

Versuchsergebnisse zur Wirkung unterschiedlicher Grünlanddüngung auf Ertrag, Futterqualität, N-Bilanz und Nitratkonzentration des Sickerwassers

M. Diepolder, S. Raschbacher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Michael.Diepolder@LfL.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Ziel einer optimalen Düngung im Wirtschaftsgrünland ist es, den Ertrag und die Qualität des Futters nachhaltig zu sichern bzw. zu verbessern, Nährstoffe effizient einzusetzen und Umweltbelastungen zu vermeiden. Bei intensiver Schnittnutzung werden in Gunstlagen hohe Nährstoffmengen abgefahren, was in der Bemessung der Düngung entsprechend zu berücksichtigen ist. Unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes ist von Interesse, ob und inwieweit mit einem - pflanzenbaulich gerechtfertigten - hohen Düngereinsatz auch das Risiko von Stoffausträgen mit dem Sickerwasser zunimmt. Im Fokus steht dabei der Stickstoff bzw. das Nitrat. Werden intensiv genutzte Grünlandflächen nur wenig oder gar nicht mit Stickstoff versorgt, gilt es, Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Pflanzenbestände einerseits und den Gewässerschutz andererseits zu quantifizieren bzw. gegeneinander abzuwägen.

Die hier vorgestellten Versuchsergebnisse sollen dabei Zusammenhänge aufzeigen. Sie können u.a. auch Hinweise darauf geben, ob bei Intensivgrünland mit einer Verschlechterung der Nitratbelastung des Grundwassers zu rechnen ist, wenn Güllemengen in Höhe der sogenannten „230er-Regelung“ nach der Düngeverordnung (DÜV, BUNDESGESETZBLATT, 2007) ausgebracht werden.

Material und Methoden

Der Versuch mit fünf Varianten (Tab. 1) in vierfacher Wiederholung wurde in den Jahren 2000 – 2004 im Alläuer Alpenvorland am Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, 1290 mm ø Jahresniederschlag, 7,0 °C Jahresdurchschnittstemperatur; Parabraunerde aus schluffigem Lehm, native weidelgrasreiche Wiese; in 0 – 10 cm Tiefe 6,4 % Humus, C/N

9,4:1, pH 6,2, CAL- P_2O_5 und $-K_2O$ in Versorgungsstufe B) durchgeführt. Die botanischen Aufnahmen erfolgten zu Versuchsbeginn und –ende bei einer Wiederholung.

Zu vermerken ist, dass mit Ausnahme der ungedüngten Kontrolle 1 alle vier gedüngten Varianten sich kaum in der Höhe der P- und K-Zufuhr, jedoch deutlich in der Höhe der N-Zufuhr unterscheiden. Dabei entspricht bei der ausschließlich organisch gedüngten Variante 4 eine N-Ausbringung über Gülle in Höhe von 230 kg N/ha der Obergrenze der „230-er Regelung“ nach DüV für Intensivgrünland.

Bei allen Aufwüchsen wurden die TM-Erträge von allen 20 Einzelparzellen sowie die Rohfaser-, Rohprotein-, und Rohaschegehalte anhand von Mischproben bestimmt. Die Energiekonzentration wurde aus den Rohnährstoffen berechnet. Zur Berechnung der durchschnittlichen Nährstoffkonzentrationen in Tabelle 2 wurde der Ertragsanteil der einzelnen Aufwüchse am Jahresertrag berücksichtigt.

Tab. 1: Versuchsvarianten und gedüngte Nährstoffe

Vari- ante	Beschreibung ¹⁾	Gedüngte Nährstoffe in kg/ha			
		N _{gesamt}	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	Ohne Düngung (Kontrolle)	0	0	0	0
2	KAS, Superphosphat, Kornkali	200 (4 x 50)	100	220	85 ²⁾ min.
3	KAS, Superphosphat, Kornkali	300 (4 x 75)	100	220	85 ²⁾ min.
4	Gülle mit Ø 4,3 TS (4 x 25 m ³ /ha)	230	110	230	25 ²⁾ org.
5	Stallmist mit Ø 24 TS (150 dt/ha Herbst + 80 dt/ha nach 1. Schnitt)	125	105	220	20 ²⁾ org.

¹⁾ Variante 1 mit 3 Schnitten/a, 1. Schnitt ø am 17.Mai; Varianten 2 – 5 mit 4 Schnitten/a, 1. S. ø am 12. Mai

²⁾ Abgeleitet nach Literaturangaben (Werte sind daher als „ca.“ zu verstehen)

Das Bodenwasser wurde mittels dauerhaft in den Boden installierten Keramik-Saugkerzen (je vier pro Variante in 60 und 80 cm Bodentiefe), an die mehrmals pro Tag ein Unterdruck von 0,5 bar angelegt wurde, kontinuierlich aufgefangen. Die Wasserproben wurden alle zwei bis drei Wochen auf die enthaltenen Nitrat-, Phosphor- und Schwefelkonzentrationen untersucht, begleitend dazu erfolgte eine Nährstoffbestimmung im Leitungswasser am Spitalhof. Zur groben Quantifizierung von jährlichen Nährstofffrachten wurde bei der mittleren jährlichen Sickerwassermenge (ca. 630 l/ha) auf Literaturschätzwerte zurückgegriffen. Die statistische

Verrechnung erfolgte mit dem Statistikpaket SAS unter Anwendung des SNK-Tests bei $\alpha = 0,05$.

Ergebnisse und Diskussion

Botanisch unterschieden sich die fünf Varianten teilweise in ihrer Artenzahl, vor allem aber in ihrem Artenanteil in der Frischmasse, damit im Futterwert (Tab. 2). Fehlende Düngung (Var. 1) senkte durch eine empfindliche Reduktion von Deutschem Weidelgras bzw. durch einen hohen Krautanteil, davon über die Hälfte Spitzwegerich, den Futterwert des Pflanzenbestandes deutlich. Der grasreichste und aus pflanzenbaulichster Sicht hochwertigste Bestand war bei Variante 3 mit der höchsten N-Düngung zu verzeichnen. Mineralische N-Düngung reduzierte den Klee stark.

Tab. 2: Botanische Zusammensetzung und mittlere Futterwertzahl (Mittel 1999, 2000/04)

Variante	Artenzahl	Deutsches Weidelgras	Σ Gräser	Σ Klee	Σ Kräuter	FWZ ¹⁾
in % FM 1. Aufwuchs						
1	17	19	32	12	56	5,1
2	16	69	87	1	12	7,3
3	11	77	94	<1	6	7,5
4	12	68	84	6	10	7,4
5	16	58	78	8	14	7,2

¹⁾ Ø Futterwertzahl (nach KLAPP et. al.) im ersten Aufwuchs

Tab. 3: Erträge und mittlere Futterqualität (Mittel 2000 – 2004)

Variante	Ertrag			Konzentration ¹⁾		
	TM (dt/ha)	Rohprotein (kg/ha)	Energie (GJ NEL/ha)	Rohfaser (g/kg TM)	Rohprotein (g/kg TM)	Energie (J NEL/kg TM)
1	57,18 d	617 d	35,78 d	232 b	108 b	6,25 a
2	114,49 b	1585 b	68,33 b	250 ab	138 a	5,97 b
3	130,84 a	1926 a	77,82 a	260 a	147 a	5,94 b
4	95,09 c	1330 bc	57,73 c	237 b	142 a	6,06 b
5	85,55 c	1246 c	52,38 c	232 b	145 a	6,10 b

¹⁾ Gemittelt unter Berücksichtigung der Ertragsanteile einzelner Schnitte

Die gewählte Art und Höhe der N-Düngung beeinflusste die Erträge (Tab. 3) erheblich. Dabei wurden bei Variante 3 gegenüber der ungedüngten Kontrollvariante 1 rund der 2,3fache TM- bzw. 2,2fache Energie-Ertrag und der 3,1fache Rohprotein-Ertrag erzielt. Es fällt zudem das relativ niedrige Ertragsniveau der Güllevariante 4 auf. Dies nicht nur im Vergleich zur Mineraldüngervariante 2 sondern insbesondere auch im Vergleich zu anderen Versuchen mit Gülledüngung am Standort (u.a. DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2010), wo trotz teilweise niedrigerer Aufwandmengen TM-Erträge von ca. 105-115 dt /ha im mehrjährigen Mittel erzielt wurden. Hierfür kann keine völlig schlüssige Erklärung gegeben werden. Die gedüngten Vierschnittvarianten 2-5 zeigten bei den Inhaltstoffen bei der RP- bzw. Energiekonzentration keine signifikanten Unterschiede, nur geringfügige beim Rohfasergehalt, der mit zunehmendem N-Einsatz tendenziell anstieg.

Tab. 4: N-Bilanzierung (Mittel 2000 - 2004)

Variante	Düngung	Verlust Ausbringung Org. Dg. ¹⁾	N über Klee ²⁾ in kg N/ha	Abfuhr	Saldo
1	0	0	48	- 99	-51
2	200	0	8	-254	-46
3	300	0	2	-308	- 6
4	230	-40	24	-216	- 2
5	125	-18	32	-199	-60

¹⁾ Anrechnung von Nährstoffverlusten in Anlehnung an Düngeverordnung (DüV)

²⁾ Berechnung: Kleeanteil (% FM) im 1. Aufwuchs x 4 kg N/ha

Tab. 5: Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (Mittel 2000 – 2004)

Variante	Probenzahl	Ø Nitratgehalt ²⁾	90% / 99%-Quantilen ³⁾
	n	in mg NO ₃ /l	
1	748	0,39 d	0,64 / 3,90
2	737	2,10 b	4,48 / 29,79
3	723	3,09 a	7,17 / 46,79
4	708	1,30 c	1,24 / 20,08
5	756	1,70 bc	3,06 / 22,49
[LW ¹⁾	200	7,18	11,86 / 16,80]

¹⁾ Leitungswasserproben am Spitalhof/Kempton zum Vergleich

²⁾ Unterschiedliche Buchstaben: bedeuten signifikant verschiedenen Mittelwerte bei $\alpha = 5\%$

³⁾ Bedeutet: 10 % bzw. 1 % der Proben liegen über dem Wert

Der Vergleich der Erträge und Rohproteingehalte (Tab. 3) der gedüngten Varianten deutet an, dass im Bereich unterbilanzierter Düngung leicht verfügbarer Stickstoff in erster Linie zu einer Zunahme an Biomasse führte, was auch aus den Ergebnissen von DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2010 hervorgeht. Bei der ungedüngten Kontrollvariante fiel – bei verminderter Nutzungsfrequenz – der Rohproteingehalt signifikant ab, jedoch wurde im Erntegut die höchste mittlere (rechnerische) Energiekonzentration gemessen. Dies war sowohl auf den niedrigen Rohfasergehalt des krautreichen Pflanzenbestandes (s. Tab. 2) als auch auf einen niedrigeren Rohaschegehalt (nicht explizit dargestellt) zurückzuführen. Dieser lag bei Variante 1 im Durchschnitt bei 7,8 % in der TM, dagegen bei den Varianten 2 - 5 bei ca. 9,2 - 9,8 % in der TM.

Tabelle 4 zeigt, dass zwischen den fünf Varianten zwar erhebliche Unterschiede im N-Saldo bestanden, jedoch keine Düngungsstufe eine positive N-Bilanz erreichte. Dies trifft sowohl für Variante 3 mit relativ hohem mineralischem N-Einsatz als auch für die „230-er“-Variante 4 mit der bereits vorher erwähnten suboptimalen N-Umsetzung zu.

Die Höhe des N-Saldos (Tab. 4) stand nicht in direkter Beziehung zum Nitratgehalt des Sickerwassers (Tab. 5). Dagegen wirkte sich die Höhe des N-Einsatzes als solche teilweise signifikant auf die mittlere Nitratkonzentration sowie auf gewisse Nitratspitzen aus, was an den 90 %- bzw. 99 %-Quantilen ablesbar ist. Allerdings fiel das absolute Niveau der Nitratwerte Werte sehr niedrig aus, demnach auch mit unter 5 kg N/ha die daraus kalkulierte jährliche N-Fracht über das Sickerwasser.

Tab. 6: Phosphor- und Schwefelkonzentration im Sickerwasser, (Mittel 2000-2004)

Variante	Proben- zahl	Ø Phosphor- gehalt	90% / 99%- Quantilen	Proben- zahl	Ø Schwefel- gehalt	90% / 99%- Quantilen
	n	in mg P/l		n	in mg S/l	
1	749	0,06 a	0,11 / 1,03	752	0,68 c	0,99 / 5,47
2	740	0,05 a	0,09 / 0,94	742	8,48 a	18,79 / 38,75
3	723	0,07 a	0,07 / 0,96	729	7,71 b	17,41 / 34,05
4	706	0,04 a	0,08 / 0,52	707	0,66 c	1,08 / 2,66
5	747	0,06 a	0,13 / 0,62	748	0,92 c	1,60 / 4,31
[LW	200	0,03	0,04 / 0,36	200	3,88	5,73 / 9,03]

Im Gegensatz zum Nitratgehalt unterschieden sich die P-Konzentrationen des Sickerwassers (Tab. 6) nicht voneinander. Der mittlere P-Gehalt der 3 665 untersuchten Wasserproben des Gesamtversuchs lag bei 0,056 mg P/l und damit etwas höher als der P-Gehalt im Leistungswasser. Daraus wurde ein mittlerer P-Austrag des Grünlandversuchs von rund 0,35 kg P/ha bzw. 0,8 kg P₂O₅/ha abgeleitet.

Die S-Konzentrationen des Sickerwassers unterschieden sich dagegen signifikant voneinander. Diesbezüglich stellten bereits DIEPOLDER ET AL. (2006) in einer ersten Auswertung der Versuchsdaten fest, dass zwischen Art und Höhe der S-Zufuhr, dem Ertragspotenzial bzw. dem S-Entzug und der Auswaschungsgefährdung von Schwefel ein enger Zusammenhang besteht. So ließen sich die mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum ausgetragenen Schwefelfrachten bei fehlender oder organischer Düngung auf jährlich deutlich unter 10 kg/ha quantifizieren. Sie stiegen jedoch bei den Varianten 2 und 3, bei denen die S-Zufuhr in Höhe von ca. 85 kg/ha (Tab. 1) als leicht lösliches Sulfat über die PK-Düngung erfolgte und damit erheblich über der S-Abfuhr (geschätzt ca. 35 – 40 kg/ha) lag, auf jährlich rund 50 kg S/ha an.

Schlussfolgerungen

Unter leistungsfähigen Grünland mit Schnittnutzung blieb der Nitratgehalt im Sickerwasser sowohl bei einem Einsatz von 230 kg N/ha über Gülle als auch bei hohem, jedoch nicht überbilanzierten mineralischem N-Aufwand auf sehr niedrigem Niveau. Dagegen führte eine überhöhte S-Düngung zu entsprechenden Zunahmen der Schwefelkonzentration im Sickerwasser bzw. der S-Frachten.

Literatur

- BUNDESGESETZBLATT (2007): Bekanntmachung der Neufassung der Düngeverordnung vom 27. Februar 2007. Bundesgesetzblatt Teil I, 221 – 240, ausgegeben zu Bonn am 5. März 2007.
- DIEPOLDER, M., JAKOB, B., HEIGL, L. (2006): Untersuchungen zur Schwefelbelastung des Sickerwasser unter Dauergrünland. Tagungsband der 50. Jahrestagung der AGGF, 170-173, LfL-Schriftenreihe 17/2006.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S. (2010): Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf Mineraldüngung – Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? *Schule und Beratung*, 3-4/10, III-13 -19; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2011): Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung – Versuchsergebnisse. *Schule und Beratung*, 3-4/11, III-18 - 23; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.