

Nutzung des Heus von geschützten Halbtrockenrasen? Futterqualität ändert sich mit Nährstoffverfügbarkeit und Kräuter-Gräser-Verhältnis in einem Naturschutzgebiet in Norddeutschland

Using hay from protected semi-dry grasslands? Forage quality changed with nutrient availability and herb-grass ratio in a nature reserve in Northern Germany

Nele Zellmann

Zusammenfassung

Der Anteil an Intensivgrünland überwiegt gegenüber dem artenreichen Grünland, welches heute selten in Norddeutschland ist. Gleichzeitig wird der Großteil der Pferde in Deutschland zu Freizeitzwecken gehalten, so dass ihr Energieanspruch an Heu eher gering ist. Um zu untersuchen, wie sich die Heuqualität mit unterschiedlichen Ellenberg Nährstoffzahlen und Kräuter-Gräser-Verhältnissen ändert, wurde das Heu eines geschützten Halbtrockenrasen analysiert. Die Nährstoffzahl hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Zucker, Fruktan und umsetzbarer Energie (ME). Das Kräuter-Gräser-Verhältnis hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Fruktan, Rohprotein (CP) und ME. Bezüglich der Zucker- und CP-Gehalte erfüllte das untersuchte Heu die Ansprüche von Pferden vollständig, die Gehalte an Fruktan und ME eignen sich dagegen nur teilweise.

Futterqualität, Halbtrockenrasen, Heu, Pferde, Nährstoffzahl, Kräuter-Gräser-Verhältnis

Abstract

The proportion of intensive grasslands prevails species rich grasslands, which became rare and endangered in Northern Germany. Today, the majority of horses in Germany are kept for recreational reasons, so that their energy demand on hay is rather low. To investigate how hay quality changes with diverging Ellenberg nutrient value and herb-grass ratio, the hay of a protected semi-dry grassland was analyzed. The nutrient value had a significant effect on the content of sugar, fructan and metabolizable energy (ME). The herb-grass ratio had a significant effect on the content of fructan, crude protein (CP) and ME. Regarding sugar and CP contents, the hay from the study area fully meets the demands of horses, contents of fructan and ME are partially suitable.

Forage quality, Semi-dry grasslands, Hay, Horses, Nutrient value, Herb-grass ratio

doi: 10.23766/NiPF.202501.11

Einleitung

Halbtrockenrasen entstanden durch eine jahrhundertlange extensive Nutzung in Form von Beweidung oder Mahd auf nährstoffarmen und meist kalkreichen Böden (Zerbe, 2019). Sie bieten durch die besonderen Standortbedingungen Lebensraum für viele seltene Pflanzenarten und gehören zu den artenreichsten Ökosystemen in Mitteleuropa (Kiehl, 2019). Aufgrund umfangreicher Landnutzungsänderungen sind Halbtrockenrasen jedoch seit Mitte des 20. Jahrhunderts stark degradiert (Ellenberg & Leuschner, 2010; Zerbe, 2019). Viele Flächen wurden infolge der Erfindung des Kunstdüngers zu produktiveren Graslandtypen aufgedüngt (Ellenberg & Leuschner, 2010). Halbtrockenrasen und andere extensive Grünlandformen sind daher selten geworden (Tischew & Hölzel, 2019). Gleichzeitig ist Heu das Grundfuttermittel für Pferde (Steinhöfel et al., 2020). Dabei sind Pferde aufgrund ihrer Stammesentwicklung zu Zeiten vorherrschender Steppen an rohfaserreiches und energiearmes Futter angewiesen (Coenen &

Meyer, 2020c; Fritz & Maleh, 2016). Da der Großteil der Pferde in Deutschland zu Freizeitzwecken gehalten wird, bestehen, anders als häufig angenommen, aufgrund der geringen Beanspruchung wenig bis keine erhöhten Nährstoff- und Energieanforderungen (GfE, 2014). Daher liegt in den Futterrationen von Pferden oftmals eine Überversorgung einzelner Futterqualitätsparameter, insbesondere Zucker, vor (GfE, 2014; Vervuert & Meyer, 2020a), was in der Regel langfristig zu Krankheiten führt (Vervuert & Meyer, 2020b). So ist Laminitis (Hufrehe), die unter anderem durch Fütterungsfehler ausgelöst werden kann, die zweithäufigste Todesursache für Pferde (Fritz & Maleh, 2016).

Der Anstieg der Biomasseproduktion mit zunehmender Mineraldüngung wurde oftmals nachgewiesen (Dullau et al., 2023; Korevaar & Geerts, 2015). Dagegen ist die Ausprägung der Futterqualität unter ansteigenden Nährstoffverhältnissen bisher wenig untersucht. In den vorangegangenen Studien wurde der Einfluss der Nährstoffbedingungen auf die Futterqualität im Rah-



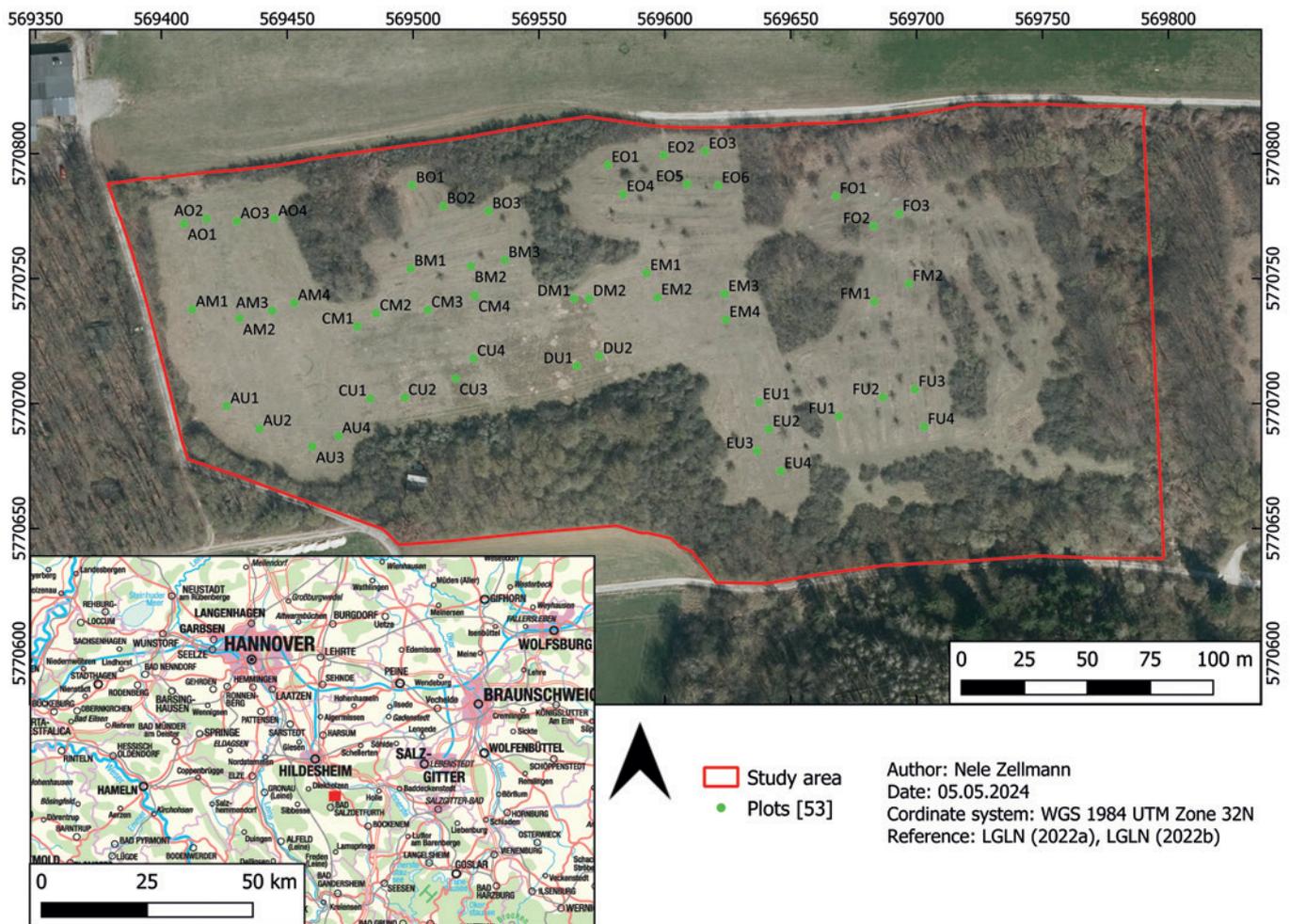


Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes und Lage der Plots. Grafik: N. Zellmann

men der künstlichen Düngung betrachtet. Allerdings eignet sich der Ellenberg Zeigerwert für Nährstoff voraussichtlich besser um die Nährstoffbedingungen abzubilden, da Langzeiteffekte der Bodenverhältnisse auf die Vegetation mit einbezogen werden (Ellenberg & Leuschner, 2010; Schaffers and Sýkora 2000). Die positive Wirkung von Kräutern im Grünland auf die Biodiversität und Futterqualität ist hinreichend bekannt. Allerdings wurde der Einfluss von Kräutern auf die Futterqualität in vorangegangenen Studien häufig nicht quantifiziert. Außerdem wurde der Effekt typischer extensiver Grünland- und Halbtrockenrasenarten bisher nicht untersucht.

Im Rahmen dieser Studie wird der Einfluss der Nährstoffverfügbarkeit und des Kräuter-Gräser-Verhältnisses auf die Futterqualität von Heu eines Halbtrockenrasens für Pferde untersucht. Es wird vermutet, dass die Gehalte der Futterqualitätsparameter Zucker, Fruktan, Rohprotein und ME mit zunehmender Nährstoffzahl ansteigen sowie die von Zucker, Rohprotein und ME mit zunehmendem Kräuter-Gräser-Verhältnis ansteigen. Die Erkenntnisse der Studie könnte es ermöglichen, den Schutz von Halbtrockenrasen mit der Bereitstellung von geeignetem Heu für Pferde zu vereinfachen.

Methodik

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Nähe der Ortschaft Wesseln, 10 km südöstlich von Hildesheim in Norddeutschland (Abbildung 1). Es befindet sich in einem Teil des Naturschutzgebietes „Steinberg bei Wesseln“, ein Halbtrockenrasen, der sich auf einem Südhang erstreckt (NLWKN, 2007). Das Gebiet ist geprägt durch Gesteine des Unteren Muschelkalks, was zu trockenen und nährstoffarmen Standortbedingungen führt. Dellen- und Senkenstrukturen am Hang führen außerdem zur unterschiedlichen Ausprägung der Lössauflage und Oberbodentiefe, was verschiedene Nährstoffverhältnisse hervorruft.

Die Vegetationsaufnahmen wurden in der ersten Junihälfte 2023 (5., 6., 12.) auf dem zentralen Bereich des Halbtrockenrasens in 53 Plots (2 x 2 m) durchgeführt. Die Plots waren auf den Ober-, Mittel- und Unterhang verteilt (Abbildung 1). Insgesamt wurden 109 Arten aufgenommen. Zudem wurden Ende Juni aus jedem Plot Biomasseproben (40 x 40 cm) entnommen. Die Schnitthöhe betrug 2 cm über dem Boden. Im Labor wurden die Futterqualitätsparameter Trockenmasse (DM), Rohasche (CA), Rohprotein (CP), Rohfett (CL), Rohfaser (CF), Zucker und Fruktan durch



Tabelle 1: Ergebnisse der linearen Modelle der Effekte von Nährstoffzahl und Kräuter-Gräser-Verhältnis auf Zucker-, Fruktan-, Rohprotein- und ME-Gehalt mit Angabe der Freiheitsgrade, Sum of Squares, F-Wert und p-Wert (***) $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$.

	Nährstoffzahl (df = 1)				Kräuter-Gräser-Verhältnis (df = 1)			Nährstoffzahl x Kräuter-Gräser-Verhältnis (df = 1)		
	Error df	Sum Sq	F	p	Sum Sq	F	p	Sum Sq	F	p
Zucker R ² = 0,2	48	29,1	15,02	0,0003***	1,59	0,82	0,37	0,97	0,5	0,48
Fruktan R ² = 0,31	48	16,25	16,48	0,0002***	5,16	5,23	0,03*	0,16	0,16	0,69
CP R ² = 0,08	48	0,18	0,15	0,7	7,46	6,39	0,01*	0,54	0,47	0,5
ME R ² = 0,27	48	2,74	7,51	0,009**	6,13	16,81	0,0002***	0,32	0,89	0,35

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) (Phoenix 5000 spectrometer BlueSun Scientific Inc.) analysiert. Der Parameter NFE wurde nach Coenen & Meyer (2020a) und die ME-Konzentration nach Wichert (2011) und GfE (2014) errechnet. Die Datenanalysen wurden mit R durchgeführt (Version 4.2.2 R Core Team, 2022). Dazu wurden lineare Modelle mit den Futterparametern Zucker, Fruktan, Rohprotein und ME als abhängige Variablen und Nährstoffzahl sowie Kräuter-Gräser-Verhältnis als unabhängige Variablen erstellt.

Ergebnisse

Die Nährstoffzahl hat den Gehalt an Zucker ($p < 0,001$), Fruktan ($p < 0,001$) und ME ($p < 0,01$) signifikant beeinflusst (Tabelle 1). Der Zucker- und Fruktangehalt stieg mit zunehmender Nährstoffzahl an (Abbildung 2 & 4), die ME-Konzentration nahm dagegen

mit zunehmender Nährstoffzahl ab (Abbildung 8). Auf den Rohproteingehalt hatte die Nährstoffzahl keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,5$ Tabelle 1).

Das Kräuter-Gräser-Verhältnis hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Fruktan ($p < 0,5$), Rohprotein ($p < 0,5$) und die ME-Konzentration ($p < 0,001$) (Tabelle 1). Dabei stiegen die Gehalte der Futterparameter mit zunehmendem Kräuter-Gräser-Verhältnis an (Abbildung 5,7,9). Beim Zuckergehalt lag kein signifikanter Einfluss durch das Kräuter-Gräser-Verhältnisses vor ($p > 0,5$) (Tabelle 1).

Die Zucker- und Fruktangehalte bewegten sich zwischen 2,74 und 9,14 % der DM sowie 1,28 und 7,36 % der DM (Abbildung 2-5). Der Rohproteingehalt betrug 5,67 bis 11,17 % der DM und die ME-Konzentration 8,05 bis 5,15 MJ/kg DM (Abbildung 6-9).

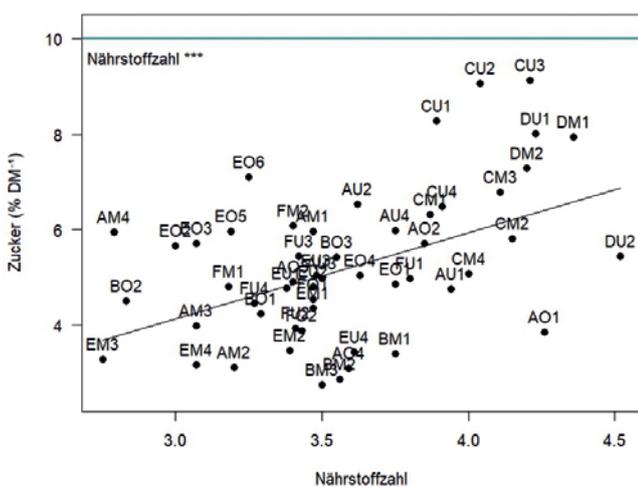


Abbildung 2: Zuckergehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 10 % nach LUFA Nord-West (2023) (***) $p \leq 0,001$. Grafik: N. Zellmann

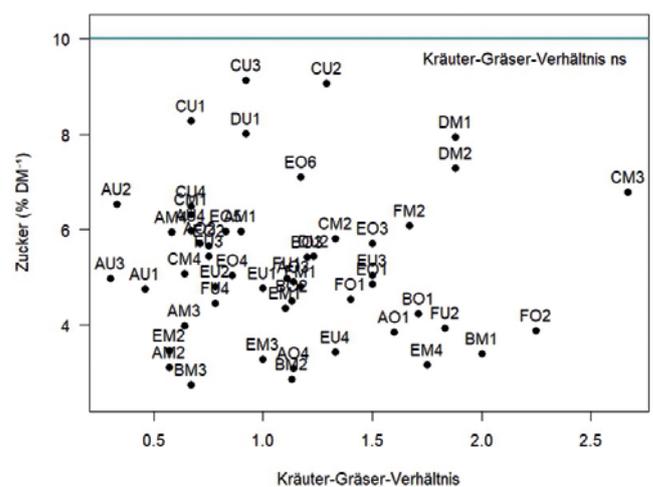


Abbildung 3: Zuckergehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 10 % nach LUFA Nord-West (2023) (ns: nicht signifikant). Grafik: N. Zellmann

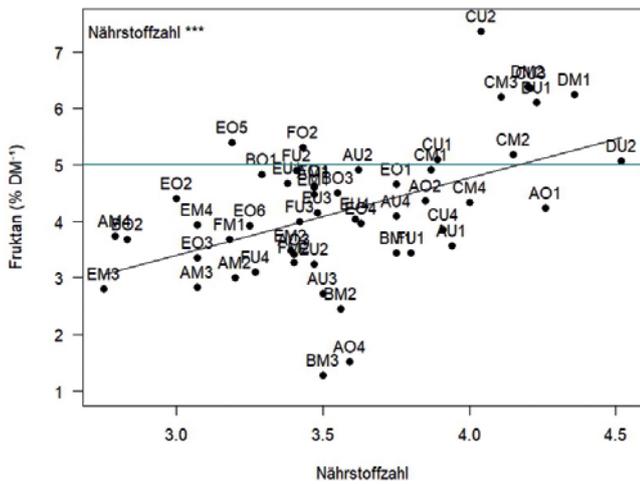


Abbildung 4: Fruktangehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 5 % nach LUFA Nord-West (2023) (** $p \leq 0,001$).

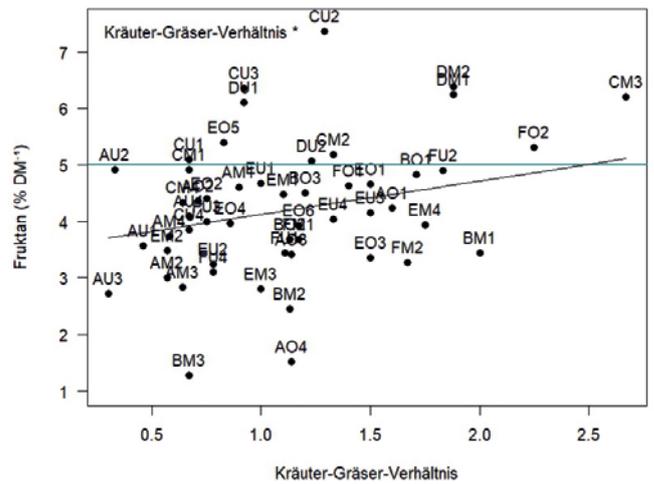


Abbildung 5: Fruktangehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 5 % nach LUFA Nord-West (2023) (* $p \leq 0,05$).

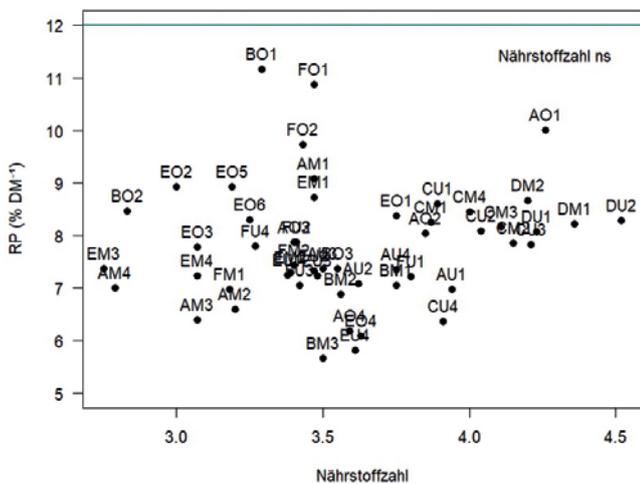


Abbildung 6: Rohproteingehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 12 % nach LUFA Nord-West (2023) (ns: nicht signifikant).

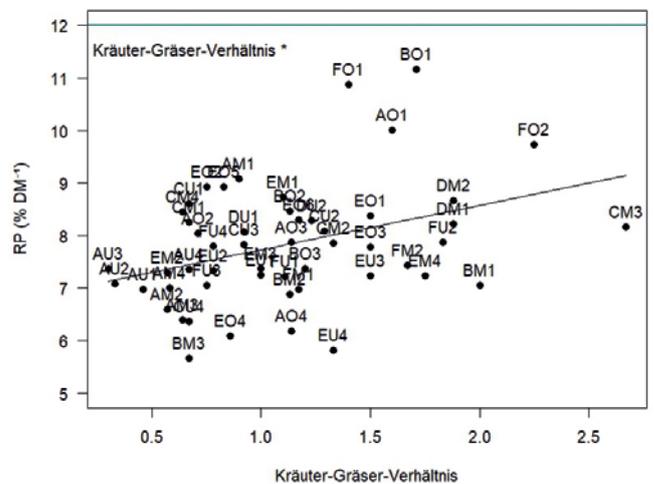


Abbildung 7: Rohproteingehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 12 % nach LUFA Nord-West (2023) (* $p \leq 0,05$).

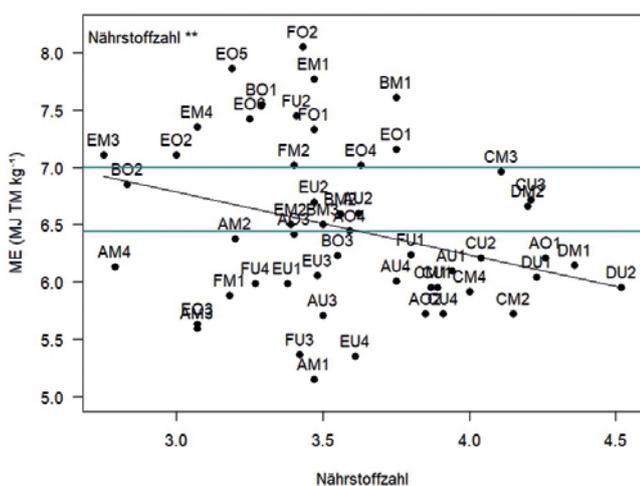


Abbildung 8: ME-Konzentration in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung der empfohlenen täglichen ME-Aufnahme von 6,44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg Warmblut bei Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg LM nach GfE (2014) (** $p \leq 0,01$).

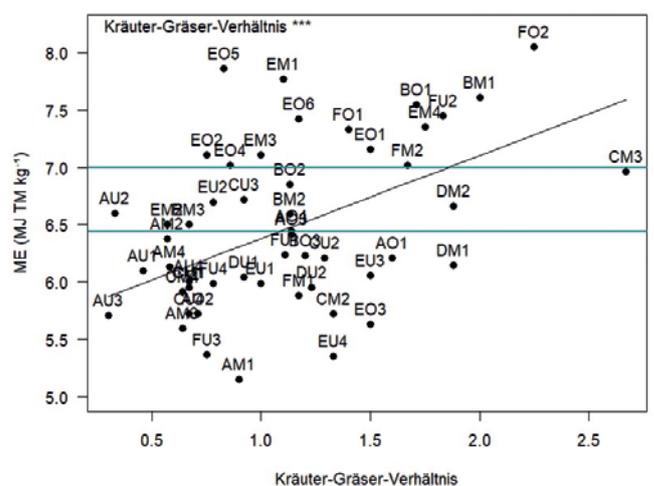


Abbildung 9: ME-Konzentration in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung der empfohlenen täglichen ME-Aufnahme von 6,44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg Warmblut bei Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg LM nach GfE (2014) (** $p \leq 0,001$).

Alle Grafiken auf dieser Seite: N. Zellmann



Diskussion

Zucker

Die Zunahme des Zuckergehaltes mit zunehmender Nährstoffzahl kann mit der Änderung der Artenzusammensetzung erklärt werden. Zunehmende Nährstoffverfügbarkeiten bringen andere Arten und Deckungsverhältnisse hervor. Zu einzelnen produktiveren Gräserarten liegen Untersuchungen zu Zuckergehalten vor. So ermittelten Ojima und Isawa (1968) einen WSC-Gehalt (wasserlösliche Kohlenhydrate) für den Gewöhnlichen Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) von 7,7 % der DM und für das Gewöhnliche Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) von 11,8 % der DM. Watts (2012) machten einen WSC-Gehalt von 14,4 % der DM für *Dactylis glomerata* aus. Die Untersuchungen fußen jedoch auf künstlichen Habitatbedingungen und unterscheiden sich somit von den natürlichen Habitatbedingungen dieser Studie, sodass sich die Erkenntnisse zum Zuckergehalt einzelner Arten nur eingeschränkt auf die Individuen dieser Studie übertragen lassen. Dazu sind weitere Untersuchungen in natürlichen Systemen notwendig.

Außerdem können die geringeren Zuckergehalte des Heus mit niedriger Nährstoffzahl durch plastische Reaktionen der Pflanzen erklärt werden. Niedrige Nährstoffverhältnisse reduzieren vermutlich die Photosyntheserate, sodass weniger Zucker vorliegt. Dabei limitieren die geringen Nährstoffverhältnisse nicht direkt die Photosynthese, sondern die Senkenaktivität, also das Wachstum und die Kohlenhydratspeicherung (Körner, 2014). Durch niedrige Nährstoffzahlen ist das Wachstum der Pflanzen des Halbtrockenrasens begrenzt (Ellenberg und Leuschner 2010). Eine geringe Senkenaktivität bedeutet, dass der Kohlenhydratbedarf für Wachstum und Respiration der Pflanze reduziert ist (Gessler und Zweifel 2024). Die Photosyntheserate ist daher begrenzt, denn die Pflanze kann nur so viel Photosynthese betreiben wie die produzierten Assimilate irgendwo in der Pflanze investiert werden können (Körner, 2014).

Bezüglich der empfohlenen Zuckergehalte im Heu für Pferde bleiben alle Heuproben unter dem Maximalwert von 10 % pro DM (Abbildung 2 & 3) (LUFA Nord-West, 2023). Viele Plots zeigten sehr niedrige Zuckergehalte weit unter 10 % pro DM, wodurch sich das Heu insbesondere für die Fütterung von stoffwechselgestörten Pferde eignet (Watts, 2004; Zeyner & Zentek, 2020).

Fruktan

Die höheren Fruktanwerte in Plots mit höherer Nährstoffzahl können wie beim Zucker durch die höhere Photosyntheserate, also der höheren Senkenaktivität erklärt werden, da Fruktan etwa 70 % des Zuckers ausmacht. Auch Schubiger et al. (1998) stellten eine Zunahme des Fruktangehaltes mit zunehmender Stickstoffdüngung fest. Vermutlich bestehen jedoch Unterschiede zwischen natürlichem und gedüngtem Grünland.

Die Zunahme des Fruktangehaltes mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis ist auf die generelle Zunahme der Arten zurückzuführen, die Fruktan zur Kohlenhydratspeicherung nutzen. Dazu gehören die Pflanzenfamilien *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Campanulaceae* und *Poaceae*, die im Untersuchungsgebiet vorkommen

(Hendry, 1987). In Plots mit höherem Kräuter-Gräser-Verhältnis kommen also neben den *Poaceae*-Arten, Kräuter der anderen fruktanspeichernden Pflanzenfamilien hinzu.

Bezüglich des Grenzwerts für Fruktan im Heu für Pferde, überschritten einige Plots den Maximalwert von 5 % (Abbildung 4 & 5) (LUFA Nord-West, 2023). Die geeignetsten Plots zur Erzeugung von Pferde-Heu haben eine Nährstoffzahl unter 4 und ein Kräuter-Gräser-Verhältnis von unter 0,9. Um das Heu des untersuchten Halbtrockenrasens für Pferde zu nutzen, müssen bei der Mahd die Bereiche der C- und D-Plots ausgelassen werden, da hier die Fruktangehalte zu hoch sind (Abbildung 1, 4 & 5).

Rohprotein

Die angenommene Zunahme des Rohproteingehaltes mit steigender Nährstoffzahl konnte nicht nachgewiesen werden (Abbildung 6). Plots mit hohen Nährstoffzahlen wurden vermutlich durch die zunehmende Gräserdeckung mit steigender Nährstoffzahl beeinflusst, sodass die Rohproteingehalte niedriger ausfielen.

Der zunehmende Rohproteingehalt mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis deutet auf den höheren Proteingehalt von Kräutern hin. Ineichen et al. (2019) und Komainda et al. (2022) wiesen einen höheren Rohproteingehalt in kräuterreichem Heu als in gräserreichem Heu nach. Erklärt werden kann dies mit der Zunahme des Blatt-Stängel-Verhältnisses von Kräutern, da Blätter aufgrund ihrer höheren metabolischen Aktivität proteinreicher sind (Körner, 2014). Zudem waren zur Zeit der Probennahme viele Gräser bereits bei der Samenreife und hatten trockene Stängel, wohingegen die meisten Kräuter noch nicht vollständig in der Blüte standen. Mit zunehmender Pflanzenreife werden Proteine zu Gerüstsubstanzen umgebaut (Steinhöfel et al., 2020), sodass der Rohproteingehalt sinkt.

Hinsichtlich der empfohlenen Rohproteingehalte im Heu für Pferde verbleiben alle Plots unter dem empfohlenen Maximalwert von 12 % Rohprotein der DM (LUFA Nord-West, 2023), sodass sich das Heu sehr gut für Pferde eignet. Allerdings wäre für eine korrekte Bewertung des Proteingehaltes die Bestimmung des pcd CP-Gehaltes (präcaecal verdauliches Rohprotein) notwendig. Denn nur das nicht fasergebundene Protein ist für die Deckung des Aminosäurenbedarfes für Pferde relevant, das ausschließlich vom Dünndarm resorbiert wird (Coenen & Meyer, 2020b).

ME

Entgegen der Hypothese ist die ME-Konzentration nicht mit zunehmender Nährstoffzahl angestiegen, sondern abgesunken (Abbildung 8). Dies ist auf die Abnahme des Futterqualitätsparameters der stickstofffreien Extraktstoffe (NFE), also Zucker, Stärke und Hemizellulose, zurückzuführen, die Bestandteil der Ermittlung der ME sind (GfE, 2014; Wichert, 2011). Denn innerhalb dieser Gruppe nimmt der Anteil der Hemizellulose mit zunehmender Nährstoffzahl ab. Zurückzuführen ist dies auf den hohen Kräuteranteil (75 – 80 %) in Plots mit hoher Nährstoffzahl (AO1, CM3, DM1, DM2, DU2), denn dikotyle Pflanzen enthalten natürlicherweise weniger Hemizellulose (Schopfer et al., 2010). Auch Ineichen et al. (2019) stellten niedrigere Hemizellulosegehalte im kräuterrei-

chen als im gräserreichen Heu fest. Hinzu kommt, dass die anderen Parameter, aus denen sich die NFE und ME zusammensetzt, diesem negativen Trend nicht entgegenwirken können. So ist der Zucker- und Fruktangehalt geringer als der Hemizellulosegehalt, und bei der Stärke sowie dem Rohprotein- und Rohfasergehalt liegt kein Zusammenhang mit der Nährstoffzahl vor.

Die Zunahme der ME-Konzentration mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis weist darauf hin, dass Kräuter generell energiereich sind. Thielecke (2023) wies ME-Konzentrationen von 12.43 bis 15.73 MJ DM kg⁻¹ bei 21 verschiedenen Kräuterarten nach. Zwar nimmt der Hemizellulosegehalt mit zunehmenden Kräuter-Gräser-Verhältnis aufgrund der hohen Kräutervorkommen ebenfalls ab, jedoch wird dieser Effekt von den anderen Parametern ausgeglichen. Zum einen ist Stärke das Speicherkohlenhydrat der meisten Kräuterfamilien im Untersuchungsgebiet, sodass bei Zunahme des Kräutervorkommens der Stärkegehalt ansteigt. Somit wird der Zusammenhang der NFE mit dem Kräuter-Gräser-Verhältnis insgesamt positiv. Zum anderen steigt der Rohproteingehalt signifikant mit zunehmendem Kräuter-Gräser-Verhältnis an (Abbildung 9).

Hinsichtlich des täglichen Energiebedarfes von Pferden kann das untersuchte Heu die empfohlenen Energiegehalte erreichen. Dabei unterscheidet sich der Energieanspruch je nach Rasse, Gewichtsklasse und Fütterungsmenge (GfE, 2014). Die Fütterungsmenge gibt hierbei den entscheidenden Aufschluss, pro Tag sollten etwa 1 – 2 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht gefüttert werden (GfE, 2014; LfL, 2022). So ist bei der Fütterung von 1 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht für ein 300 kg schweres Pony ein ME-Gehalt des Heus von 9,6 MJ DM kg⁻¹ und für ein 600 kg schweres Warmblut ein ME-Gehalt von 10.5 MJ DM kg⁻¹ notwendig (GfE, 2014). Diese ME-Konzentrationen kann das untersuchte Heu nicht vorweisen (Abbildung 8 & 9). Bereits ab einer Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht kann das Heu die empfohlenen ME-Gehalte von 6.44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg schweres Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg schweres Warmblut jedoch erreichen (Abbildung 8 & 9).

Ausblick

Mit der Erkenntnis, dass sich das Heu des Halbtrockenrasens „Steinberg bei Wesseln“ insgesamt gut für Pferde eignet, könnten der Erhalt und Schutz von Halbtrockenrasen durch das neue Nutzungsinteresse gefördert werden. Voraussichtlich besteht eine Vereinbarkeit zwischen der Bereitstellung von geeignetem Heu für Pferde mit der langfristigen Erhaltung von Halbtrockenrasen. Für eine gesicherte Aussage sind weitere Untersuchungen in Bezug auf die Futterqualität einzelner Arten sowie die Änderung der Futterqualität zu verschiedenen Schnitzeitpunkten des Heus auf verschiedenen Halbtrockenrasenflächen nötig.

Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinen beiden Betreuenden Prof. Dr. Johannes Metz (Universität Hildesheim) und Dr. Friederike Riesch (Universität Göttingen) für die Unterstützung meiner Forschungs-idee, die wertvollen Anregungen, die fachlichen Diskussionen und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Quellenverzeichnis

COENEN, M., & MEYER, H. (2020A). Futtermittel. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.

COENEN, M., & MEYER, H. (2020B). Grundlagen der Ernährung. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.

COENEN, M., & MEYER, H. (2020c). Vom Laubfresser zum „Hafermotor“. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.

DULLAU, S., KIRMER, A., TISCHEW, S., HOLZ, F., MEYER, M. H., & SCHMIDT, A. (2023). Effects of fertilizer levels and drought conditions on species assembly and biomass production in the restoration of a mesic temperate grassland on ex-arable land. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02730. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02730>

ELLENBERG, H., & LEUSCHNER, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht; 203 Tabellen (6., vollst. neu bearb. und stark erw. Aufl). Ulmer.

FRTZ, C., & MALEH, S. (2016). Zivilisationskrankheiten des Pferdes – Ganzheitliche Behandlung chronischer Krankheiten (2.). Georg Thieme Verlag.

GESSLER, A., & ZWEIFEL, R. (2024). Beyond source and sink control – toward an integrated approach to understand the carbon balance in plants. *New Phytologist*, nph.19611. <https://doi.org/10.1111/nph.19611>

GfE, (GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE). (2014). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Pferden (Vollst. überarb. Neuausg). DLG-Verl.

HENDRY, G. (1987). THE ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF FRUCTAN IN A CONTEMPORARY FLORA. *New Phytologist*, 106(s1), 201–216. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04690.x>

INEICHEN, S., KUENZLER, A. D., KREUZER, M., MARQUARDT, S., & REIDY, B. (2019). Digestibility, nitrogen utilization and milk fatty acid profile of dairy cows fed hay from species rich mountainous grasslands with elevated herbal and phenolic contents. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 210–221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.011>

KIEHL, K. (2019). Kalkmagerrasen. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 329–347). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_19



- KOMAINDA, M., MUTO, P., & ISSELSTEIN, J. (2022). Interaction of multispecies sward composition and harvesting management on herbage yield and quality from establishment phase to the subsequent crop. *Grass and Forage Science*, 77(1), 89–99. <https://doi.org/10.1111/gfs.12554>
- KOREVAAR, H., & GEERTS, R. (2015). Long-term effects of nutrients on productivity and species-richness of grasslands: The Ossekampen Grassland Experiment. *Aspects of Applied Biology*, 128, 253–256.
- KÖRNER, C. (2014). Pflanzen im Lebensraum. In J. W. Kadereit, C. Körner, B. Kost, & U. Sonnewald, Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften (S. 759–810). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54435-4_27
- LFL, (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT). (2022). Gruber Tabelle zur Pferdefütterung (8.).
- LUFA NORD-WEST. (2023). Orientierungshilfen zur Beurteilung von Heu-Untersuchungen für die Pferdefütterung. Unpublished document. Institut für Futtermittel.
- NLWKN, (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN-UND NATURSCHUTZ). (2007). Verordnung über das Naturschutzgebiet „Steinberg bei Wesseln“ in der Stadt Bad Salzdetfurth, Landkreis Hildesheim.
- OJIMA, K., & ISAWA, T. (1968). The variation of carbohydrates in various species of grasses and legumes. *Canadian Journal of Botany*, 46(12), 1507–1511. <https://doi.org/10.1139/b68-208>
- R CORE TEAM. (2022). R: A language and environment for statistical computing [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- SCHOPFER, P., BRENNICKE, A., & MOHR, H. (2010). Pflanzenphysiologie (7. Aufl.). Spektrum, Akad. Verl.
- SCHUBIGER, F. X., BOSSHARD, H.-R., & LEHMANN, J. (1998). Nicht-strukturbildende Kohlenhydrate im Wiesenfutter. *Agrar Forschung*, 5(2), 65–68.
- STEINHÖFEL, O., GIERUS, M., & JEROCH, H. (2020). Grünfutter. In H. Jeroch, W. Drochner, M. Rodehutschord, A. Simon, O. Simon, & J. Zentek (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.
- THIELECKE, D. (2023). Potential new grassland species and its suitability for equestrian nutrition. Master's thesis in the scientific programme Equine Science at the Georg-August-Universität Göttingen, Faculty of Agricultural Sciences.
- TISCHEW, S., & HÖLZEL, N. (2019). Wirtschaftsgrünland. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, Renaturierungsökologie (S. 349–368). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_20
- VERVUERT, I., & MEYER, H. (2020A). Diagnostik zur Überprüfung einer adäquaten Energie- und Nährstoffversorgung. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), Pferdefütterung (6.). Georg Thieme Verlag.
- VERVUERT, I., & MEYER, H. (2020B). Fütterungsempfehlungen bei Krankheiten und Störungen. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), Pferdefütterung (6.). Georg Thieme Verlag.
- WATTS, K. A. (2004). Forage and pasture management for laminitic horses. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3(1), 88–95. <https://doi.org/10.1053/j.ctep.2004.07.009>
- WATTS, K. A. (2012). Carbohydrates in Forage: What is a Safe Grass? In J. D. Pagan (Hrsg.), Advances in Equine Nutrition IV (S. 29–42). Nottingham University Press. <https://doi.org/10.7313/UPO9781908062130.005>
- WICHERT, B. (2011). Energiebewertung beim Pferd. <https://doi.org/10.5167/UZH-58464>
- ZERBE, S. (2019). Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt: Ein interdisziplinäres Fachbuch. Springer Spektrum.
- ZEYNER, A., & ZENTEK, J. (2020). Fütterung der Pferde. In H. Jeroch, W. Drochner, M. Rodehutschord, A. Simon, O. Simon, & J. Zentek (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.

Kontakt

Nele Zellmann, M.Sc.
Stiftung Universität Hildesheim
nele.zellmann@htp-tel.de

