

## Nährstoffauswaschung im Grünland in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungssystem

Markus Herndl<sup>1\*</sup>, Martina Schink<sup>1</sup>, Matthias Kandolf<sup>1</sup>, Andreas Bohner<sup>1</sup> und Karl Buchgraber<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Für viele landwirtschaftliche Betriebe in Österreich stellen Wirtschaftsdünger die Hauptquelle für die Nährstoffversorgung im Wirtschaftsgrünland dar. Ziel einer nachhaltigen und umweltverträglichen Grünlanddüngung sollte sein, Nährstoffe effizient einzusetzen bzw. Düngung und Nutzung so aufeinander abzustimmen, damit Ertrag und Qualität des Bestandes gesichert und das Risiko von Stoffausträgen in das Grundwasser weitgehend vermieden wird.

Auf Basis dieser Annahmen wurde ab dem Jahr 2009 am LFZ-Raumberg-Gumpenstein ein Feldversuch auf Lysimetern durchgeführt, der fünf in der Praxis übliche Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungskombinationen hinsichtlich Stickstoffbilanzen bzw. Nitrat- und Phosphorauswaschung charakterisiert und vergleicht. Ergebnisse des dreijährigen Versuchs zeigen, dass sowohl bei extensiven Düngungs- und Nutzungskombinationen, als auch bei intensiverer Düngung und Nutzung die Stickstoffbilanzen und Stickstofffrachten über das Sickerwasser auf sehr niedrigem Niveau liegen und sich im Bereich von 0,1 – 4,5 kg N/ha/a befinden. Hinsichtlich Nitrat- und Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser bestätigen die Ergebnisse, die je nach Düngungs- und Nutzungsvariante und Jahr im Bereich von 0,1 – 4,7 mg NO<sub>3</sub>/l bzw. 0,01 – 0,08 mg P/l lagen, frühere Studien aus Bayern, die ähnliche Resultate erhielten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es bei praxisüblichen, fachgerechten und standortangepassten Kombinationen von Düngungsniveau und Nutzungsintensität bei Einhaltung der EU-Nitratrichtlinie, zu keiner Gefährdung des Grundwassers hinsichtlich Stickstoff- und Phosphorausstrags kommen sollte.

*Schlagwörter:* Grünlanddüngung, Grünlandnutzung, Wirtschaftsdünger, Nährstoffaustrag, Gewässerschutz

### Summary

For many farms in Austria, farm manure provides the main source of nutrient supply in permanent grassland. The aim of sustainable and environmentally friendly grassland fertilization should be an efficient use of fertilizer, to balance fertilization and utilization in order to reinforce yield and quality of grassland and to avoid the risk of nutrient losses into the groundwater. Based on these assumptions, in 2009 a field trial using lysimeters was conducted at AREC Raumberg-Gumpenstein to characterize and compare five common fertilization and utilization combinations in terms of nitrogen balances and nitrogen and phosphorus leaching. Results of the three-year trial showed that both extensive and intensive fertilizer and utilization combinations had nitrogen balances and nitrogen loads at very low levels, which were in the range of 0,1 – 4,5 kg N/ha/year. Regarding nitrate and phosphorus concentrations in the seepage water, the results were depending on fertilization and utilization treatment and year in the range of 0,1 – 4,7 mg NO<sub>3</sub>/l and 0,01 – 0,08 mg P/l respectively that confirms outcomes from Bavarian studies. It can be concluded that at common practice and a proper and site-related combination of fertilization level and utilization frequency by adhering the EU Nitrate Directive, there should be no risk to groundwater with respect to nitrogen and phosphorus leaching.

*Keywords:* grassland fertilization, grassland utilization, farm manure, nutrient leaching, water conservation

### Einleitung

Ertrag und Qualität des Wirtschaftsgrünlandes hängen neben den natürlichen Standortvoraussetzungen im Wesentlichen vom verwendeten Düngungs- und Nutzungsregime ab. Wirtschaftsdünger tragen wesentlich zur Düngung im Grünland bei und fallen überwiegend als Gülle, Festmist, Kompost oder Jauche an. Ziel unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes ist es, Düngung und Nutzung so aufeinander abzustimmen, damit das Risiko von Stoffausträgen in

das Grundwasser weitgehend vermieden bzw. minimiert wird. Im Fokus steht dabei vor allem der Stickstoff bzw. das Nitrat. Seit den 80er Jahren gibt es zahlreiche Untersuchungen inwieweit sich Bewirtschaftung und hier vor allem die Düngung auf den Nitratgehalt des Sickerwassers und damit auf das Grundwasser unter Grünland auswirkt. Feldversuche hinsichtlich Auswirkungen von Terminierung und dem Einfluss von steigenden Güllegaben auf den Nitratgehalt des Sickerwassers im voralpinen Raum wurden vor allem von der bayerischen Landesanstalt für

<sup>1</sup> Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZ), Raumberg 38, A-8952 IRDNING

\* Ansprechpartner: Dr. Markus Herndl, markus.herndl@raumberg-gumpenstein.at

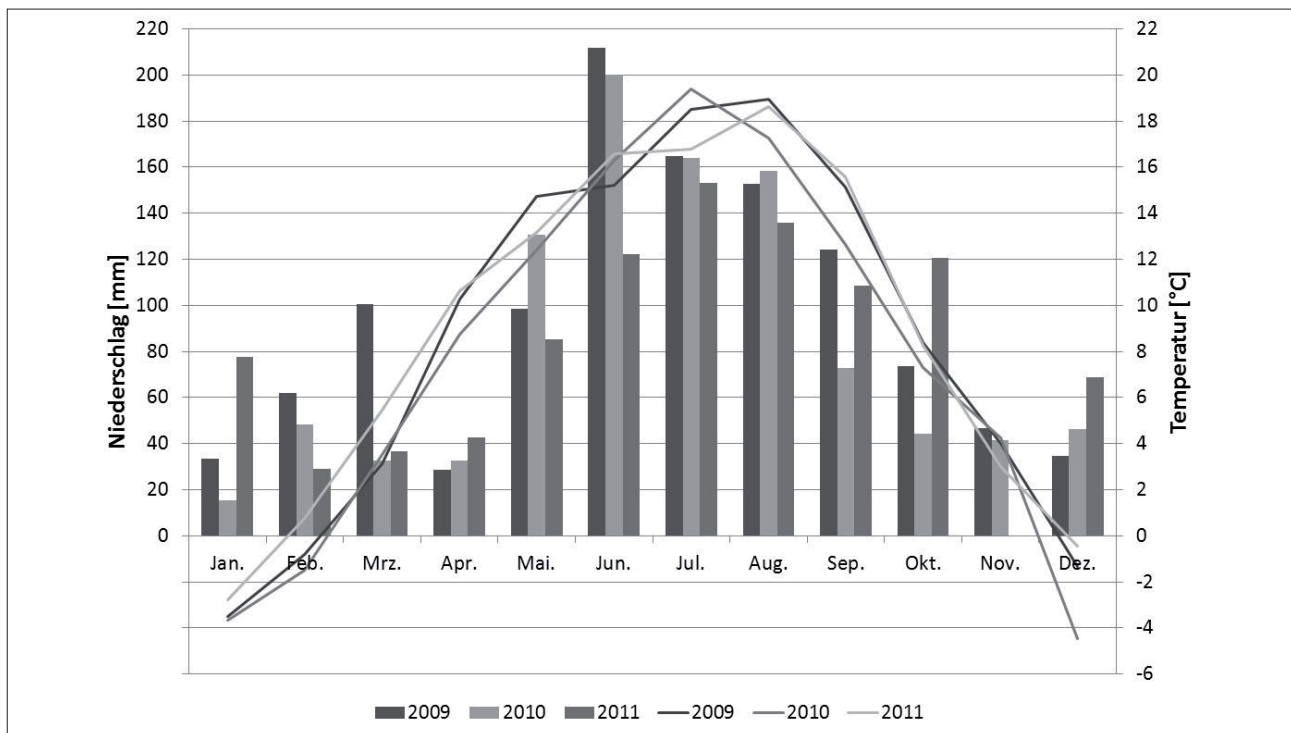


Abbildung 1: Mittlere Tagestemperatur und Niederschlagssumme für die Jahre 2009-2011 am Standort Raumberg-Gumpenstein

Tabelle 1: Kennwerte der Bodenmonolithen in den Schwerkraftlysimetern am Versuchsstandort Raumberg-Gumpenstein

Lysimeter	pH-Wert in CaCl <sub>2</sub>	Humusgehalt %	N <sub>tot</sub>	C:N	P <sub>CAL</sub> mg/kg	Sand %	Schluff %	Ton %
a	5,6	4,4	0,2	10,9	38,2	41,9	50,1	8,0
b	5,7	4,2	0,2	11,4	37,0	40,3	52,1	7,7
c	5,5	4,1	0,2	11,0	32,9	41,3	50,2	8,6
d	6,0	4,2	0,2	10,8	37,4	41,7	50,1	8,2
e	5,2	5,0	0,3	11,3	36,0	45,7	45,5	8,8

Landwirtschaft (LfL) durchgeführt (DIEPOLDER und RASCHBACHER 2011a,b,c). Hier wurden mit Hilfe von Saugkerzenanlagen Nitratgehalte unter weidelgrasreichen Beständen mit vier und mehr Schnitten quantifiziert. Fazit der Versuche ist, dass bei güllebetonter Düngung auch bis in Höhe von 230 kg N/ha keine Gefährdung des Grundwassers nachgewiesen wurde (DIEPOLDER und RASCHBACHER 2011c). Untersuchungen hinsichtlich Grünlandbewirtschaftung und Gewässerschutz im alpinen Raum wurden vor allem von der BAL Gumpenstein durchgeführt (z.B. EDER 2000). Um die Ergebnisse auf Dauergrünland und bei extensiveren Schnittnutzungen zu erhalten, wurde am LFZ Raumberg-Gumpenstein im Jahr 2007 ein Feldversuch auf Lysimetern angelegt. Er soll fünf in der Praxis übliche Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungskombinationen hinsichtlich Stickstoffbilanzen bzw. Nitrat- und Phosphorauswaschung charakterisieren und vergleichen. Dieser Systemvergleich soll helfen, praxistaugliche Empfehlungen zur Anwendung von Wirtschaftsdüngern in praxisüblichen Nutzungssystemen geben zu können bzw. Angaben über Nährstoffverluste durch Auswaschung zur Verfügung stellen zu können.

## Material und Methoden

### Versuchsstandort

Der Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungsversuch auf Lysimetern wurde auf einer Versuchsfläche am LFZ Raumberg-Gumpenstein angelegt. Der Versuch befindet sich in 700 m Seehöhe, wobei die langjährige Jahresmitteltemperatur 7,4 °C und der durchschnittliche Jahresniederschlag 1043 mm beträgt. In den Untersuchungsjahren 2009-2011 waren die Unterschiede im Monatsniederschlag im Januar, Juni und Oktober am höchsten. Bei den durchschnittlichen Monats-temperaturen weist vor allem der Dezember im Jahresvergleich die größten Unterschiede zwischen den Jahren auf (Abbildung 1).

### Lysimeterversuch

Der Lysimeterversuch ist an einen Düngungs- und Nutzungsversuch der bereits 1993 angelegt wurde, angegliedert. In diesem Versuch geht es darum, Ertrag und Qualität von Dauergrünland bei unterschiedlicher Düngung und Nutzung zu beobachten. Der Wirtschaftsdüngungs- und

**Tabelle 2: Versuchsvarianten des Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungsversuchs auf Lysimetern am Versuchsstandort Raumberg-Gumpenstein**

Lysimeter	Variante	Düngertyp	Aufwandmenge GVE	Anwendungszeitpunkt	Schnittanzahl
a	1	Rottemist, Jauche*	0,5	Rottemist und Jauche zu Vegetationsbeginn	1
b	2	Rottemist, Jauche	1,0	Rottemist zu Vegetationsbeginn, Jauche nach 1. Schnitt	2
c	3	Rindergülle	1,0	Vegetationsbeginn, nach 1. Schnitt	2
d	4	Rindergülle	1,4	Vegetationsbeginn, nach 1. und 2. Schnitt	3
e	5	Rindergülle	1,8	Vegetationsbeginn, nach 1., 2. und 3. Schnitt	4

\* Rottemist und Jauche aus der Milchviehhaltung

**Tabelle 3: Gedüngte Nährstoffe, Bestandeszusammensetzung und Jahrestrockenmasseertrag in den Jahren 2009-2011**

Jahr	Variante	Düngertyp	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Artenanteile			Ertrag TM dt/ha/a
			kg/ha			Gräser %	Klee %	Kräuter %	
2009									
	1	Rottemist [Jauche]	39[7]	33[1]	42[12]	89	8	3	60,7
	2	Rottemist [Jauche]	78[11]	65[1]	83[50]	81	17	2	99,8
	3	Rindergülle	78	35	69	80	19	1	87,7
	4	Rindergülle	110	47	120	68	31	1	106,4
	5	Rindergülle	139	61	143	67	29	4	98,3
2010									
	1	Rottemist [Jauche]	21[7]	12[1]	25[13]	97	2	1	63,1
	2	Rottemist [Jauche]	43[13]	25[1]	51[26]	94	3	3	109,4
	3	Rindergülle	70	29	62	87	11	3	91,0
	4	Rindergülle	99	39	109	97	3	<1	102,0
	5	Rindergülle	128	51	130	80	17	3	70,9
2011									
	1	Rottemist [Jauche]	41[6]	25[1]	52[13]	99	1	<1	68,3
	2	Rottemist [Jauche]	80[12]	50[1]	103[25]	97	3	<1	72,6
	3	Rindergülle	65	25	75	96	4	<1	76,4
	4	Rindergülle	102	41	114	98	2	<1	85,7
	5	Rindergülle	142	55	146	97	3	<1	65,2

Nutzungsversuch auf Lysimetern wurde 2007 auf einer bestehenden Lysimeteranlage angelegt, wobei auf Parzellen mit einer Fläche von 20 m<sup>2</sup> mit Dauerwiese B (ÖAG) angesät wurde. Für die Auswertungen der Ergebnisse in diesem Beitrag wurden die Jahre 2009-2011 herangezogen, um die Effekte vom Vorversuch möglichst zu minimieren. Die Parzellen im Versuch sind vierfach wiederholt, wobei in einer Wiederholung ein monolithischer nicht-wägbarer Schwerkraftlysimeter untergebracht ist, welcher zur Quantifizierung der Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser dient. Dieser hat eine kreisförmige Oberfläche von 1 m<sup>2</sup>. Die Sickerwassergewinnung erfolgt über Freiausläufe an der Lysimeterunterkante in 1,5 m Bodentiefe. Die Böden auf dem Versuch bzw. im Lysimeter sind tiefgründige Braunerden aus fluvioglazialen Sedimenten mit der Bodenart lehmiger Sand. Die Böden in den Lysimetern weisen typische Bodenkennwerte für Braunerden auf und sind über alle Monolithen hinweg homogen und daher gut vergleichbar (Tabelle 1).

### Versuchsvarianten

Die geprüften Versuchsvarianten im historischen Düngungs- und Nutzungsversuch entstanden aus praxisüblichen Anfallsmengen an Wirtschaftsdüngern. Für die Varianten

auf dem Lysimeterversuch wurden die Wirtschaftsdünger (Rottemist/Jauche aus der Milchviehhaltung) und Rindergülle mit abgestuften Ausbringungsmengen und Nutzungsfrequenzen ausgewählt (Tabelle 2). Die Abstufung erfolgt nach GVE die je nach Wirtschaftsdüngertyp eine andere Anfallsmenge bedeutet. Bei Rottemist entspricht 1 GVE einer Ausbringungsmenge pro ha und Jahr von 10,9 t bei Jauche 4,1 t und bei Gülle 14,5 t. Die Nährstoffgehalte der eingesetzten Wirtschaftsdünger können daher je nach Jahr etwas unterschiedlich sein, was aber auch in der Praxis der Fall ist (Tabelle 3).

### Versuchsdurchführung

Die Düngung im Versuch erfolgte per Hand, wobei die unvermeidbaren, gasförmigen Ausbringungsverluste bei Rottemist, Jauche und Rindergülle laut Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006) angesetzt wurden. Aus der Biomasse der einzelnen Schnitte wurden aus jeweils einer Teilprobe die Nährstoffanalysen hinsichtlich Stickstoff mittels Kjeltex-Apparat (Verbrennungsmethode nach DUMAS, NAUMANN et al. 1997) durchgeführt. Die quantitative und qualitative Sickerwasserbeprobung erfolgte in unregelmäßigen Abständen (je nach Anfall), wobei min-

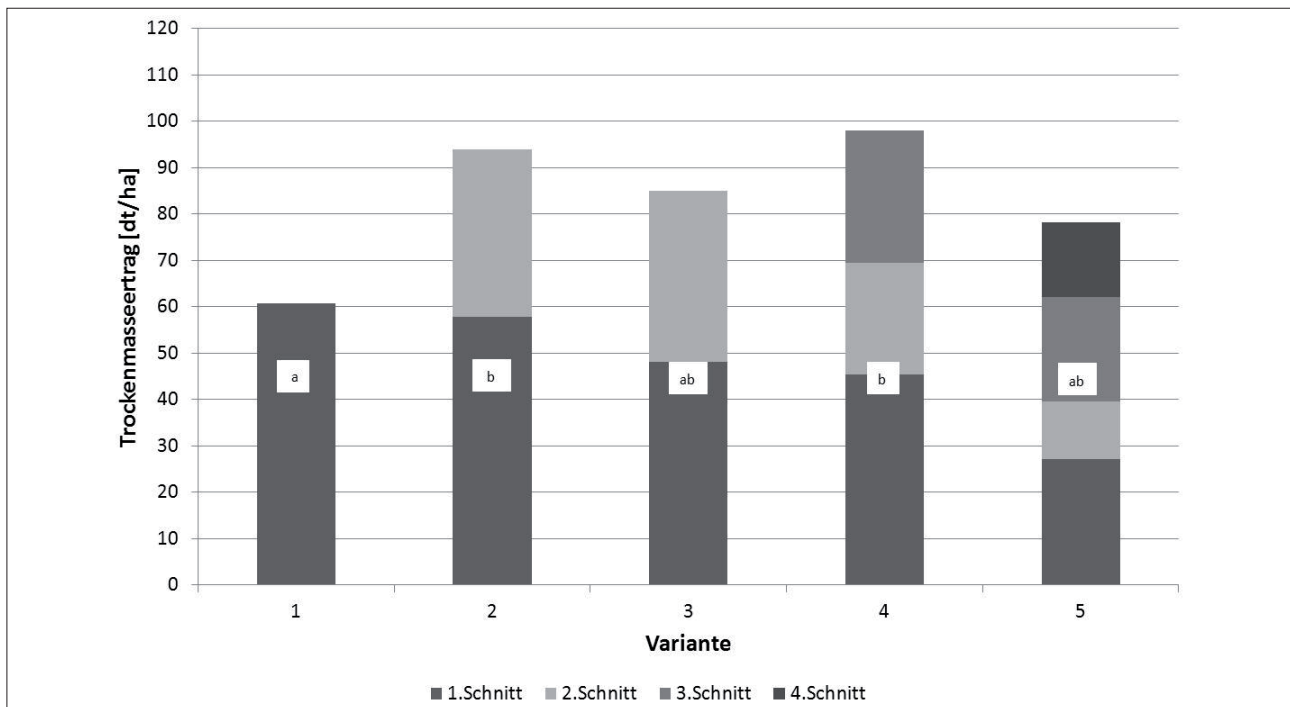


Abbildung 2: Mittlere Jahrestrockenmasseerträge dargestellt als Summe der Erträge der einzelnen Schnitte aus den Jahren 2009 bis 2011

destens einmal pro Monat eine Probe zur Analyse gezogen wurde. Die gewonnenen Niederschlags- und Sickerwasserproben wurden im Labor der LFZ Raumberg-Gumpenstein analysiert. Mittels Ionenchromatografie und Photometer wurden die Inhaltsstoffe  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  und P ermittelt.

### Auswertung

Die statistische Verrechnung der mittleren jährlichen Trockenmasseerträge, sowie der Nährstoffkonzentrationen in den Wasserproben erfolgte mit dem Statistikpaket SAS unter Anwendung eines multiplen Mittelwertvergleichs mit der Methode LSD (SAS INSTITUTES 2000). Unterschiedliche Kleinbuchstaben bedeuten signifikante Differenzen der Mittelwerte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

## Ergebnisse und Diskussion

### Düngung, Erträge und Bestandeszusammensetzung

Die statistische Auswertung der Ertragsdaten weist nur signifikante ( $\alpha=0,05$ ) Unterschiede zwischen den Varianten über die Jahre hinweg auf. Wie in *Abbildung 2* und *Tabelle 3* ersichtlich, unterscheidet sich lediglich Variante 1 signifikant von 2 und 4, was auf Grund der Einschnittnutzung von Variante 1 relativ eindeutig zu erklären ist. Interpretationen hinsichtlich des Nettoeinflusses von Düngerart, -menge und Nutzungshäufigkeit auf den Ertrag über alle Varianten hinweg lässt die Versuchsanordnung nicht zu, was auch die Statistik belegt. Hinsichtlich Bestandeszusammensetzung zeigt sich über die Jahre hinweg bei allen Varianten eine Zunahme des Gräseranteils bzw. eine beträchtliche Abnahme des Kleeanteils, was sich vor allem

Tabelle 4: N-Bilanzen und N-Frachten im Sickerwasser in den Jahren 2009-2011

Jahr	Variante	N Klee <sup>1</sup>	N-Zufuhr <sup>2</sup>	N-Abfuhr	Saldo	N-Fracht <sup>3</sup>
		kg/ha				
2009	1	12	61	116	-55	2,52
	2	42	128	142	-14	3,66
	3	41	117	134	-17	18,49
	4	84	188	206	-18	1,97
	5	70	200	255	-55	3,86
2010	1	3	38	119	-81	0,42
	2	8	67	152	-85	0,34
	3	24	95	128	-33	1,36
	4	7	103	178	-75	1,15
	5	30	151	177	-26	4,49
2011	1	1	49	78	-29	0,15
	2	5	92	83	9	0,13
	3	9	72	100	-28	0,84
	4	3	99	130	-31	0,68
	5	4	135	148	-13	3,17

<sup>1</sup> N-Eintrag aus dem Klee (ermittelt nach KLOPF 2012)

<sup>2</sup> N-Zufuhr setzt sich zusammen aus N-Deposition aus dem Niederschlag (8, 10 und 7 kg  $\text{N}_{\text{anorg}}$  jeweils im Jahr 2009, 2010 und 2011) N aus der Düngung und N-Eintrag aus dem Klee abzüglich N-Ausbringungsverluste laut Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006).

<sup>3</sup> N-Fracht im Sickerwasser entspricht  $\text{N}_{\text{anorg}} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$

auf die N-Zufuhr und damit auf die N-Bilanz auswirkt. Dieser Effekt ist wie auch beim Ertrag hauptsächlich auf die Beeinflussung durch Düngungs- und Nutzungskombinationen und unterschiedliche Erntezeitpunkte zu erklären.

## N-Bilanzierung

Bei der N-Bilanzierung wurde die N-Abfuhr (errechnet aus dem N-Gehalt der Biomasse multipliziert mit dem Jahrestrockenmasseertrag) mit der N-Zufuhr (errechnet aus der Summe der Deposition aus dem Niederschlag, der Düngung und des Eintrages über den Klee) verrechnet. Bei der Bewertung der N-Salden ist besonders darauf zu achten, dass bei der Gesamtstickstoffzufuhr über die Jahre und die Varianten hinweg die N-Zufuhr über den Klee den höchsten Betrag ausmacht. Während die N-Düngung (bis auf Rottemist/Jauche 2010) annähernd über die Jahre gleich blieb, sind der Kleeanteil und der damit verbundene N-Eintrag eklatant gesunken. Bei Variante 4 und 5 zum Beispiel sank der Anteil von anfänglich 84 bzw. 70 kg N-Eintrag aus dem Klee auf 3 und 4 kg im Jahr 2011 ab (Tabelle 4). Da die N-Bilanzierung nur für die mit Lysimeter ausgestatteten Wiederholungen durchgeführt wurde, konnte keine statistische Analyse durchgeführt werden. Es zeigt sich aber, dass bis auf Variante 2, die im Jahr 2011 eine positive N-Bilanz hatte, alle Salden teilweise beträchtlich negativ ausfallen. Negative Salden weisen auch die N-Bilanzen in den Untersuchungen von DIEPOLDER und RASCHBACHER (2011c) auf, die selbst bei der Variante mit 230 kg N Düngung aus Gülle negativ blieb. Der N-Saldo von Variante 2 im Jahr 2011 ist auch nur deshalb positiv, weil der Ertrag in diesem Jahr trotz erhöhter Düngung (50% mehr als Variante 1) im Vergleich nur geringfügig erhöht war. Betrachtet man alle Salden, fällt auf, dass es keinen über die Jahre eindeutigen Zusammenhang zwischen Düngung, N-Zufuhr und N-Saldo gibt. Das hängt zum einen von der Änderung der Bestandeszusammensetzung ab, aber auch von kompensatorischen bzw. kombinierten Effekten von Düngung und Nutzung.

## N-Fracht, Nitrat- und Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser

In Tabelle 4 und 5 sind für die einzelnen Varianten die N-Fracht bzw. die Nitrat- und Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser dargestellt. Auffallend ist, dass die Variante 2 im Jahr 2009 eine überdurchschnittlich hohe Fracht von rund 18 kg N/ha aufweist. Da die Nitratkonzentration nicht ungewöhnlich hoch ist, muss der Grund in der Höhe des Sickerwasseranfalls gegeben sein. Sieht man sich den überproportionalen Sickerwasseranfall im Monat März von über 1500 mm an, kann die hohe N-Fracht relativ einfach erklärt werden (Abbildung 3 und 4). Diese hohe Sickerwassermenge ist zur Schneeschmelze angefallen, welche in diesem Jahr durch rasches Abschmelzen kombiniert mit Makroporenfluss erreicht wurde. Die Varianten unterscheiden sich in der N-Fracht über die Jahre hauptsächlich in der absoluten Menge, die bis auf die Variante 2 im Jahr 2009 bei maximal 4,5 kg N/ha lag. Dieser Wert deckt sich mit Untersuchungen von DIEPOLDER und RASCHBACHER 2011c, die ähnliche Werte bei Gülledüngung erzielten. Im Vergleich der Varianten über die Jahre, kann wie schon bei den N-Salden kein Zusammenhang zwischen Düngung, N-Zufuhr und N-Fracht erkannt werden. Die Gründe sind die gleichen wie bei den Salden. Die statistische Analyse der Nitratkonzentrationen zeigt, dass es sowohl zwischen den Jahren als auch zwischen den Varianten in den jeweiligen Jahren signifikante ( $\alpha=0,05$ ) Unterschiede gibt. Betrachtet man die einzelnen Varianten,

Tabelle 5: Mittlere Nitrat- und Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser in den Jahren 2009-2011

Jahr	Variante	Probenumfang	Nitratgehalt mg/l	SF	P-Gehalt mg/l	SF
2009	1	40	0,90 a	0,33	0,08b	0,02
	2	48	1,36 ab	0,30	0,01a	0,02
	3	58	1,94 b	0,27	0,07b	0,02
	4	42	1,68 ab	0,32	0,08b	0,02
	5	37	3,68 c	0,34	0,00a	0,02
2010	1	29	0,38 a	0,28	0,01a	0,01
	2	27	0,46 ab	0,29	0,00a	0,01
	3	29	0,67 ab	0,28	0,00a	0,01
	4	25	1,22 b	0,31	0,00a	0,01
	5	26	4,65 c	0,30	0,00a	0,01
2011	1	16	0,69 a	0,30	0,01a	0,00
	2	20	0,14 a	0,27	0,00a	0,00
	3	19	0,78 a	0,27	0,00a	0,00
	4	21	0,77 a	0,26	0,01a	0,00
	5	20	3,23 b	0,27	0,00a	0,00

Mittelwerte die mit demselben Buchstaben versehen sind, sind nicht signifikant ( $\alpha=0,05$ ) verschieden.

kann zumindest bei der Variante 1 und 5 ein eindeutiger Zusammenhang der Düngungs- und Nutzungskombination mit der Nitratkonzentration über die Jahre hinweg hergestellt werden. Da bei den Varianten 2 und 3 (gleiche Schnittanzahl, unterschiedliche Düngerart und -menge) schnell lösliche N-Anteile aber auch nachwirksame Anteile vorhanden sind, gibt es keine Unterschiede. Wie bei der N-Fracht bestätigen die Ergebnisse dieser Studie auch jene von DIEPOLDER und RASCHBACHER 2011c, die Nitratkonzentrationen bei Gülledüngung im Mittel von 1,3 bzw. bei Stallmistdüngung von 1,7 mg/l ermittelten. Die zusätzlich erfasste Phosphorkonzentration im Sickerwasser liegt bis auf das Jahr 2009 im Bereich von 0,01 mg/l was sich mit Ergebnissen aus früheren Untersuchungen (BOHNER und EDER 2006) deckt. Die statistische Betrachtung der Phosphorkonzentration weist bis auf Variante 1, 3 und 4 im Jahr 2009 keine Unterschiede aus, und zeigt daher auch keinen Zusammenhang der Düngungs- und Nutzungskombination mit der Phosphorkonzentration über die Jahre hinweg.

## Literatur

- BMLFUW, 2006: Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz. 6. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 80 S.
- BOHNER, A. und G. EDER, 2006: Boden- und Grundwasserschutz im Wirtschaftsgrünland. Seminar Umweltprogramme für die Landwirtschaft, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 53-64.
- DIEPOLDER, M. und S. RASCHBACHER, 2011a: Versuchsergebnisse zur Terminierung der Güllegaben bei Grünland. In: Tagungsband Internationale Tagung „Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, 61-65, Hsg. Elsässer, Diepolder, Huguenin-Eli, Pötsch, Nußbaum, Meßner, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg.
- DIEPOLDER, M. und S. RASCHBACHER, 2011b: Nitratbelastung unter Grünlandflächen – Versuchsergebnisse aus Bayern. In: Tagungsband Internationale Tagung „Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grün-

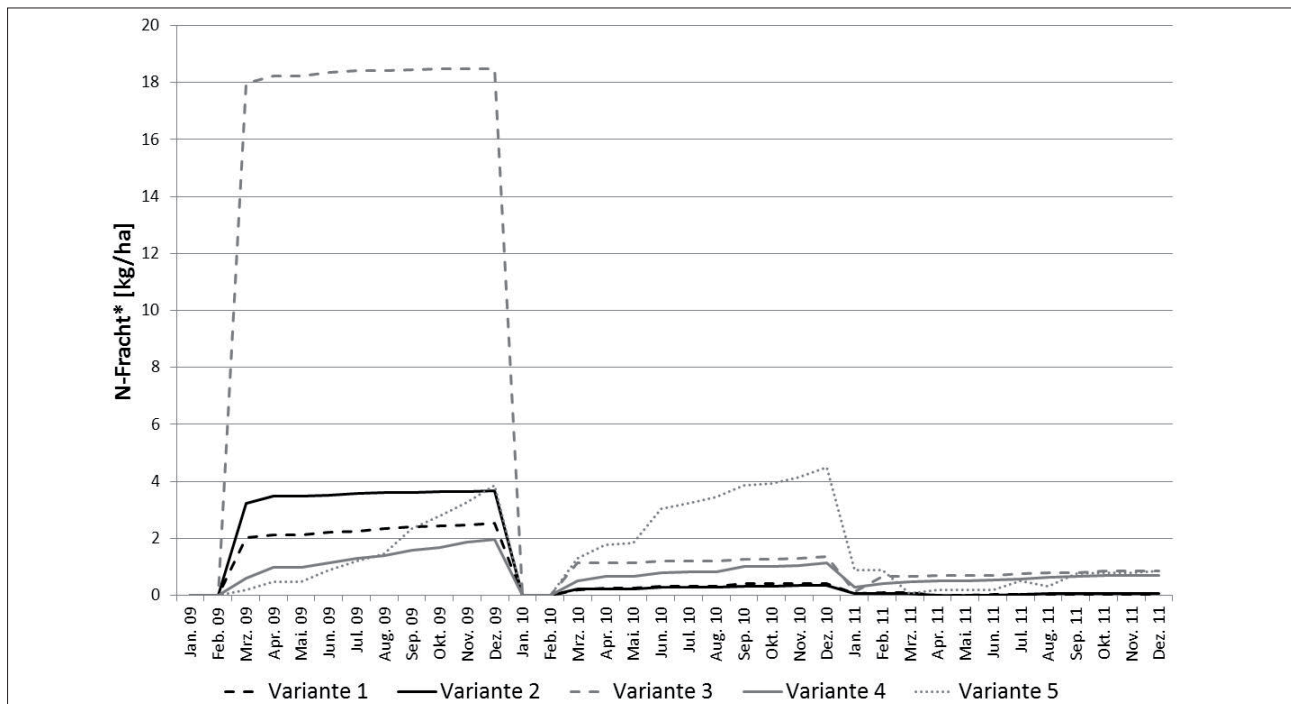


Abbildung 3: Kumulierte monatliche N-Fracht ( $N_{\text{anorg}}$ ) im Sickerwasser; \*N-Fracht entspricht  $N_{\text{anorg}} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$

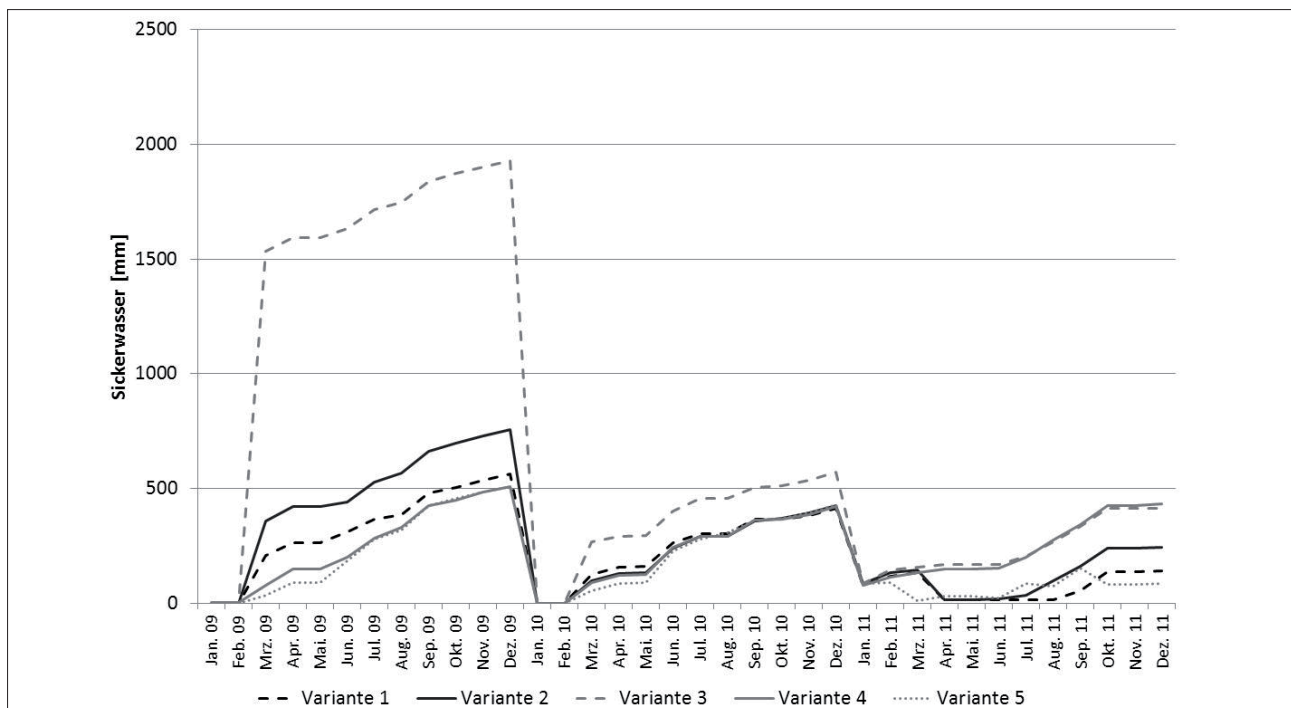


Abbildung 4: Kumulierte monatliche Sickerwassermenge

land, 190-194, Hsg. Elsässer, Diepolder, Huguenin-Eli, Pötsch, Nußbaum, Meßner, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg.

DIEPOLDER, M. und S. RASCHBACHER, 2011c: Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung. Schule und Beratung, Heft 3-4/11, III-18-23. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

EDER, G., 2000: Stickstoffauswaschung schwankt stark. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 2, 34-35.

KLOPF, K. 2012: Einfluss unterschiedlicher Düngungsintensitäten auf standortbedingte Nährstoffauswaschungen im Feldfutterbau. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 159 S.

NAUMANN, C., R. BASSLER, R. SEIBOLD und C. BARTH, 1997: Methodenbuch, Band 3: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

SAS INSTITUTE INC, 2000: SAS/STAT user's guide. Cary, NC, USA.