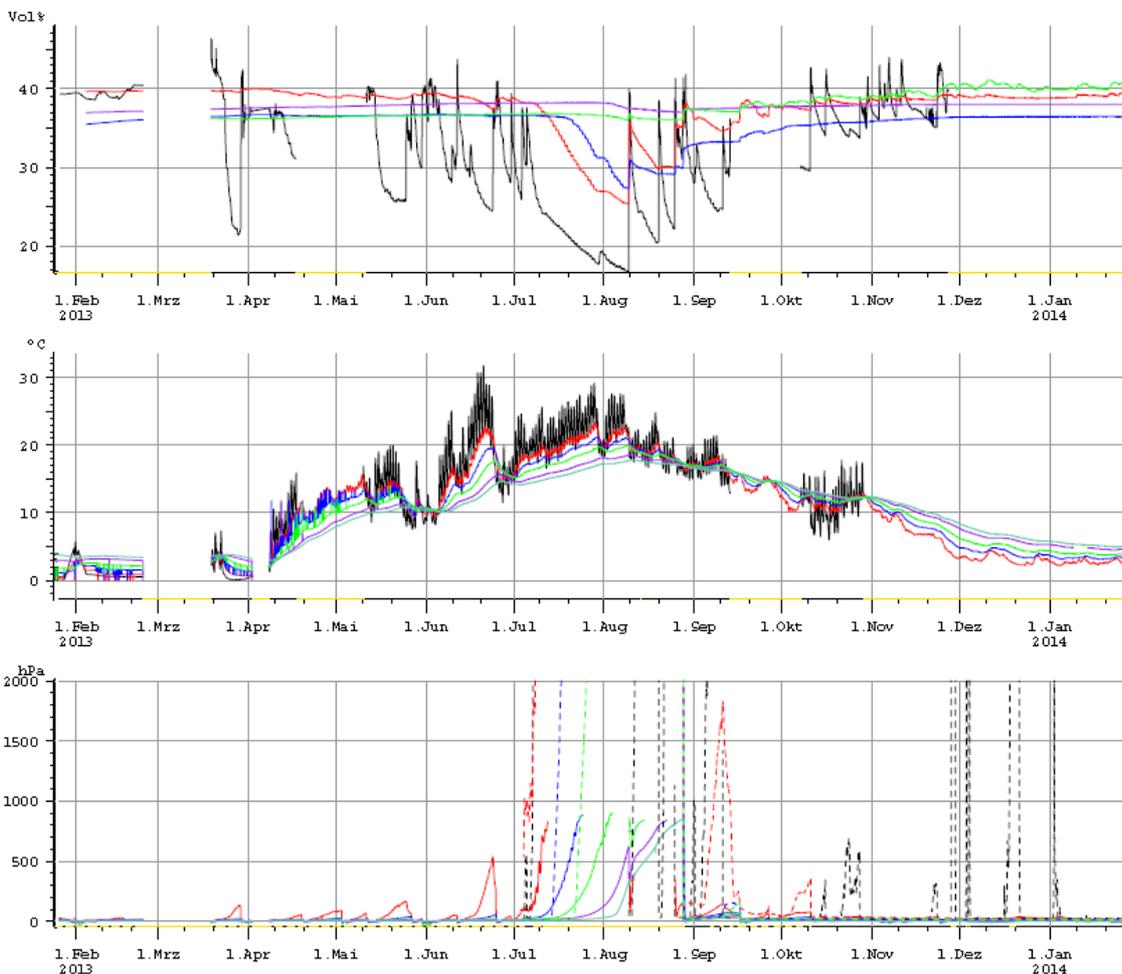


Abb. 6-4: Tiefengestufte Wassergehalte, Bodentemperaturen und Saugspannungen im Lysimeter

Der Frost zu Beginn des Dezembers ist im Temperaturdiagramm in Abb. 6-3 – Freilandgeber – gut zu erkennen, weil der schwarze Graph – die Bodentemperatur in 10 cm u GOK – plötzlich Werte in der Nähe von 0°C hat. Gleichzeitig sinkt der oberste Wassergehalt ab, da die Wassergehaltssonde nur frei bewegliches Bodenwasser misst, nicht aber Eis. Ebenso steigt die Saugspannung an, da die Poren im Boden nun nicht mehr mit frei verfügbarem Wasser gefüllt sind.

Da diese Messstelle - sowohl das Lysimeter als auch das Freilandprofil - in einem bewirtschafteten Acker liegt, werden die obersten Messfühler zu Zeiten der Bodenbearbeitung gezogen und liefern keine Daten.

Im Jahr 2013 war dies von 17. April bis 10. Mai und von 13. September bis 7. Oktober der Fall. Danach wurden sie jeweils wieder eingebaut.

Die gemessenen Meteorologie-Parameter Niederschlag, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit/-richtung, wurden kontrolliert und passen zu den Messreihen ab 1995. Im ersten Quartal ist aufgrund des Einbaus und Anschlusses der Datensammler eine Lücke in den Daten zu verzeichnen.

Die Niederschlagstagesummen, Bodentemperatur und Profilwassermengenverläufe werden in Abb. 6-6

dargestellt. Das mittlere Diagramm zeigt die Pflanzen verfügbare Wassermenge, welche in der österreichischen Bodenkarte für diesen Bodentyp mit 140 - 220 mm angegeben wird. Sehr prägnant ist der Einbruch in den Sommermonaten von Mitte Juli bis Mitte August, in welcher praktisch kein Niederschlag fiel. Diese Profilaustrocknung wird auch im Soil-water-Index-Diagramm (SWI-Diagramm) in Abb. 6-5 deutlich, da hier besonders die Dauer und Intensität der Trockenheit veranschaulicht wird.

Klimaverhältnisse dar. Die Soil-water-Indizes werden wie folgt berechnet: vom volumetrischen Wassergehalt wird der Welkepunkt-Wassergehalt abgezogen und der Prozentanteil der verbliebenen Differenz auf die nutzbare Feldkapazität ermittelt.

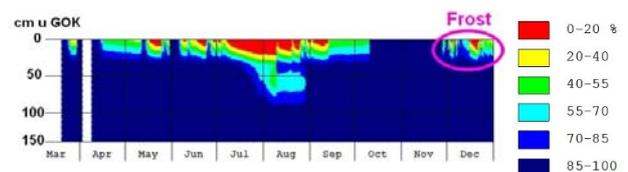


Abb. 6-5: Soil-water-Index Tiefenzeit Diagramm

SWI-Diagramme stellen in sehr übersichtlicher Form weltweit vergleichbare „Visitenkarten“ für Böden und

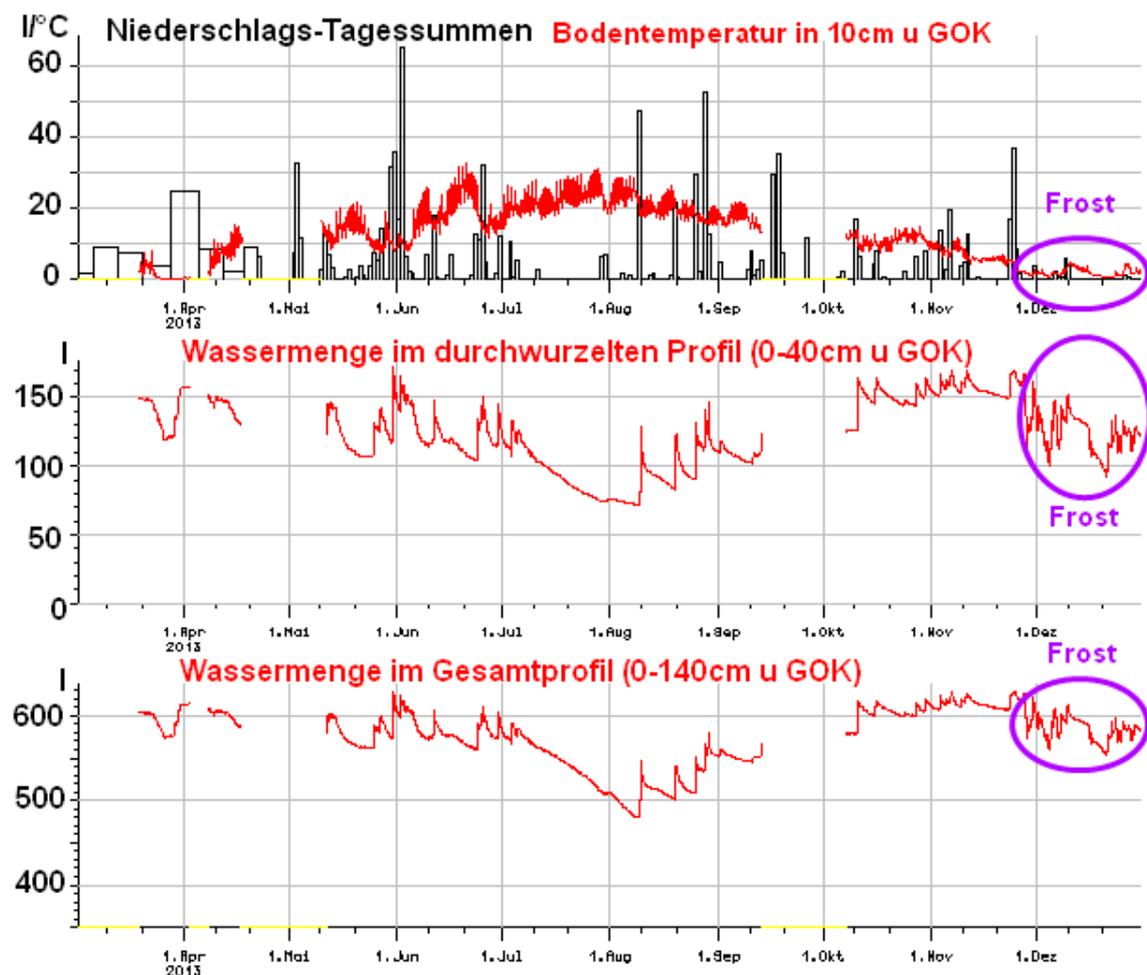


Abb. 6-6: Profilwassermengen vom durchwurzelten Profil mit Niederschlagstagesummen und oberster Bodentemperatur als Plausibilitätskontrolle

In Abb. 6-7 werden die Zeitreihen der Grundwasserneubildungsberechnung nach der Gradientenmethode $k \cdot i$ dargestellt und mit den gemessenen Grundwasserneubildungen des Lysimeters verglichen. Die k -Funktion wurde über Laborwerte und Plausibilitätsüberlegungen für die Saugspannungszeitreihe der 6. Tiefenstufe ermittelt (roter Graph im untersten Diagramm). Der Gradientengraph (oberstes Diagramm) zeigt in der Austrocknungsphase im Sommer erwartungsgemäß einen Einbruch, da auch in 140/150cm u GOK keine nach unten gerichtete Wasserbewegung im Boden und somit auch keine Grundwasserneubildung mehr stattfindet.

Die Juni-Niederschläge finden sich kaum in der Grundwasserneubildung wieder, die September-Niederschläge sehr wohl, aber in der Lysimeteraussickerung (schwarze Linien im mittleren Diagramm) und in der Gradientenmethode (rote Linien im mittleren Diagramm) in etwas abweichender Dynamik. Das Phänomen, dass Starkereignisse in den Matrixpotentialen anders als bei Simulationen oder Lysimetermessungen abgebildet werden, tritt häufig im UZ-Messnetz auf und ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

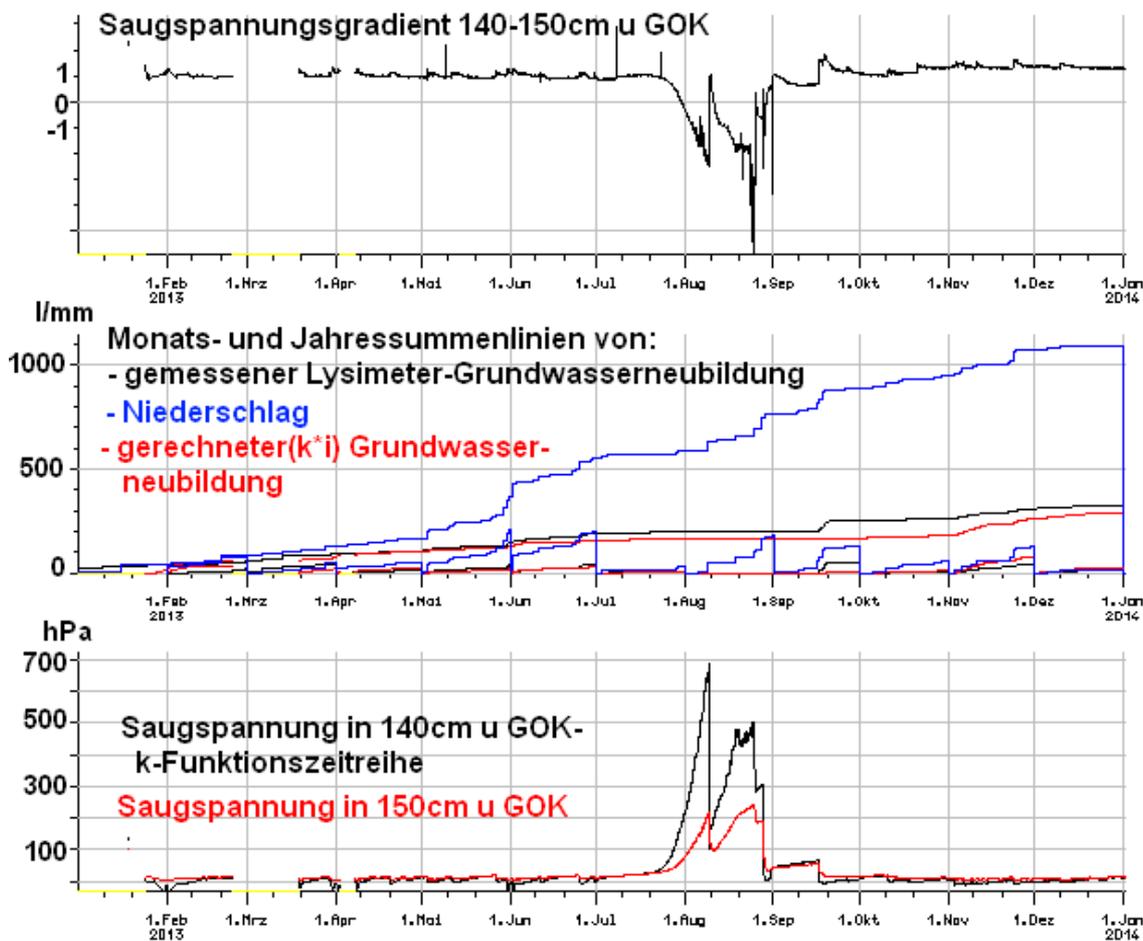


Abb. 6-7: $k \cdot i$ – Grundwasserneubildungsberechnung im Vergleich zur Lysimeter Grundwasserneubildung mit Gradienten i und k -Funktionszeitreihe (Saugspannung in 150cm u GOK)

7 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der im Jahr 2013 durchgeführten Messungen und Untersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen hinsichtlich des Nährstoffauswaschungsrisikos ziehen:

Das Jahr 2013 wies hinsichtlich des **Witterungsverlaufs** als Besonderheit eine anhaltende Trockenperiode im Juli auf. Niederschlags Spitzen im Mai und Juni, wie sie 2013 auftraten, konnten hingegen auch in den vergangenen Jahren regelmäßig beobachtet werden, wenngleich 2013 zu jenen Jahren zählt, wo diese Spitzen vergleichsweise hoch ausfielen.

Hinsichtlich der **Ertragsbildung** der angebauten Kulturen, wirkte sich die Niederschlagsverteilung am seichtgründigen Standort, wo Winterweizen angebaut war, sehr günstig aus. Es konnten 8,3 t/ha geerntet werden, was einer hohen Ertragslage (h2) entspricht und zeigt, dass in einzelnen Jahren auch auf stark auswaschungsgefährdeten Böden bei günstigem Witterungsverlauf sehr hohe Erträge möglich sind. In der Vergangenheit lagen die Erträge auf diesem Standort im Bereich einer mittleren bis hohen (h1) Ertragslage. Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger überstand der dort angebaut Körnermais auf Grund der hohen Wasserspeicherfähigkeit des Bodens die Trockenperiode im Juli relativ gut. Es konnten 11,1 t/ha geerntet werden, was einer hohen Ertragslage (h1) entspricht. In der Vergangenheit lagen die Erträge auf diesem Standort im Bereich einer hohen Ertragslage (h1 bis h2). Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger wurde mit 1,9 t/ha ein Sojabohnenertrag erzielt, der einer mittleren Ertragslage entspricht, obwohl auf diesem Standort in der Vergangenheit meist Erträge im Bereich einer hohen Ertragslage erzielt wurden.

Zur Höhe des Ertragsniveaus kann aus dem Jahr 2013 ganz allgemein geschlossen werden, dass dieses weit

stärker von den Witterungsbedingungen als von der Düngemenge abhängt. Während am seichtgründigen Standort bei einer Düngung entsprechend einer mittleren Ertragslage ein Ertrag auf dem Niveau einer hohen Ertragslage (h2) erzielt wurde, wurde am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger bei einer Düngung auf der Höhe einer sehr hohen Ertragslage (h3) ein Ertrag auf dem Niveau einer hohen Ertragslage (h1) erzielt.

Das **Auswaschungsgeschehen** im hydrologischen Jahr 2012/13 zeigt Muster, die schon in den vergangenen Jahren in ähnlicher Form an diesen Standorten beobachtet werden konnten, zum Teil können aber auch zusätzliche und neue Schlüsse gezogen werden.

Am seichtgründigen Standort findet beinahe die gesamte Nitratauswaschung über die Wintermonate statt. Während in den vergangenen Jahren an den tiefgründigen Standorten beobachtet werden konnte, dass unter Winterungen eine Auswaschung über die Wintermonate in erster Linie von einer Herbstdüngung abhängt, reichten am seichtgründigen Standort offensichtlich Mineralisierungsvorgänge im Herbst aus, um eine Nitratauswaschung zu verursachen (der am seichtgründigen Standort angebaute Winterweizen wurde im Herbst 2012 nicht gedüngt, davor war Körnermais angebaut). Die ab Anfang April verabreichten Düngegaben führen zu keiner nennenswerten Auswaschung mehr. Festzuhalten ist, dass bei negativer bis ausgeglichener N-Bilanz im Vorjahr (-12 kg N/ha), Aufteilung der Düngung auf drei Gaben, später Start der Düngung (5. April), moderater Gesamtdüngemenge (entsprechend mittlerer Ertragslage) und sehr gutem Ertrag im hydrologischen Jahr 2012/13 eine durchschnittliche Nitratkonzentration im Sickerwasser von 66 mg/l erzielt wurde. Auch in der Vergangenheit konnten auf diesem Standort trotz grundwasserschonender Bewirtschaftung und verhaltener N-Düngung keine Durchschnittskonzentration unter dem Grundwasserswellenwert erzielt werden (Durchschnitt von 2001 bis 2013: 75 mg/l). Da für eine konventionelle

Ackerbewirtschaftung die möglichen Maßnahmen zu einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung auf diesem Standort weitgehend umgesetzt wurden, drängt sich die Frage auf, ob für stark auswaschungsgefährdete Böden Benchmarks abzuleiten wären, die vom jetzigen Regelwerk abweichen (Richtlinien für die sachgerechte Düngung, Grundwasserswellenwert). Die langjährigen Ergebnisse legen nämlich nahe, dass eine Unterschreitung des Grundwasserswellenwerts auf so einem Standort nur im Rahmen einer Nutzungsänderung (Grünland, Stilllegung) oder im Rahmen einer tiefgreifenden Bewirtschaftungsänderung (z.B. biologische Wirtschaftsweise) möglich sein dürfte.

Am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger wurde wie bereits in vorhergehenden Jahren mit Maisanbau beobachtet eine erhöhte Nitratauswaschung im Zeitraum Mai bis Juni gemessen. Auffällig in diesem Jahr war der hohe N_{\min} -Gehalt von 82 kg N/ha im Dezember 2012 nachdem die im August angebaute Begrünung erst Mitte Oktober mit Schweinegülle gedüngt wurde. Zu diesem Zeitpunkt Schweinegülle auszubringen liegt zwar im gesetzlichen Rahmen, ist allerdings aus wasserwirtschaftlicher Sicht ungünstig zu bewerten, da eine Aufnahme durch die Begrünung am Ende der Vegetationsperiode nur mehr in eingeschränktem Umfang erfolgt und hohe N_{\min} -Gehalte im Boden resultieren, welche zu diesem Zeitpunkt eine potenzielle Gefahr für eine Grundwasserbelastung darstellen.

Im Weiteren war auf diesem Standort die durchschnittliche Nitratkonzentration im hydrologischen Jahr 2012/13 mit 55 mg/l höher als im langjährigen Durchschnitt (40 mg/l). Die Düngemenge von 187 kg N/ha zu Körnermais ist im Hinblick auf den erzielten Ertrag von 11,1 t Körnermais als zu hoch zu bezeichnen. Zwar wurden in den vergangenen Jahren immer wieder auch Erträge auf der Höhe der Ertragslage h2 erzielt, das Jahr 2013 zeigt jedoch, dass dafür auch ein optimaler Witterungsverlauf erforderlich ist bzw. umgekehrt, das Risiko einer Auswaschung stark

ansteigt, wenn der erhoffte Witterungsverlauf nicht eintritt. Folgende Punkte sind zusätzlich hervorzuheben: die Herbstdüngung zur Zwischenbegrünung führt zwar nicht zu einer Auswaschung über die Wintermonate, dürfte aber einen Beitrag zum Auswaschungsgeschehen im Frühjahr nach dem Umbruch der Zwischenfrucht leisten. Die Auswaschung erfolgt dann, wie in allen Maisjahren, in den Monaten Mai und Juni, und spiegelt deutlich die zeitliche Diskrepanz zwischen Stickstoffangebot aus Mineralisierung und Düngung einerseits und dem Pflanzenentzug andererseits wieder.

Am tiefgründigen Standort mit Mineraldünger erfolgte 2013 keine Düngung, da nach einer Zwischenbegrünung mit Buchweizen Sojabohne angebaut war. Die Nitratauswaschung war daher sehr niedrig, obwohl nur ein mittleres Erntergebnis erzielt wurde. Die Durchschnittskonzentration betrug im hydrologischen Jahr 2012/13 29 mg/l, der langjährige Durchschnitt beträgt hier 21 mg/l.

Vergleichbar mit der Rangverteilung der Standorte anhand der ausgewaschenen N-Menge war am tiefgründigen Standort mit Wirtschaftsdünger die **Phosphatauswaschung** am höchsten, gefolgt vom seichtgründigen Standort, und ist bei beiden im Vergleich zu anderen Jahren sehr hoch. Im Verhältnis zu der bei der Düngung eingebrachten P-Menge ist der ausgewaschene Anteil allerdings gering. Am tiefgründigen Mineraldünger-Standort war der P-Verlust generell geringer und unauffällig. Alle 3 Standorte lagen im Durchschnitt weit unter dem Grundwasserswellenwert von 0,3 mg PO_4 /l.

Das Lysimeter „Tiefgründig mit Mineraldünger“ in Pettenbach wurde im Jänner 2013 zu einer UZ-Messstelle ausgebaut und leistet dadurch einen wichtigen Beitrag zur Erfassung von Daten in der ungesättigten Zone, besonders durch die Tatsache, dass bisher erst 4 Lysimeter im WKEV-Messnetz vorhanden sind.

Die in 6 Tiefenstufen angebrachten Tensiometer und Wassergehaltssensoren sowohl im Freilandprofil als auch im Lysimeter liefern seit April 2013 lückenlos Daten. In einer ersten Plausibilitätskontrolle der gemessenen Meteorologie-Parameter stimmen die Messwerte mit den Messreihen seit 1995 gut überein. Aufgrund geringer Unklarheiten der Saugspannungen, ist noch eine Überprüfung der Eichbeziehungen der Gipsblöcke innerhalb des Lysimeters notwendig.

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 isopenhydrologische Untersuchungen.
www.lysimeter.at Unterseite Research reports - Modeling/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.

Kuderna, M., Weinberger, C. (2013). Forschungsprojekt Lysimeter. Technischer Endbericht 2012. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.