

Schwefelgehalte im Raufutter von Praxisbetrieben aus Österreich

Sulfur contents of hay from Austrian dairy farms

Reinhard Resch^{1*}, Gerald Stögmüller²

Einleitung

Schwefel (S) ist ein wichtiger Baustein der essentiellen Aminosäuren Cystein und Methionin. In den letzten Jahren wurde in der Praxis die Behauptung laut, dass österreichische Grünlandflächen beim Schwefel nicht ganz bedarfsgerecht versorgt werden und dadurch auch die Rohproteingehalte im Futter unter den Erwartungen bleiben. Untersuchungen aus Bayern (DIEPOLDER und RASCHBACHER 2013) zeigten, dass diese Hypothese dort nicht zutrifft, weil nur 2 % der analysierten Futterproben ein zu hohes Stickstoff-/Schwefel-Verhältnis (N/S) von mehr als 12:1 aufwiesen. Von den 32 % Futterproben mit Rohproteingehalten unter 150 g/kg TM konnten aus diesem Gesichtspunkt nur 6 % auf latenten Schwefelmangel zurückgeführt werden. Folglich wären zu geringe Rohproteingehalte in Bayern kaum durch Schwefelmangel erklärbar. In Österreich wird in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland (BMLRT 2022) wird davon ausgegangen, dass bei bedarfsgerechter, ertragsbezogener Grünlanddüngung mit Wirtschaftsdüngern, kein Ergänzungsbedarf für Schwefel besteht. Nach BÖHM (2013) und KIENDLER et al. (2017) konnten exakte Feldversuche bestätigen, dass die S-Gehalte im Futter durch S-Düngung erhöht werden können. Im LK-Heuprojekt 2022 wurden erstmals bundesweite Schwefelanalysen an insgesamt 456 Heuproben aus der Praxis durchgeführt, um das Wissen zum Thema Schwefel im Grünland zu erweitern.

Material und Methoden

Nachdem die Heu- und Grummetproben durch geschulte Probenzieher vom Heulager der teilnehmenden Praxisbetriebe gezogen wurden, erfolgte die Futteranalyse im Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich (www.futtermittellabor.at) anhand von Standardmethoden (VDLUFA 1976). Vom Organisationskomitee der LK-Grundfutterprojekte wurde im Vorfeld jeweils ein Mindestumfang für die Futtermittellanalyse festgelegt: Weender-Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen, Zucker und zusätzlich die Verpilzung (Feld- und Lagerpilzflora) von allen Heuproben untersucht (VDLUFA 2012a). Die Schwefeluntersuchung erfolgte in einem Partnerlabor nach VDLUFA-Methode 10.7.1 (1976).

Die statistischen Datenanalysen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit der Software Statgraphics Centurion (Version XVII) und mit IBM SPSS Statistics (Version 28) durchgeführt. Für die mehrfaktoriellen Analysen wurde das GLM-Verfahren (Allgemeine lineare Modellierung) herangezogen. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode TUKEY-HSD (Honestly Significant Difference) durchgeführt. Die berechneten P-Werte beziehen sich auf ein Konfidenzniveau von 95 %.

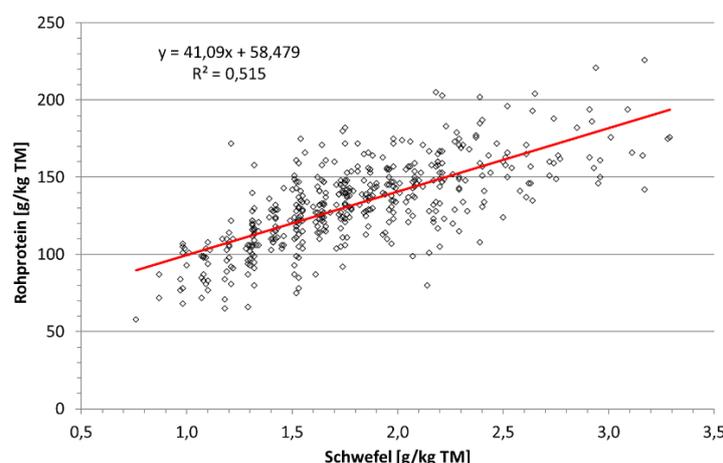


Abbildung 1: **Beziehung zwischen Rohprotein- und Schwefelgehalt in Heuproben (LK-Heuprojekt 2022)**

Ergebnisse und Diskussion

Die Regressionsanalyse in Abbildung 1 zeigt, dass rund 50 % der Datenvarianz der Schwefelgehalte durch den Rohproteingehalt erklärt werden können. Mit steigenden Rohproteingehalten stiegen in der Tendenz auch die Schwefelgehalte im Heu an. Neben der relativ engen Beziehung ist auch ersichtlich, dass bei einem bestimmten Rohproteingehalt die Schwefelgehalte eine Streuung von ca. 0,5 bis 1,5 g/kg TM aufwiesen.

Im Fragebogen 2022 wurde die Schwefeldüngung abgefragt. Insgesamt wurden zu 11,5 % der untersuchten Heupartien zusätzlich betriebsfremde schwefelhältige Düngemittel wie Sulfate (diAmmoniumsulfat, Calciumsulfat, Magnesiumsulfat), elementarer Schwefel u.a. verabreicht. Zwei Drittel der Schwefelanwender waren Biobetriebe, der Rest verteilte sich auf ÖPUL-Betriebe mit den Maßnahmen UBB oder Verzicht. Die Mengen an schwefelhältigen Düngern pro Hektar schwankten sehr stark von 20 bis 3.000 kg/ha. Eine differenzierte Auswertung der Art der Schwefeldünger war nicht möglich, da nur wenige Teilnehmer Angaben dazu machten.

Tabelle 1: Faktoreffekte auf den Schwefelgehalt von Heu im 1. Aufwuchs (LK-Heuprojekt 2022)

Parameter [g/kg TM]	Statistik				P-Wert	P-Werte Management			P-Werte Covariablen			Mittelwerte Covariablen			Regressionskoeffizienten	
	Mittelwert	Standardfehler	Anzahl Proben	R ²		Bundesland	HKT (Siloverzicht)	Dauer der Feldphase	Trocknungsverfahren	Seehöhe	Erntedatum	Rohaschegehalt	Seehöhe	Erntedatum	Rohaschegehalt	Seehöhe (für 100 m)
Schwefel (S)	1,7	0,16	155	42,0	0,029	0,119	0,041	0,019	0,686	0,099	0,069	798	26.5.	86	0,00	0,00

P-Werte bei 95 % Konfidenzniveau: < 0,01 = hoch signifikant, < 0,05 signifikant

Unter Einbeziehung von Covariablen und diversen Standort- sowie Managementfaktoren ergab die multifaktorielle Auswertung des Schwefelgehaltes von Heuproben mit einem linearen Modell (GLM), dass nur wenige Faktoren eine signifikante Wirkung ausübten (Tabelle 1). Nach RESCH und STÖGMÜLLER (2023) war der durchschnittliche S-Gehalt bei konstanter Seehöhe, Erntedatum und Rohaschegehalt in Niederösterreich (1,4 g S/kg TM) signifikant geringer als in Oberösterreich (1,9 g S/kg TM). Die Datenvarianz der Schwefelgehalte konnte in diesem GLM mit 42 % erklärt werden.

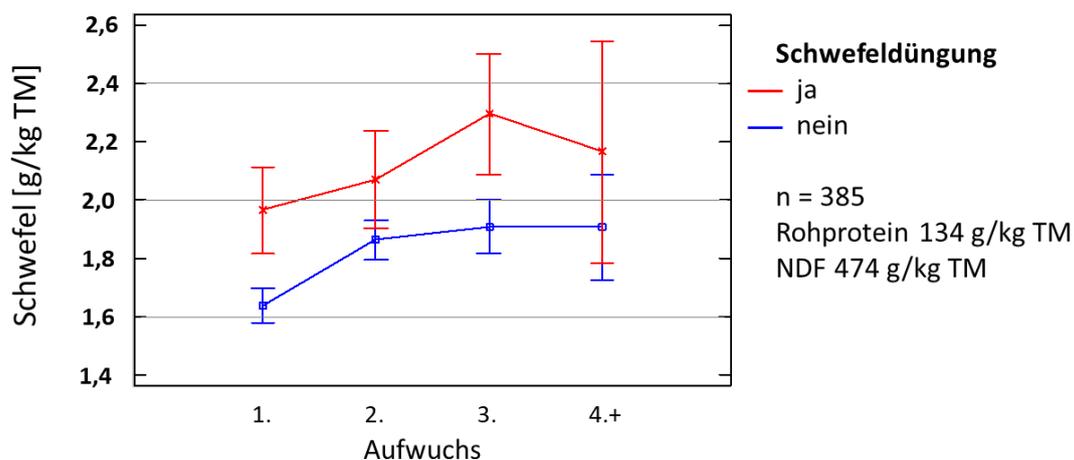


Abbildung 22: Einfluss der Schwefeldüngung auf den Schwefelgehalt im Heu in Abhängigkeit des Aufwuchses (LK-Heuprojekt 2022)

In einem reduzierten GLM wurden die Covariaten Rohprotein- und NDF-Gehalt sowie die Schwefeldüngung und der Aufwuchs einbezogen. Mit diesem GLM konnten 61 % der Datenvarianz erklärt werden. Ausgehend von einem adjustierten S-Mittelwert von 1,95 g/kg TM bewirkte die Rohprotein-

Zunahme um 10 g (Mittelwert 134 g XP/kg TM) eine Erhöhung des S-Gehaltes um + 0,13 g/kg TM. Im Vergleich dazu war der hoch signifikante Effekt der NDF-Zunahme um 10 g (Mittelwert 474 g NDF/kg TM) nur bei + 0,017 g S/kg TM.

Unter konstantem Rohproteingehalt lag der erste Aufwuchs mit durchschnittlich 1,78 g S/kg TM signifikant tiefer im S-Gehalt als der 3. Aufwuchs mit 2,01 g S/kg TM. Die Bewertung des Aspektes der Schwefeldüngung zeigte eine hoch signifikante Wirkung ($P < 0,01$), nämlich, dass mit einer zusätzlichen Schwefelgabe der S-Gehalt im Heu gegenüber keiner S-Düngung um durchschnittlich 0,24 g S/kg TM zunahm (Abbildung 2). Die Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Schwefeldüngung war nicht signifikant ($P = 0,412$), daher zeigen sich in Abbildung 2 die verhältnismäßig homogenen Differenzen der S-Gehalte über den S-Düngungseffekt.

Eine GLM-Analyse des Rohproteingehaltes (XP) von Raufutter unter Integration des Faktors Schwefeldüngung brachte keine signifikante Verbesserung ($P = 0,769$) des XP-Gehaltes durch eine S-Düngung. Der Rohproteingehalt ohne S-Düngung betrug 141 g/kg TM und mit S-Düngung 145 g/kg TM, die Differenz ist statistisch gesehen zufällig.

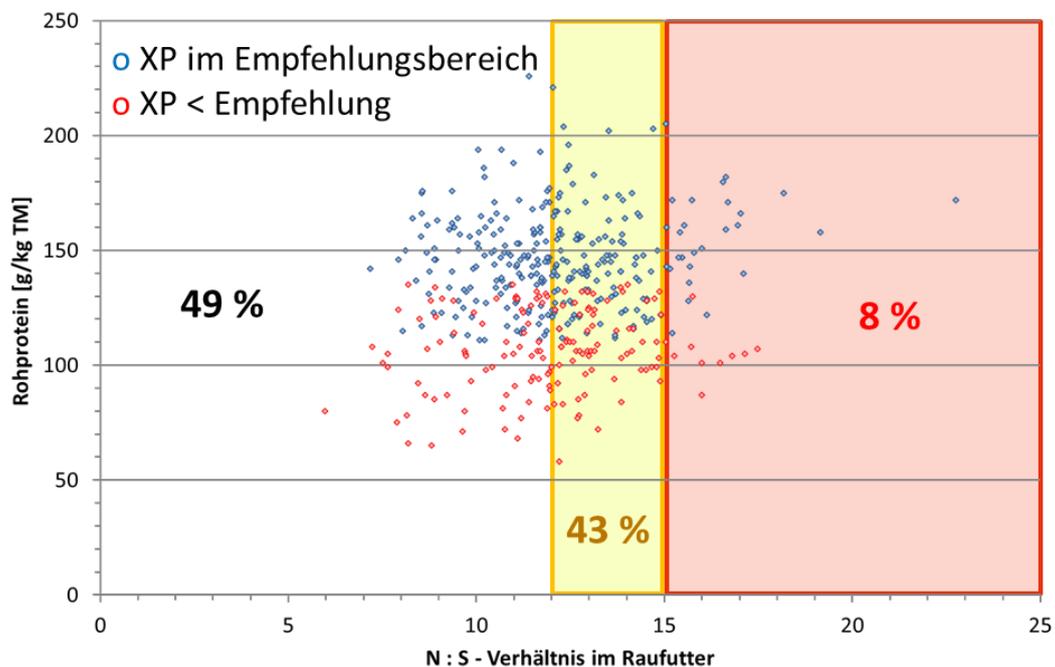


Abbildung 3: Rohproteingehalt und N/S-Verhältnis von Heuproben aus der Praxis unter Berücksichtigung der Empfehlungen für Rohproteingehalte (LK-Heuprojekt 2022)

Wenn man Heuproben als Grundlage für die Schwefelversorgung des Grünlandfutters hernimmt, dann würde in Österreich aufgrund des N/S-Verhältnisses bei 43 % eine latente und bei 8 % eine ertragswirksame Schwefelunterversorgung bestehen (Abbildung 3). Diese Interpretation verliert allerdings an Aussagekraft, wenn berücksichtigt wird, dass Proben mit möglichem S-Mangel dennoch höhere Rohproteingehalte als der Orientierungswert (OW) enthielten. In diesem Fall würden aufgrund des hohen N/S-Verhältnisses nur mehr 15 % einen latenten und 2 % einen ertragswirksamen S-Mangel aufweisen. Darüber hinaus besteht das Problem, dass 49 % der Proben mit niedrigem N/S-Verhältnis unterhalb 12:1 zwar als frei von S-Mangel interpretiert werden, allerdings geringere Rohproteingehalte als empfohlen aufweisen. Würde das N/S-Verhältnis in der Praxis Anwendung für eine S-Düngungsempfehlung am Grünland finden, dann wäre die Fehlerquote der Empfehlungen wahrscheinlich relativ hoch, daher muss diese Methode bei der S-Düngung von Grünlandflächen stark in Frage gestellt werden.

Da bei der Heuwerbung teils nicht unerhebliche Bröckelverluste entstehen (PÖLLINGER 2014), wäre es möglich, dass die Ergebnisse aus dem LK-Heuprojekt hinsichtlich N/S-Verhältnis gegenüber Grünfütter eine gewisse Verschiebung der Verhältnisse aufweisen. Eine Überprüfung der N/S-Verhältnisse von Grünfütterproben wäre sinnvoll, um die Erkenntnisse aus dem LK-Heuprojekt 2022 zu validieren. Im aktuellen DaFNE-Forschungsprojekt „SATGRASS“ (Projektleitung Dr. Schaumberger, HBLFA Raumberg-Gumpenstein) werden Grünfütterproben von mehr als 170 Grünlandflächen aus dem gesamt-

ten Bundesgebiet über die gesamte Vegetationsperiode 2021 bis 2023 gesammelt und auf den Rohprotein- und Schwefelgehalt sowie auf die Artengruppenzusammensetzung an Gräsern, Leguminosen und Kräutern untersucht.

Die Gegenüberstellung von Schwefelgehalten und N/S-Verhältnissen in Heuproben wurde in Abbildung 4 differenziert durchgeführt. Jene Heuproben, welche Rohproteingehalte unterhalb der Empfehlungen aufwiesen (rote Punkte), zeigten deutlich geringere Schwefelgehalte, als jene Heuproben mit Proteingehalten über der Empfehlung (blaue Punkte). Bei einem N/S-Verhältnis von 12:1 würde ein Schwefelgehalt von weniger als ca. 1,45 g/kg TM einen latenten Schwefelmangel anzeigen. Ein ertragswirksamer Schwefelmangel würde demnach im Durchschnitt bei einem Schwefelgehalt unterhalb von ca. 1,15 g/kg TM auftreten, wenn das N/S-Verhältnis größer als 15:1 ist.

Die gleichzeitige Betrachtung von Rohprotein- und Schwefelgehalt, sowie dem N/S-Verhältnis von Futterproben ermöglichen somit eine etwas bessere Interpretation für eine Empfehlung zur Schwefeldüngung von Grünlandflächen.

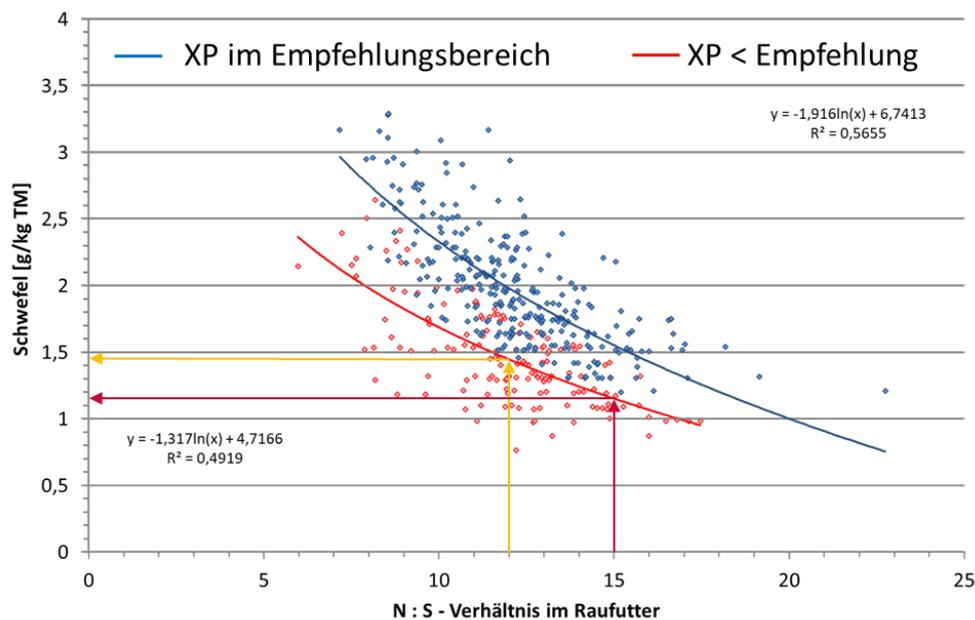


Abbildung 4: **Beziehung N/S-Verhältnis zum Schwefelgehalt von Heu unter Berücksichtigung der Empfehlungen für den Rohproteingehalt (LK-Heuprojekt 2022)**

Zusammenfassung

Im Rahmen des bundesweiten LK-Heuprojektes 2022 wurden an 456 Heuproben aus österreichischen Praxisbetrieben die Schwefelgehalte untersucht. Die S-Gehaltswerte reichten von 0,76 bis 3,29 g/kg TM, der mittlere Schwefelgehalt betrug 1,81 g/kg TM. Schwefelgehalte korrelieren positiv mit dem Rohproteingehalt. Die im Managementfragebogen erfasste Schwefeldüngung bewirkte im Durchschnitt einen signifikanten Anstieg des Schwefelgehaltes um 0,24 g/kg TM. Allerdings brachte die Schwefeldüngung nicht gleichzeitig einen Anstieg der Rohproteingehalte im Heu. Die alleinige Bewertung eines Schwefelmangels anhand des Stickstoff/Schwefel-Verhältnisses muss als ungünstig eingestuft werden, weil viele Heuproben mit N/S-Verhältnissen über 12:1 dennoch ausreichende Rohproteingehalte aufwiesen. Andererseits gab es viele Heuproben mit N/S-Verhältnissen kleiner 12:1, welche sehr niedrige Rohproteingehalte hatten. Eine Verbesserung der Aussagekraft des N/S-Verhältnisses ist unter Einbindung der Empfehlungswerte für Rohproteingehalte und des Schwefelgehaltes möglich. Es zeigte sich, dass bei zu geringen Rohproteingehalten im Heu die S-Gehalte kleiner 1,45 auf einen latenten S-Mangel und S-Gehalte kleiner 1,15 auf einen ertragswirksamen S-Mangel hinweisen könnten.

Abstract

As part of the nationwide LK hay project 2022, the sulfur contents (S) of 456 hay samples from Austrian practical farms were investigated. The S content values ranged from 0.76 to 3.29 g/kg DM, and the mean sulfur content was 1.81 g/kg DM. Sulfur contents correlate positively with crude protein content. Sulfur

fertilization, recorded in the management questionnaire, produced a significant average increase in sulfur content of 0.24 g/kg DM. However, sulfur fertilization did not simultaneously produce an increase in crude protein content in hay. The evaluation of a sulfur deficiency based on the nitrogen/sulfur ratio must be considered unfavorable, because many hay samples with N/S ratios above 12:1 nevertheless had adequate crude protein contents. On the other hand, there were many hay samples with N/S ratios less than 12:1, which had very low crude protein contents. An improvement of the significance of the N/S ratio is possible by including the recommended values for crude protein contents and the sulfur content. It was found that when the crude protein content of hay was too low, S contents less than 1.4 could indicate a latent S deficiency and S contents less than 1.2 probably could indicate a yield-effective S deficiency.

Literatur

BMLRT (2022): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage 2022, Wien, 184 S.

BÖHM H (2013): Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee grasbestandes. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013, 216-219.

DIEPOLDER M, RASCHBACHER S (2013): Genug Schwefel im Grünland? Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 5 S.

KIENDLER S, STARZ W, PFISTER R, ROHRER H (2017): Auswirkungen einer Düngung mit elementarem Schwefel am Dauergrünland auf Ertrag und Futterqualität. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft 2017, Irdning-Donnerbachtal, 75-80.

RESCH R, STÖGMÜLLER G (2023): LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Silagen und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 123-155.

PÖLLINGER A (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 1-10. In: GRUBER L, PÖLLINGER A, RESCH R, VELIK M, ADLER A (2014): Abschlussbericht Heuprojekt Nr. 2371, Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 66 S.

VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA (2012): Methode 28.1.2, Futtermitteluntersuchung - Bestimmung der Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal,

² Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Futtermittellabor Rosenau, Wiener Straße 64, A-3100 St. Pölten

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard RESCH, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at