

Optimale N-Intensität auf dem Grünland: Funktionale Ableitungen auf Basis eines DLG-N-Steigerungsversuches

A. Techow^{1,3)}, A. Herrmann¹⁾, C. Kluß¹⁾, C. Berendonk²⁾, M. Diepolder³⁾, M. Elsässer⁴⁾, B. Greiner⁵⁾, T. Kaiser⁶⁾, R. Neff⁶⁾, S. Raschbacher³⁾, W. Wurth⁴⁾, F. Taube¹⁾

¹⁾Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland u. Futterbau/Ökol. Landbau, 24118 Kiel,

²⁾Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 47533 Kleve

³⁾Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 85354 Freising

⁴⁾Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg, 88326 Aulendorf

⁵⁾Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, 06406 Bernburg

⁶⁾Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, 36251 Bad Hersfeld

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist im Zuge der Intensivierung der Milchproduktion ein Trend zu Stallhaltung, Schnittnutzung des Grünlandes und Steigerung des Silomaisanteils in der Ration zu beobachten. Angesichts hoher Kosten für Eiweißkonzentrate sollte Grünland als Eiweißquelle stärker genutzt werden, wie in der Eiweißstrategie gefordert. In der Rationsgestaltung für hochleistende Milchkühe wird ein Rohprotein (XP)-Gehalt von 14-18% als optimal angenommen [5]. Hohe XP-Gehalte von Grünlandaufwüchsen können bei einem hohen Anteil an Nicht-Protein-N, moderater Energiedichte und alleiniger Verfütterung problematisch sein [3]. Bei relevanten Maisanteilen in der Ration ist jedoch zu hinterfragen, ob ein maximaler XP-Gehalt von 18% gerechtfertigt ist und ob nicht auch die N-Düngeempfehlung überdacht werden müsste, die bislang meist nur die Schnittzahl und das Ertragspotential, jedoch nicht die Rationsgestaltung berücksichtigt. Ziel der Untersuchung war es daher, auf Basis eines deutschlandweiten Standortnetzes mit gleicher Versuchsanordnung die optimale N-Intensität von schnittgenutztem Intensivgrünland unter Berücksichtigung pflanzen- und tierbezogener Kriterien abzuleiten. Darüber hinaus sollte der Einfluß der Wahl der Produktionsfunktion analysiert werden, welche bekanntermaßen die optimale N-Düngemenge beeinflusst [1].

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen basieren auf einem 3-jährigen Feldversuch, der 2009 an 5 Standorten (Aulendorf, Baden-Württemberg; Eichhof, Hessen; Iden, Sachsen-Anhalt; Riswick, Nordrhein-Westfalen; Spitalhof, Bayern) als einfaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen etabliert wurde. Die N-Düngung wurde in 6 Behandlungsstufen variiert (0-Gras ohne Weißklee, 0-Gras mit Weißklee, 120, 240, 360, 480 kg N ha⁻¹), appliziert als KAS. Eine Null-N-Grasvariante sollte kleefrei gehalten werden, in den restlichen Varianten wurden zu Versuchsbeginn bzw. während des ersten Versuchsjahres 3 kg ha⁻¹ Weißklee (Sorte Milkanova) nachgesät, um die potentielle Weißkleeleistung am Standort zu erfassen. Die N-Düngung wurde strategisch auf vier Aufwüchse aufgeteilt, im Fall extrem wüchsiger Jahre/Standorte, konnte ein weiterer ungedüngter Herbstaufwuchs geerntet werden. Die Bestände wiesen ein Alter von mindestens vier Jahren auf. Deutsches Weidelgras war mit Anteilen von über 60% an allen Standorten Hauptbestandbildner; eine Ausnahme bildete Aulendorf (24%). Als Kriterien zur Ableitung des optimalen N-Inputs (Mineraldüngung + N-Fixierung) wur-

den drei TM-Produktionsfunktionen (Linear-plus-Plateau, Quadratisch-plus-Plateau mit Grenzertrag 10 kg TM (kg N-Input)⁻¹, exponentielle Funktion mit Grenzertrag 10 kg TM (kg N-Input)⁻¹) geprüft. Als tierbezogener Indikator wurde der XP-Gehalt verwendet und ein Bereich von 14-18 % als optimal angenommen [5]. Weiterhin wurde die N-Aufnahmeeffizienz (N-Ertrag/N-Input) als pflanzen- aber auch umweltrelevanter Indikator mit einem Zielwert von 1, entsprechend einem N-Bilanzsaldo von 0, herangezogen. Die N-Fixierung wurde nach [4] als Funktion von TM-Ertrag, Kleeanteil und Bodenart ermittelt. Futterqualitätsparameter wurden mittels NIRS geschätzt und die ruminale N-Bilanz nach GfE berechnet. Die Statistische Auswertung der Beziehungen zwischen N-Input und den Indikatorwerten erfolgte dahingehend, dass in einem ersten Schritt die Funktionsparameter für jede Ort-Jahr-Block Kombination geschätzt wurden und in einem zweiten Schritt diese Funktionsparameter einer Varianzanalyse unterzogen wurden, wobei der Ort als fix und das Jahr als random angenommen wurde.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Jahres-TM-Erträge zeigten ein relativ ähnliches Niveau, lediglich am Spitalhof wurden mit bis zu 15 t TM ha⁻¹ höhere und in Iden mit 10 t TM ha⁻¹ etwas geringere Erträge realisiert. Mit allen drei Funktionstypen konnte der TM-Ertrag zufriedenstellend (R² > 0.6) quantifiziert werden, anhand der Residuen und statistischer Kenngrößen (R², RMSE) konnte jedoch kein Funktionstyp favorisiert werden. Der N-Ertrag stieg an allen Standorten zunächst erwartungsgemäß linear an, bevor bei einem N-Input von 350 bis über 400 kg N ha⁻¹ (Tab. 1) ein Plateau erreicht wurde. Entsprechend nahm die N-Aufnahmeeffizienz nahezu linear ab (nicht dargestellt).

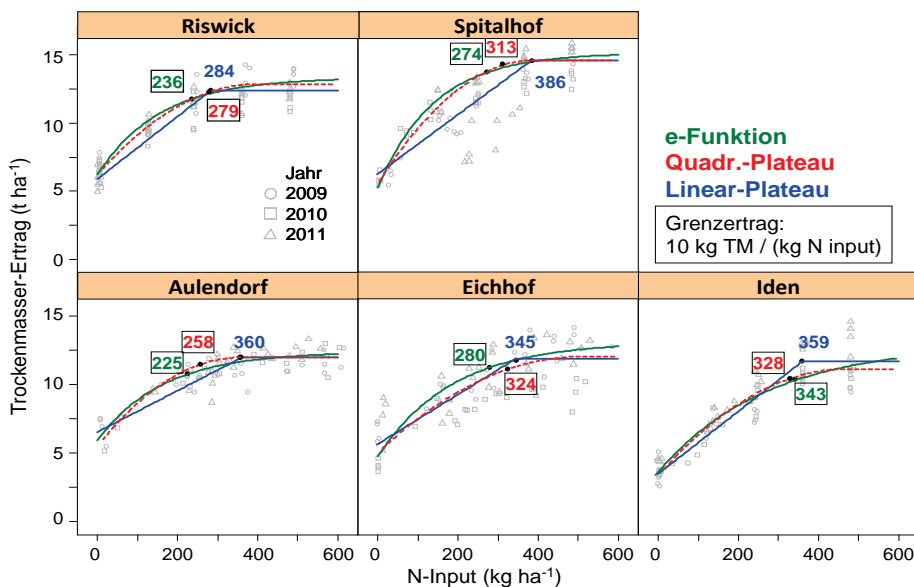


Abb. 1: TM-Produktionsfunktionen und abgeleiteter optimaler N-Input (kg N ha⁻¹) der Standorte.

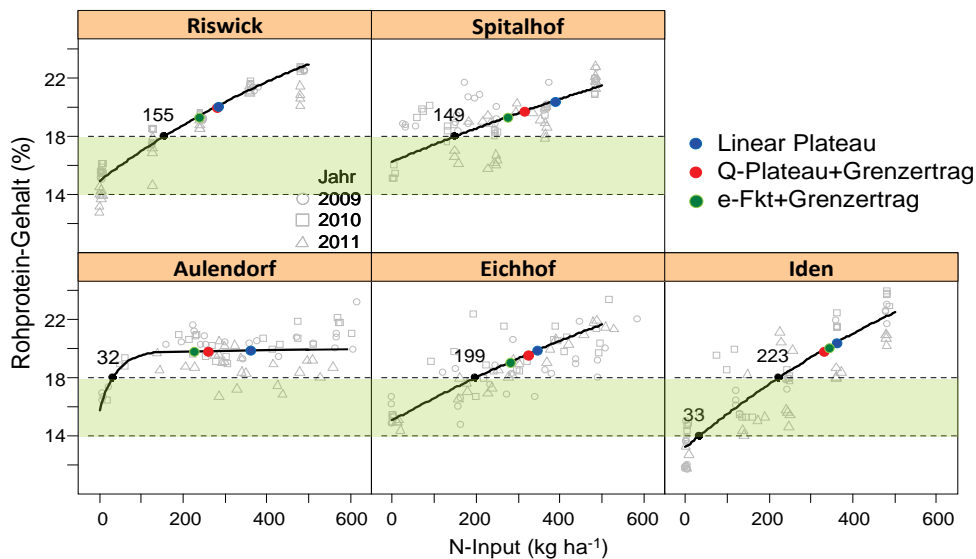


Abb. 2: Mittlerer jährlicher Rohproteingehalt (Zielwert: 18%) und optimaler N-Input (kg N ha^{-1}) der Standorte, sowie N-Optima der TM-Produktionsfunktionen.

Der XP-Gehalt zeigte einen starken Anstieg mit steigendem N-Input und erreichte im gewichteten Jahresmittel Werte von bis zu 22% (Abb. 2). Eine Ausnahme bildet Aulendorf, bedingt durch hohe Kleeanteile auch in den höher gedüngten Varianten. Der Zielkorridor von 14-18% XP kann nur bei stark reduziertem N-Input eingehalten werden. Für die Quadr.-Plateau-Funktion würde dies in Ertragsverlusten von 15-52% resultieren. Im Extremfall müsste die N-Düngung komplett unterlassen werden, was mit hoher Wahrscheinlichkeit unerwünschte Veränderungen der Bestandeszusammensetzung zur Folge hätte.

Für eine zusammenfassende erste Bewertung ist zunächst festzuhalten, dass für den Indikator TM-Produktion der optimale N-Input je nach Funktionstyp zwischen 225 und 386 kg N ha^{-1} variierte, wobei eine Rangierung $\text{e-Fkt.} < \text{Quadr.-Plateau-Fkt.} < \text{Linear-Plateau-Fkt.}$ erkennbar war (Tab. 1). Eine Ausschöpfung des N-Ertragspotentials bzw. eine ausgeglichene N-Bilanz hingegen wird erst bei deutlich höherem N-Input erreicht. Im Gegensatz dazu erfordern die Ansprüche des Wiederkäuers eine beträchtliche Reduktion der N-Intensität. Laut GfE ist eine ruminale N-Bilanz (RNB) von 50 in der Gesamtration tolerierbar. Bei mittleren Grundfutteraufnahmen von 13 kg TM Tag^{-1} und alleiniger Grundfutterversorgung über Grassilage mit geringen XP-Gehalten, wie im Bsp. Grassilage 1 (Tab. 2), kann ein Wert von 50 eingehalten werden. Bei Grassilagen mit XP-Gehalten deutlich über 18%, wie beispielsweise Silage 3 oder auch Silage 4 mit 24% XP, kann dieser Wert nicht eingehalten werden und resultiert in gesteigerter N-Ausscheidung und reduzierter N-Verwertungseffizienz. Die Situation ist anders zu bewerten, wenn Grassilage nicht allein verfüttert wird, sondern in Kombination mit Mais-silage. Hierzu ist in Tab. 2 dargestellt, bei welchem Mischungsverhältnis von Gras- zu Maissilage ruminale N-Bilanzwerte von 0 erreicht werden können. Bei Grassilagen mit 16% XP ist ein Maisanteil von 30% in der Ration ausreichend, um die RNB auszugleichen. Eine solche Grassilage könnte aber auch problemlos alleine verfüttert werden. Bei entsprechend höherem Maisanteil, wie für viele norddeutsche Milchviehbetriebe typisch, können auch Grassilagen mit 20 oder 24% im Hinblick auf die ruminale N-Bilanz ausgeglichen werden.

Tab. 1: Optimaler N-Input (kg N ha^{-1} , mineralisch+N-Fixierung) in Abhängigkeit des verwendeten Indikators und Standortes.

	Riswick	Spitalhof	Aulendorf	Eichhof	Iden
TM-Ertrag	284	386	360	345	359
Linear-Plateau					
TM-Ertrag	236	274	225	280	343
e-Fkt+Grenzertrag					
TM-Ertrag, Quadr.- Plateau+Grenzertrag	279	313	258	324	328
N-Ertrag	354	388	348	427	424
Linear-Plateau					
N-Aufnahmeeffizienz (Zielwert 1)	418	451	374	349	331
XP-Gehalt (Zielwert 18%)	155	149	32	199	223

Die Eignung des XP-Gehaltes als Indikator für eine optimale N-Intensität ist folglich abhängig von der Rationsgestaltung. Bei hohen Grassilageanteilen und nur geringem Kraftfuttereinsatz ist ein Grenzwert von 18% gerechtfertigt. Bei geringen Grassilageanteilen in Kombination mit hohen Anteilen von Maissilage und Kraftfutter können jedoch auch höhere XP-Gehalte des Grases nahezu unbegrenzt ausgeglichen werden. Die Eiweißproduktion vom Grünland bei Verfügbarkeit von Mais ist folglich zu bestätigen. Das TM-Ertragspotential kann bei einem XP-Gehalt von ca. 20% ausgeschöpft werden. Zur Ermittlung des optimalen N-Düngebedarfs muss die N-Fixierungsleistung berücksichtigt werden, welche in Abhängigkeit von N-Düngungsvariante, Standort und Jahr zwischen 0 und $305 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ variierte. Unterstellt man, dass das TM-Ertragspotential ausgeschöpft werden soll, da Grassilage in Kombination mit Maissilage verfüttert wird, ist eine der TM-Produktionsfunktionen als Kriterium anzuwenden. Da sich die Funktionen in der Anpassungsgüte nicht unterschieden, wurde in den folgenden Berechnungen die Quadr.-Plateau-Funktion verwendet, deren N-Optima zwischen denen der Linear-Plateau- und e-Funktion lagen. Bei optimalem N-Input zwischen 258 (Aulendorf) und 328 kg N ha^{-1} (Iden) und einer entsprechenden N-Fixierung zwischen 0 (Riswick) und 184 kg N ha^{-1} (Aulendorf), ergeben sich somit optimale N-Düngemengen von 74 (Aulendorf) bis 322 kg N ha^{-1} (Iden). Die Düngeempfehlungen der Officialberatung treffen für den Standort Spitalhof zu, während sie für Riswick und Aulendorf zu hoch und für Iden zu gering sind. Insbesondere bei Grünlandaufwüchsen mit hohen XP-Gehalten ist es dann von grosser Bedeutung, die Effizienz des Siliermanagements zu steigern, um die Proteinqualität zu erhalten. Eine entscheidende Maßnahme ist die Erzielung eines ausreichenden Anwelkgrades des Grüngutes, da mit steigenden TS-Gehalten der Proteinabbau durch pflanzeneigene Proteasen sowie Mikroorganismen sinkt [6]. Eine weitere Stellschraube im Hinblick auf die Proteinqualität ist die Feldliegezeit. Neuere Untersuchungen belegen, dass durch kurze Feldliegezeiten der UDP-Anteil im Protein gesteigert sowie der Nicht-Protein-Anteil signifikant gesenkt werden kann [2].

Tab. 2.: Ruminale N-Bilanz (RNB) von Grassilagen mit variierenden XP-Gehalten und Mischungen von Gras/Maissilagen mit einer Ziel-RNB von 0. ME: Energiedichte ($\text{MJ ME (kg TM)}^{-1}$), XP: Rohproteingehalt (%), UDXP: UDP-Anteil am XP (%), nXP: nutzbares XP (g (kg TM)^{-1}), RNB (g (kg TM)^{-1}).

	Mischung	ME	XP	UDXP in XP	nXP	RNB
Grassilage 1		10.5	160	15	134	4.1
Grassilage 2		10.5	180	15	137	6.8
Grassilage 3		10.5	200	15	140	9.6
Grassilage 4		10.5	240	15	146	15.0
Maissilage		11.0	70	25	134	-9.8
GS1:MS	0.70 : 0.30					-0.1
GS2:MS	0.58 : 0.42					0.0
GS3:MS	0.50 : 0.50					-0.1
GS4:MS	0.35 : 0.65					0.3

4 Schlussfolgerungen

Die optimale N-Düngemenge variiert erheblich in Abhängigkeit des verwendeten Indikators. Bei entsprechender Rationsgestaltung sind hohe XP-Gehalte von schnittgenutztem Dauergrünland weitgehend unproblematisch, d.h. das Ertragspotential kann ausgeschöpft werden. Die hohen Grünlandanteile an der landwirtschaftlichen Nutzfläche stellen somit ein erhebliches Potential für die N-Versorgung im Rahmen der Eiweißstrategie dar. Entsprechend besteht Bedarf zur Weiterentwicklung der N-Düngeempfehlungen - insbesondere erscheint eine stärkere Differenzierung nach Ertragspotential, Nutzungsform und Rationsgestaltung erforderlich, sowie eine stärkere Berücksichtigung der N-Fixierung. Effizienzreserven im Siliermanagement sind auszuschöpfen zum Erhalt der Proteinqualität.

5 Literatur

- [1] CERRATO, M.E. and BLACKMER, A.M. (1990): Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 82, 138-143.
- [2] EDMUNDS, B., SPIEKERS, H., SÜDEKUM, K.-H., NUSSBAUM, H., SCHWARZ, F.J. and BENNETT, R. (2012): Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. *Grass and Forage Science* doi: 10.1111/gfs.12013.
- [3] GIVENS, D.I. and RULQUIN, H. (2004): Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 114, 1-18.
- [4] HØGH-JENSEN, H., LOGES, R., JØRGENSEN, F.V., VINTHER, F.P. and JENSEN, E.S. (2004): An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- [5] PACHECO, D. and 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.
- [6] VERBIC, J., Orskov, E.R., ZGAJNAR, J., CHEN, X.B. and ZNIDARSIC-PONGRAC, V. (1999): The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Animal Feed Science and Technology* 82, 195-212.