

Untersuchungen zu Rohproteingehalten und zur Schwefelversorgung von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Praxisflächen

M. DIEPOLDER, S. RASCHBACHER

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

In der leistungsorientierten Milchviehhaltung werden heute Rohproteingehalte vom Grünland von etwa 140-180 Gramm pro Kilogramm Trockenmasse gewünscht. Allerdings streuen die Werte von Grünlandaufwüchsen selbst bei hoher Schnittdensität sehr stark. Im Zusammenhang mit dem Ziel hoher Erträge und Futterqualitäten bei optimaler Düngung wird neben Fragen zur optimalen N-Intensität (TECHOW *et al.*, 2013) u. a. auch die Bedeutung der notwendigen Schwefelversorgung diskutiert (TAUBE *et al.*, 2000; GIERUS *et al.*, 2005, DIEPOLDER, 2003; DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2009). Dabei ergaben sich in der Praxis in der Vergangenheit auch Hinweise auf Schwefelmangel im bayerischen Grünland (RÜHLICKE und RUTZMOOSER, 2000).

Auf der Grundlage von sechsjährig (2009-2014) erhobenen Daten im Rahmen eines Monitorings auf bayerischen Grünlandflächen unterschiedlicher Regionen und Nutzungsintensitäten (HEINZ *et al.*, 2016) wird anhand der gemessenen Stickstoff- und Schwefelgehalte der Aufwüchse bei rund 2000 Proben untersucht, in welchem Bereich die Rohprotein- bzw. Schwefelkonzentrationen streuen. Ebenfalls wird diskutiert, ob sich Indizien für eine suboptimale S-Versorgung des bayerischen Grünlands bei bestimmten Nutzungsintensitäten bzw. Aufwüchsen ableiten lassen.

Material und Methoden

Auf nach geographischer Lage, Nutzungsintensität und Wiesentyp ausgewählten Flächen wurden mittels genau definierter Schnittproben (7 x 1 m² pro Schlag, Abgrenzung der Fläche durch tragbare Rahmen, Schnitt mit elektrischer Rasenkantenschere mit Höhenbegrenzung, Schnitthöhe 5-6 cm, Schnittzeitpunkt max. 2-3 Tage vor der Beerntung durch den Landwirt) die Frisch- und Trockenmasse-Erträge aller Aufwüchse erhoben. Pro Aufwuchs und Fläche wurden in einer Mischprobe die Mineralstoffgehalte (N, P, K, Mg, Ca, S, Na, Zn) im getrockneten Grüngut nach Methoden der VDLUFA nasschemisch – dabei N nach Dumas - bestimmt. Die Bestimmung des Rohproteingehalts (XP) erfolgte anhand des N-Gehalts ($XP = N \times 6,25$).

Aus dem gemessenen Stickstoff- und Schwefelgehalt (Gesamt-S) wurde für jede Probe das N:S-Verhältnis ermittelt. In Anlehnung an Rühlicke und Rutzmooser (2000) wurde der anorganische Schwefelgehalt (S_{anorg}) aus den Gehalten an Gesamtschwefel und Rohprotein errechnet [$S_{anorg} = S_t - (XP \times 0,005)$]. Dabei ist $XP \times 0,005$ näherungsweise der an Aminosäuren (Methionin, Cystin) gebundene Schwefel.

Die Daten wurden auf Plausibilität geprüft und unvollständige Datensätze von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. In Anlehnung an Literaturangaben (siehe Ergebnisse und Diskussion) wurde zudem versucht, die Rohprotein- und Schwefelgehalte bzw. das N:S-Verhältnis in Hinblick auf pflanzenbauliche und tierische Bedarfsnomen zu klassifizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Rohproteingehalte

Die mittleren Rohproteingehalte lagen in Abhängigkeit von Nutzungsintensitätsstufe und Aufwuchs in einem weiten Bereich von ca. 102 bis 205 g XP/kg TM (Tab. 1). Dabei wurden meist in der zweiten Vegetationshälfte deutlich höhere mittlere Rohproteingehalte als im Frühjahr gemessen.

Generell nahmen die mittleren Rohproteingehalte mit zunehmender Nutzungsintensität (Schnitte pro Jahr) zu, wobei der Anstieg der Jahresmittel bis zu einer Intensität von fünf Schnitten signifikant war (Tab. 1, unten). Es fällt zudem auf, dass die Streuung (Standardabweichung) um den jeweiligen Mittelwert bei den Dreischnittwiesen am höchsten war.

Unterstellt man in Anlehnung an Literaturquellen (PACHECO und WAGHORN, 2008; TECHOW *et al.*, 2013; LFL, 2015) sowie nach dem Gehaltsziel bayerischer Grassilagen (ca. 160-170 g XP/kg TM, SCHUSTER, LFL, pers.

Mitteilung) Rohproteingehalte von 150-200 g XP/kg TM als „Optimalkorridor“ zur Rationsgestaltung hochleistender Milchkühe, so erreichten bei dreischnittigem Grünland nur rund ein Drittel der Aufwüchse diese Zielvorgabe (Tab. 2). Mit höherer Nutzungshäufigkeit steigt dieser Anteil stark an, hier liegen bei über der Hälfte der Proben optimale Rohproteingehalte vor. Allerdings wiesen die Aufwüchse intensiv genutzter Grünlandflächen (> 3 Schnitte pro Jahr) immer noch einen nicht unerheblichen Anteil suboptimaler (< 150 g XP/kg TM), daneben aber auch sehr hoher (> 200 g XP/ha) Rohproteingehalte, auf.

Tabelle 1: Rohprotein-Gehalte [in g XP/kg Trockenmasse (TM)] im Jahresverlauf und im nach Ertragsanteil der Aufwüchse gewichteten Jahresmittel bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands (Mittel 2009-2014; \pm Standardabweichung ¹⁾)

Aufwuchs	Nutzungsintensität (Schnitte a ⁻¹)											
	1		2		3		4		5		6	
1.	102	± 16	116	± 25	132	± 36	154	± 31	160	± 30	176	± 28
2.			144	± 26	135	± 26	147	± 25	159	± 30	177	± 35
3.					155	± 26	155	± 26	170	± 31	170	± 34
4.							163	± 28	188	± 26	177	± 26
5.							185	± 29	205	± 27	197	± 31
6.											197	± 33
$\Delta_{A.1-6}$	-		28		23		31		58			
$\bar{\varnothing}$	102	± 16 e	123	± 23 d	136	± 31 c	157	± 19 b	172	± 19 a	179	± 23 a
n ²⁾	18		62		131		176		122		28	

¹⁾ Unterschiedliche Buchstaben unter der Standardabweichung bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Nutzungsintensitätsstufen (SNK-Test bei $\Delta = 0,05$)

²⁾ Anzahl (n) bedeutet die Anzahl der vollständigen Schnittproben, so lagen z.B. bei Vierschnittwiesen 176 vollständige Ertragserfassungen im sechsjährigen Untersuchungszeitraum (2009-2014) vor.

Tabelle 2: Eingruppierung der Rohprotein-Gehalte (alle Aufwüchse) nach Nutzungsintensität

Nutzungsintensität (Schnitte a ⁻¹)	Proben (n)	Anteil in Prozent (gerundet) der Proben je Intensitätsstufe			
		Rohprotein-Gehalt (g XP/kg TM)			
		< 100	100-150	> 150 - < 200	≥ 200
1	18	44	56	0	0
2	122	16	57	25	1
3	391	7	58	32	3
4	694	2	32	55	10
5	609	1	20	54	25
6	167	0	19	53	28
Mittel	-	4	34	48	14
(n)	(2001)	(79)	(684)	(955)	(283)

Ein hoher Anteil an Aufwüchsen mit eher „niedrigen“ Rohproteingehalten (100-150 g XP/kg TM) bei Grünlandbeständen mit ein bis drei Schnittnutzungen pro Jahr dokumentiert deren Bedeutung für die Fütterung von Milchkühen mit niedrigem Leistungsniveau bzw. Trockenstehern.

Aus pflanzenbaulicher Sicht liegt die Grenze zum N-Mangel in voll expandierten, nicht seneszenten Blättern bei unter 1,5 % N/kg TM (AMBERGER, 1996). Dies entspricht in etwa knapp 100 g XP/kg TM. Derart niedrige Konzentrationen ließen sich meist nur bei Wiesen mit einmaliger, teilweise auch mit zweimaliger Nutzung finden (Tab. 2).

S-Gehalte und Einschätzung der S-Versorgung

Die mittleren Schwefelgehalte (S_{gesamt}) lagen in Abhängigkeit von Nutzungsintensitätsstufe und Aufwuchs in einem weiten Bereich von ca. 1,46 bis 3,27 g S/kg TM (Tab. 3). Wie beim Rohprotein wurden auch beim Schwefel meist in der zweiten Vegetationshälfte deutlich höhere Gehalte als im Frühjahr gemessen und es nahmen die Jahresmittel mit zunehmender Nutzungsintensität zu. Dabei war der Anstieg bis zu einer Intensität von vier Jahresschnitten signifikant (Tab. 3, unten). Es fällt zudem auch beim Schwefel auf, dass die Streuung (Standardabweichung) um den jeweiligen Mittelwert bei den Dreischnittwiesen am höchsten war.

Tabelle 3: S-Gehalte [in g S/kg Trockenmasse (TM)] im Jahresverlauf und im nach Ertragsanteil der Aufwüchse gewichteten Jahresmittel bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands (Mittel 2009-2014; \pm Standardabweichung)

Aufwuchs	Nutzungsintensität (Schnitte a ⁻¹)											
	1		2		3		4		5		6	
1.	1,46	$\pm 0,32$	1,84	$\pm 0,49$	2,08	$\pm 0,64$	2,37	$\pm 0,66$	2,44	$\pm 0,74$	2,46	$\pm 0,58$
2.			2,45	$\pm 0,84$	2,46	$\pm 0,87$	2,58	$\pm 0,64$	2,56	$\pm 0,61$	2,98	$\pm 0,75$
3.					2,94	$\pm 1,74$	2,89	$\pm 0,80$	2,79	$\pm 0,67$	2,52	$\pm 0,52$
4.							3,10	$\pm 0,83$	2,96	$\pm 0,67$	2,95	$\pm 0,80$
5.									3,27	$\pm 0,87$	3,06	$\pm 0,74$
6.											3,15	$\pm 0,83$
Δ A. 1-6	-		0,61		0,86		0,73		0,83		0,69	
\emptyset	1,46	$\pm 0,32$ d	2,00	$\pm 0,58$ c	2,36	$\pm 0,72$ b	2,62	$\pm 0,55$ a	2,72	$\pm 0,52$ a	2,75	$\pm 0,53$ a
n	16		62		131		176		122		28	

Tabelle 4: N:S-Verhältnis im Jahresverlauf bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands (Mittel 2009-2014; \pm Standardabweichung)

Aufwuchs	Nutzungsintensität (Schnitte a ⁻¹)											
	1		2		3		4		5		6	
1.	11,5	$\pm 1,5$	10,4	$\pm 1,9$	10,6	$\pm 2,3$	10,9	$\pm 2,7$	11,1	$\pm 2,7$	12,0	$\pm 3,0$
2.			10,0	$\pm 2,5$	9,5	$\pm 3,0$	9,5	$\pm 2,4$	10,3	$\pm 2,5$	10,1	$\pm 3,6$
3.					9,3	$\pm 2,6$	9,6	$\pm 2,5$	10,2	$\pm 2,6$	11,1	$\pm 2,9$
4.							10,1	$\pm 2,5$	10,7	$\pm 2,9$	10,4	$\pm 3,5$
5.									10,6	$\pm 2,8$	11,2	$\pm 4,6$
6.											10,8	$\pm 3,5$

Tabelle 5: Eingruppierung der Schwefelversorgung in Prozent der Proben des ersten bzw. zweiten Aufwuchses von Grünlandbeständen mit 3-6 Schnitten pro Jahr nach den Kriterien N:S-Verhältnis sowie Gehalt an anorganischem Schwefel [g $S_{\text{anorg.}}$ /kg TM)

Kriterium	Optimal		Möglicher S-Mangel		S-Mangel	
	N:S	$S_{\text{anorg.}}$	N:S	$S_{\text{anorg.}}$	N:S	$S_{\text{anorg.}}$
Aufwuchs	< 12:1	> 1,5	12:1 – 15:1	1,5 – 1,0	> 15:1	< 1,0
1	69 %	50 %	26 %	35 %	5 %	15 %
2	83 %	70 %	13 %	24 %	4 %	6 %

Selbst bei identischer Nutzungsintensität streuten die Einzelwerte generell stark um die jeweiligen Mittelwerte (Tab.3). Zumindest ein Teil der Streuung der S-Gehalte um die Mittelwerte ließ sich bei Drei- bis Fünfschnittwiesen auch auf unterschiedliche Wiesentypen zurückführen, wobei weidelgrasreiche Wiesen etwas höhere mittlere S-Gehalte als Wiesen mit höherem Wiesenfuchsschwanz- bzw. Kräuteranteil aufwiesen.

Schwefelgehalte von 2,0 g S/kg TM gelten in der Rinderfütterung als Orientierungswert für eine Milchviehration (LFL, 2015) und werden mitunter auch als Untergrenze für die pflanzlichen Bedarf genannt; diese Gehalte werden in der Regel mit Ausnahme von Einschnitt-Wiesen und dem ersten Aufwuchs von Zweischnitt-Wiesen erreicht bzw. überschritten.

In Bezug auf die Identifizierung von pflanzenbaulich ertragswirksamen Schwefelmangel ist die absolute Konzentration an Gesamt-S insgesamt allerdings wenig aussagekräftig (TAUBE *et al.*, 2000; siehe hier auch weitere Autoren), wogegen das N:S-Verhältnis als weitaus besseres Mass für die Einschätzung der S-Versorgung der Pflanze gilt. Ein N:S-Verhältnis von unter 12:1 gilt dabei als optimal, dagegen weist ein N:S-Verhältnis über 15:1 auf ertragswirksamen Schwefel hin (TAUBE *et al.*, 2000; VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987). Folgt man dieser Klassifizierung, so zeigen die Monitoringergebnisse eine i.d.R. optimale S-Versorgung mit der Tendenz eines geringfügig weiteren N:S-Verhältnisses beim ersten Aufwuchs, insb. bei sehr hoher Schnittnutzung (Tab. 4). Allerdings wiesen nur rund 5 % der Proben des ersten Aufwuchses von mittel- bis hochintensiv genutzten Grünlandbeständen ein N:S-Verhältnis von über 15:1 und damit ertragswirksamen S-Mangel auf (Tab. 5). Insgesamt lässt sich kein Hinweis auf eine unzureichende S-Versorgung des bayerischen Grünlands ableiten.

Auch ergab sich kein Hinweis darauf, dass für eine leistungsbetonte Milchviehfütterung niedrige Rohproteingehalte auf eine schlechte (N:S > 15:1) oder suboptimale (N:S 12-15:1) S-Versorgung zurückzuführen waren; nur 5,5 % der untersuchten Proben wiesen Rohproteingehalte unter 150 g XP/kg TM sowie ein N:S-Verhältnis von über 12:1 auf. Niedrige Rohproteingehalte waren demnach auf andere Ursachen wie z.B. einen späten Schnitt zurückzuführen.

RÜHLICKE und RUTZMOSER (2000) schlagen in ihren Untersuchungen neben dem N:S-Verhältnis zusätzlich eine Klassifizierung nach dem anorganischen, d.h. dem Sulfatschwefelgehalt vor, wobei Konzentrationen ab 1,5 g $S_{\text{anorg.}}$ /kg TM als optimal gelten, dagegen Gehalte unter 1,0 g $S_{\text{anorg.}}$ /kg TM einen S-Mangel anzeigen. Anhand des Probenmaterials zeigte sich, dass diese Einstufung zu einer etwas strengeren Bewertung der S-Versorgung als das N:S-Verhältnis führt (Tab. 5). Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass der $S_{\text{anorg.}}$ -Gehalt das N:S-Verhältnis wesentlich besser erklärt ($r^2 = 0,67$) als der Gesamt-S-Gehalt ($r^2 = 0,47$).

Schlussfolgerungen

Über 60 % der Aufwüchse bayerischer Praxisflächen wiesen kurz vor der Ernte Rohproteingehalte von über 150 g XP/kg TM im getrockneten Grüngut auf. Niedrigere Rohproteingehalte waren nicht auf mangelnde Schwefelversorgung zurückzuführen. Auf Grundlage der Monitoringergebnisse scheint derzeit im bayerischen Grünland eine ausreichende Schwefelversorgung weitestgehend gesichert zu sein. Die Ergebnisse des sechsjährigen Projekts sind u.a. ein Beitrag zur Validierung von Faustzahlen zur Grünlanddüngung.

Literatur

- AMBERGER, A. (1996): Pflanzenernährung, 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- DIEPOLDER, M. (2003): Aspekte zur Rolle der Schwefeldüngung im Dauergrünland. Schule und Beratung, 7/03, III-9-16. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S. (2009): Schwefeldüngung zu Grünland – Neue Versuchsergebnisse. Schule und Beratung, 4-5/09, III-14-19. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- GIERUS, M., JAHNS, U., WULFES, R., WIERMANN, C., TAUBE, F. (2005): Forage quality and yield increments of intensive management of grassland in response to combined sulphur-nitrogen fertilization. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 55, 264-274, Taylor & Francis.
- HEINZ S., RASCHBACHER S., DIEPOLDER, M., KUHN G. (2016): Erweitertes Ertrags- und Nährstoffmonitoring bayerischer Grünlandflächen. Abschlussbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, März 2016 (unveröffentlicht), 1-107. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft.
- LfL, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Schafe, Ziegen. 38. Auflage 2015. LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- PACHECO, D., WAGHORN, G.C. (2008): Dietary nitrogen – definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 70, 107-116.
- RÜHLICKE, G., RUTZMOSER, K. (2000): Futteranalyse zeigt Schwefelversorgung. Sonderdruck aus Heft 46 des Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblattes vom 18. November 2000, 2 S., BLV-Verlag.
- TAUBE, F., JAHN, U., WULFES, R., SÜDEKUM, K.H. (2000): Einfluss der Schwefelversorgung auf Ertrag und Inhaltsstoffe von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.). Pflanzenbauwissenschaften 4,1/2000, 42-51, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- TECHOW, A., HERRMANN, A., KLUSS, C., BERENDONC, C., DIEPOLDER, M., ELSÄSSER, M., GREINER, B., KAISER, T., NEFF, R., RASCHBACHER, S., WURTH, W., TAUBE, F. (2013): Optimale N-Intensität auf dem Grünland: Funktionale Ableitungen auf Basis eines DLG-Steigerungsversuches. Tagungsband der 57. Jahrestagung der AGGF in Triesdorf/Franken, LfL Schriftenreihe 6/13,164-168.
- VOIGTLÄNDER, G., JAKOB, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer Verlag Stuttgart.