

Fütterung mit reduziertem Rohproteingehalt in der Schweinemast

Dano Fiordimondo, Anna-Lena Hütten, Alexander Burren, Joey Menu und Peter Spring
 Berner Fachhochschule – Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (BFH-HAFL),
 3052 Zollikofen, Schweiz

Auskünfte: Peter Spring, E-Mail: peter.spring@bfh.ch
<https://doi.org/10.34776/afs17-150> Publikationsdatum: 24. Juni 2026



Phasenfütterung bedingt homogene Gruppen.
 (Foto: A. Schütz, Suisseporcs)

Zusammenfassung

Die Absenkung des Rohproteingehalts (RP) in der Schweinemast gilt als zentrale Strategie zur Reduktion von Stickstoffverlusten und damit von Ammoniakemissionen. In einem Fütterungsversuch an der BFH-HAFL wurde untersucht, wie sich eine RP-reduzierte Fütterung bei gleichbleibender Versorgung essenzieller Aminosäuren auf die Mastleistung, Schlachtkörperqualität und Proteineffizienz von Mastschwei-

nen auswirkt. Insgesamt 64 Kreuzungstiere der PREMIO®-Vaterlinie wurden in einem Blockdesign zwei Fütterungsvarianten zugeteilt (Kontrolle vs. RP-reduziert). Pro Variante wurden in 4 Buchten je 4 weibliche Tiere und 4 Kastraten gemästet. Pelletiertes Futter war *ad libitum* verfügbar. Alle Futtermittel wurden mit 13,8 MJ VES/kg FS und folgenden Rohproteingehalten formuliert: Vormast Kontrolle 16,3 %, Ausmast Kontrolle 13,2 %, Vormast RP-reduziert 14,3 %, Ausmast RP-reduziert 12,0 %. Die Versorgung für acht essenzielle Aminosäuren war in beiden Fütterungsvarianten gleich. Leistungsparameter, Schlachtmerkmale sowie Stickstoffbilanzen wurden erfasst und statistisch ausgewertet. Die Reduktion des Rohproteingehaltes hatte keinen Einfluss auf die täglichen Zunahmen (Kontrolle = $1,01 \pm 0,02$ kg; RP-reduziert = $1,02 \pm 0,02$ kg; $P=0,851$), den Futtermittelverzehr (Kontrolle = $2,28 \pm 0,04$; RP-reduziert = $2,32 \pm 0,04$; $P=0,458$), die Futtermittelverwertung (Kontrolle = $2,26 \pm 0,02$; RP-reduziert $2,29 \pm 0,02$; $P=0,242$) oder den Magerfleischanteil. Weibliche Tiere wiesen erwartungsgemäss signifikant höhere Magerfleischanteile auf als Kastraten. Während sich der Stickstoffansatz zwischen den Varianten nicht unterschied, führte der deutlich geringere N-Input in der RP-reduzierten Gruppe zu einer signifikant höheren Stickstoffeffizienz (Kontrolle = $48,7 \pm 0,36$ %; RP-reduziert $54,0 \pm 0,36$; $P < 0,001$). Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Rohproteingehalt im Futter bei optimaler Aminosäureversorgung substanziell senken lässt, ohne Leistungseinbußen zu verursachen. Gleichzeitig verbessert sich die Stickstoffeffizienz signifikant. Weitere Untersuchungen unter verschiedenen Haltebedingungen werden empfohlen, um negative Einflüsse auf die Tiergesundheit auszuschliessen und die Übertragbarkeit der Resultate umfassend zu bewerten.

Key words: crude protein, N efficiency, fattening pigs.

Einleitung

Die Schweinehaltung steht vor der Herausforderung, ihre Ressourceneffizienz kontinuierlich zu steigern und den CO₂-Fussabdruck zu minimieren, um ökologische Belastungen zu verringern und gleichzeitig ökonomische Stabilität zu gewährleisten. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Proteineffizienz, da Protein eine Schlüsselressource in der Schweineproduktion darstellt. Eine unzureichende Proteinausnutzung führt nicht nur zu erhöhtem Ressourcenverbrauch und steigenden Produktionskosten, sondern auch zu Ammoniakemissionen, die erhebliche Umweltbelastungen verursachen. Sie tragen zur Versauerung und Eutrophierung empfindlicher Ökosysteme bei und beeinträchtigen langfristig deren Biodiversität (Kupper und Häni, 2022). Die Schweiz ist durch internationale Abkommen (UNECE) verpflichtet, Ammoniakemissionen regelmässig zu berechnen. Verlässliche Emissionsinventare und die Zuordnung zu Quellengruppen sind eine wichtige Voraussetzung, um Stickstoffeinträge in naturnahe Ökosysteme gezielt zu reduzieren.

Im Jahr 2020 emittierte die Landwirtschaft 41,3 kt Stickstoff (N) in Form von Ammoniak (NH₃). Innerhalb des Sektors entfielen 93 % der Emissionen auf die Tierproduktion. Schweine trugen mit 5,6 kt NH₃-N rund 15 % zum Gesamtwert der Tierproduktion bei (Kupper *et al.*, 2022). Die Emissionen der Landwirtschaft nahmen zwischen 1990 und 2020 um 23 % ab, jene der Schweinehaltung um 49 %.

Ein wesentlicher Teil dieser Reduktion ist auf die Absenkung des Rohproteingehalts in Schweinefutter zurückzuführen (von Wyl *et al.*, 2023). Zur weiteren Unterstützung der Produzentinnen und Produzenten bei der Reduktion des RP-Gehalts hat der Bund das Programm «Ressourceneffizienzbeiträge (REB) – Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen» lanciert (Beitragsperiode 2023–2026). Für Mastschweine schreibt das Programm einen gewichteten maximalen Rohproteingehalt von 10,5 g RP pro MJ VES vor (Agridea, 2026). Weber *et al.*, (2021) weist darauf hin, dass sich durch den gezielten Einsatz von Aminosäuren die Rohproteingehalte in Schweinemastfutter mittelfristig unter diese Grenze senken lassen. Cappelaere *et al.* (2024) untersuchten ein Fütterungskonzept mit Rohproteingehalten von 15,0 % in der Vormast und 13,8 % in der Mittelmast. Dabei konnten durch die Proteinabsenkung weder signifikante Effekte auf die täglichen Zunahmen und die Futtermittelverwertung noch auf die Körperzusammensetzung festgestellt werden. Ein Versuch aus Deutschland (Weber, 2021) zeigte, dass in einem dreiphasigen Fütterungsprogramm der Rohproteingehalt in der Ausmastphase bei

adäquater Aminosäureversorgung ohne Leistungseinbussen auf 12,3 % reduziert werden konnte.

Der Proteinbedarf von Mastschweinen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, darunter genetisches Potenzial, Wachstumsphase, Geschlecht, Körperzusammensetzung, Futteraufnahme, Aminosäureverfügbarkeit, Gesundheitsstatus und Umweltbedingungen. Daher ist es essenziell, Versuche mit lokaler Genetik und standortspezifischen Bedingungen durchzuführen, um die Praxistauglichkeit solcher Strategien sicherzustellen. Ziel des vorliegenden Versuchs war der Einfluss des Rohproteingehalts im Mastschweinefutter auf die Mast- und Schlachtleistung und die Proteineffizienz zu untersuchen.

Material und Methoden

Der Fütterungsversuch wurde im Versuchsstall der BFH-HAFL in Zollikofen als Blockversuch mit zwei Fütterungsvarianten (Kontrolle und RP-reduziert) und vier Wiederholungen (Buchten) pro Variante durchgeführt. Insgesamt wurden 64 Mastschweine der Vaterlinie PREMO® nach Geschlecht (je vier Kastraten und vier weibliche Tiere pro Bucht), Genetik und Körpergewicht (mittleres Anfangsgewicht: 24,8 kg Lebendgewicht) den Versuchsgruppen zugeteilt.

Die Tiere wurden in Buchten mit Teilspaltenboden (Gesamtfläche 9,2 m² und Liegefläche 5,6 m²) gehalten und über Trockenfutterautomaten mit pelletiertem Futter *ad libitum* versorgt. Nach sieben Wochen Versuchsdauer (mittleres Gewicht: 67,5 kg) erfolgte die Umstellung von Vormast- auf Ausmastfutter. Die Kontrollrationen erfüllten die im REB-Programm festgelegten Vorgaben von 10,5 g RP pro MJ VES (Tabelle 1). Die RP-reduzierten Rationen wiesen für acht essentielle Aminosäuren identische Konzentrationen wie die Kontrollrationen auf, jedoch waren die RP-Gehalte im Vergleich zur Kontrolle in der Vormast um 12 % und in der Ausmast um 9 % reduziert. Die berechneten Nährstoffgehalte stimmten gut mit den analysierten Werten überein.

Die Leistungsdaten wurden getrennt für die Vormast- und Ausmastphase erfasst. Am Ende jeder Phase erfolgte eine Einzelverwiegung sowie die Erfassung der insgesamt verfütterten Futtermenge pro Bucht. Tierverluste, Krankheitsfälle und Behandlungen wurden täglich dokumentiert.

Die Schlachtung der Tiere erfolgte in einem kommerziellen Schlachthof an zwei Terminen (nach 84 bzw. 97 Tagen) bei einem angestrebten Endgewicht von

Tabelle 1 | Gehaltsangaben der verwendeten Vor- und Ausmastfutter

Parameter	Vormast		Ausmast	
	Kontrolle	RP-reduziert	Kontrolle	RP-reduziert
Berechnete Werte:				
VES [MJ/kg]	13,8	13,8	13,8	13,8
Rohprotein [g/kg]	163,0	143,0	132,0	120,0
Rohfaser [g/kg]	38,0	38,0	38,0	38,0
Rohfett [g/kg]	45,0	45,0	40,0	40,0
Lysine [g/kg]	10,0	10,0	7,5	7,5
vLysin [g/kg] ¹	8,8	8,8	6,6	6,6
vMet&vCys [g/kg] ¹	5,5	5,5	4,1	4,1
vThreonin [g/kg] ¹	5,7	5,7	4,3	4,3
vTryptophan [g/kg] ¹	1,8	1,8	1,3	1,3
vIsoleucin [g/kg] ¹	4,9	4,9	3,6	3,6
vValin [g/kg] ¹	6,0	6,0	4,5	4,5
vLeucin [g/kg] ¹	8,8	8,8	6,6	6,6
Ca [g/kg]	6,0	6,0	5,1	5,1
P [g/kg]	4,5	4,5	3,7	3,7
VDP [g/kg]	2,9	2,9	2,3	2,3
Na [g/kg]	1,9	1,9	1,9	1,9
Analysierte Werte:				
Rohprotein [g/kg]	169,0	146,0	133,0	121,0
Rohfaser [g/kg]	37,0	38,0	37,0	39,0
Rohfett [g/kg]	44,0	43,0	41,0	40,0

¹Standardisiert ileal verdauliche Aminosäuren

115 kg Lebendgewicht (LG). Der Magerfleischanteil (MFA_{gesamt}) sowie der Bauchfaktor (MFA_{Bauch}) wurden mittels AutoFom-Technologie bestimmt und den jeweiligen Einzeltieren zugeordnet.

Zur Berechnung der Proteineffizienz wurde ein Stickstoffansatz von 26 g/kg Lebendgewicht zugrunde gelegt (GRUD, 2025). Die Proteineffizienz wurde sowohl auf Basis des gesamten Rohproteins als auch des verdaulichen Rohproteins (gemäss Futterformulierung) berechnet. Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Programm RStudio (version 4.3.1, R Core Team, 2023) unter Anwendung eines ANOVA-Blockdesigns. Paarweise Mittelwertvergleiche erfolgten mittels Tukey-HSD-Test (Signifikanzniveau $\alpha=0,05$). Die MFA-Daten wurden zusätzlich mit einem gemischten linearen Modell untersucht, bei dem Geschlecht und Fütterung als Faktoren berücksichtigt wurden.

Resultate und Diskussion

Die Tiergesundheit war während der gesamten Versuchsdauer auf einem hohen Niveau. In der proteinreduzierten Versuchsgruppe verendete in der dritten Versuchswoche ein Tier infolge eines Hämorrhagischen Intestinal-Syndroms (HIS). Zudem musste in der Kontrollgruppe ein Tier aufgrund einer Lahmheit über vier Tage mit Antibiotika behandelt werden. Abgesehen von diesen Einzelfällen traten keine weiteren Gesundheits-

störungen auf.

Die unterschiedliche Proteinversorgung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die täglichen Zunahmen oder die Futterverwertung (Tabelle 2). Die durchschnittliche tägliche Zunahme über die gesamte Versuchsperiode lag bei knapp über 1000 g. Die Futterverwertung betrug in der Kontrollgruppe 2,26 kg/kg Zuwachs (31,2 MJ VES/kg) und in der Gruppe mit reduzierter Rohproteinversorgung 2,29 kg/kg Zuwachs (31,6 MJ VES/kg). Diese Leistungen, insbesondere die Futterverwertung, können als sehr gut bezeichnet werden. Patience *et al.* (2015) publizierten in einer Review Futterverwertungswerte für vergleichbare Gewichtsbereiche von 2,64 bei *ad libitum* Fütterung, und Weber *et al.* (2021) erzielte Werte von 2,55 bis 2,62. Der Versuch wurde mit Kreuzungstieren von PREMO® durchgeführt. PREMO® ist die Vatterrasse mit der besten Futterverwertung, welche in der Schweiz im Einsatz steht. Patience *et al.* (2015) zeigten, dass neben der Fütterung und der Genetik auch das Stallklima und die Tiergesundheit wichtige Einflussfaktoren darstellen. Die Tiergesundheit war im vorliegenden Versuch sehr gut und das Stallklima in der Versuchseinheit war optimal geregelt. Kannibalismus wurde während der gesamten Mastdauer nicht beobachtet.

Der durchschnittliche MFA_{gesamt} über beide Versuchsgruppen betrug 56,4 % und wurde durch den Rohproteingehalt des Futters nicht signifikant beeinflusst (Abbildung 1). Dieser Wert liegt leicht unter dem Durchschnitt

Tabelle 2 | Einfluss unterschiedlicher Rohproteingehalte auf die Mastleistung von Schweinen (Mittelwert \pm SE)

Parameter	Kontrolle	RP-reduziert	p-Wert
LG Beginn Vormast [kg]	24,7 \pm 0,08	24,8 \pm 0,08	0,440
LG Beginn Ausmast [kg]	66,9 \pm 1,08	68,1 \pm 1,08	0,436
LG Schlachtung [kg]	115,3 \pm 1,54	115,5 \pm 1,54	0,904
Tageszunahme Vormast [kg/Tag]	0,90 \pm 0,02	0,92 \pm 0,02	0,445
Tageszunahme Ausmast [kg/Tag]	1,12 \pm 0,03	1,14 \pm 0,03	0,261
Tageszunahme gesamte Mast [kg/Tag]	1,01 \pm 0,02	1,02 \pm 0,02	0,851
Futtermittelverzehr Vormast [kg/Tag]	1,81 \pm 0,04	1,88 \pm 0,04	0,255
Futtermittelverzehr Ausmast [kg/Tag]	2,81 \pm 0,07	2,81 \pm 0,06	0,913
Futtermittelverzehr gesamte Mast [kg/Tag]	2,28 \pm 0,04	2,32 \pm 0,04	0,458
Futtermittelverwertung Vormast [kg/kg]	2,02 \pm 0,02	2,04 \pm 0,01	0,374
Futtermittelverwertung Ausmast [kg/kg]	2,46 \pm 0,02	2,51 \pm 0,02	0,202
Futtermittelverwertung gesamte Mast [kg/kg]	2,26 \pm 0,02	2,29 \pm 0,02	0,242

***P < 0,001, hoch signifikant **P < 0,01, deutlich signifikant *P < 0,05, signifikant

von 57,1 % der im Jahr 2023 in der Schweiz geschlachteten Schweine. Der MFA_{Bauch} lag bei der Kontrollgruppe numerisch ($P=0,108$) höher (53,2 %) als mit proteinreduzierter Fütterung (51,8 %) (Abbildung 2). Der MFA_{Bauch} könnte ein sensibler Indikator sein, um Veränderungen in der Körperzusammensetzung bei reduzierter Proteinfütterung aufzuzeigen und sollte daher in Folgestudien berücksichtigt werden.

Der MFA_{gesamt} der weiblichen Tiere lag um 2,4 % signifikant höher als derjenige der Kastraten (Abbildung 2). Beim MFA_{Bauch} zeigte sich ebenfalls eine signifikante Geschlechtsdifferenz von 3,4 % (54,2 vs. 50,8 %).

Die Fütterungsvarianten hatten keinen signifikanten Einfluss auf Mast- und Schlachtleistungen und damit auf den Protein-/Stickstoffansatz. Die Reduktion des Rohproteingehalts führte jedoch zu einem signifikant geringeren Stickstoffinput in der proteinreduzierten Gruppe. Aufgrund des niedrigeren N-Inputs wies die proteinreduzierte Gruppe eine signifikant höhere Stickstoffeffizienz (Tabelle 3).

Die Stickstoffeffizienzen der Kontrollgruppe sind mit 48,7 % und der RP-reduzierten Gruppe mit 54,0 % als sehr hoch einzuschätzen. In der Studie von Millet *et al.* (2018) wurde die maximal erreichbare Stickstoffeffizienz für die Produktion von marktfähigem Schweinefleisch auf rund 57 % für Tiere zwischen 8 und 110 kg geschätzt. Für Schweine ab 25 kg dürfte dieser theoretische Maximalwert etwas tiefer liegen, da der Futtermittelverwertungsindex im Bereich zwischen 8 und 25 kg vergleichsweise tief ist. Die RP-reduzierte Gruppe erreichte mit 54,0 % einen Wert, der sehr nahe an diesen theoretischen Maximalbereich heranreicht. Die Proteineffizienz aus anderen Versuchen mit vergleichbarer Genetik (Oluwada

Ewaoluwabemiga *et al.*, 2023) liegt mit 39 % wesentlich tiefer. Allgemein kann die Effizienz im vorliegenden Versuch als sehr hoch bezeichnet werden. Die sehr gute Futtermittelverwertung und die starke Absenkung der Rohproteingehalte haben wesentlich dazu beigetragen. Die Tiere in der RP-reduzierten Gruppe haben 207,7 kg Futter mit 27,3 kg RP aufgenommen. Dies entspricht einem RP-Gehalt von 131,7 g/kg Futter und bei 13,8 MJ VES/kg einem Wert von 9,54 g RP/MJ VES. Dieser Wert liegt knapp 10 % unter den aktuellen Vorgaben des REB (Agridea, 2026). Durch die gezielte Absenkung des Rohproteingehalts im Futter in der RP-reduzierten Gruppe sowie die sehr gute Futtermittelverwertung liegt die N-Ausscheidung bei lediglich 2,01 kg pro Tier (4,37 kg – 2,36 kg). Dies entspricht einer Unterschreitung von 48 % gegenüber dem in den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD, 2025) angegebenen aktuellen Ausscheidungswert von 3,9 kg N pro Tier. Auch der Ausscheidungswert der Kontrollgruppe (2,48 kg/Tier) liegt deutlich unter dem GRUD-Referenzwert. Da der GRUD-Wert auf einem angenommenen Rohproteingehalt von 170 g/kg Futter basiert, erscheint eine Überprüfung und Aktualisierung dieses Referenzwertes angezeigt.

Die vorliegenden positiven Versuchsergebnisse zeigen, dass durch den konsequenten Einsatz von Aminosäuren Potenzial zur weiteren Senkung der Rohproteingehalte im Futter besteht. Weitere Rohproteinabsenkungen erfordern jedoch in der Praxis ein Höchstmass an Präzision bei Futterherstellung, Stallklimasteuerung und Tiergesundheitsmanagement. Um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen, sind zusätzliche Untersuchungen unter unterschiedlichen Haltungs- und Management-

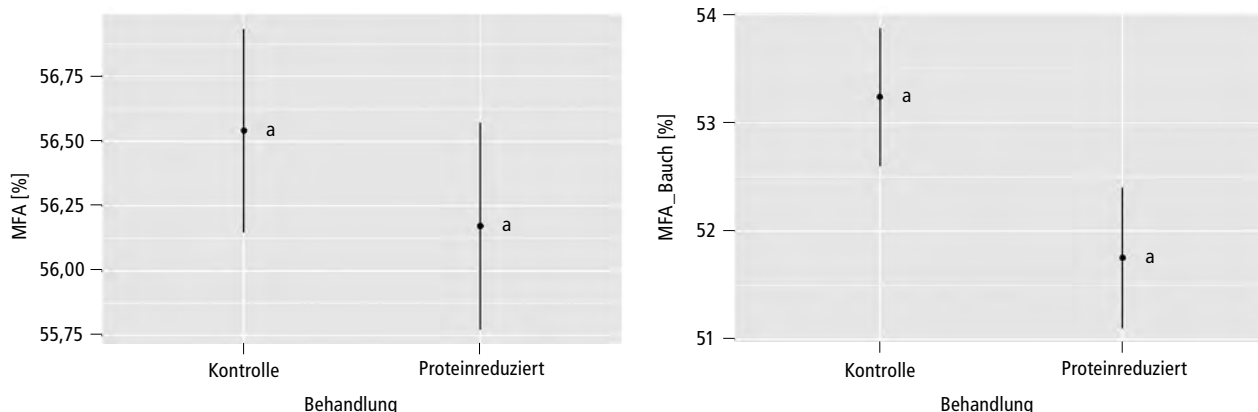


Abbildung 1 | Einfluss unterschiedlicher Rohproteingehalte auf MFA_{gesamt} und MFA_{Bauch}. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Ertrag (ANOVA mit Blockfaktor, Tukey-HSD-Test, p < 0,05).

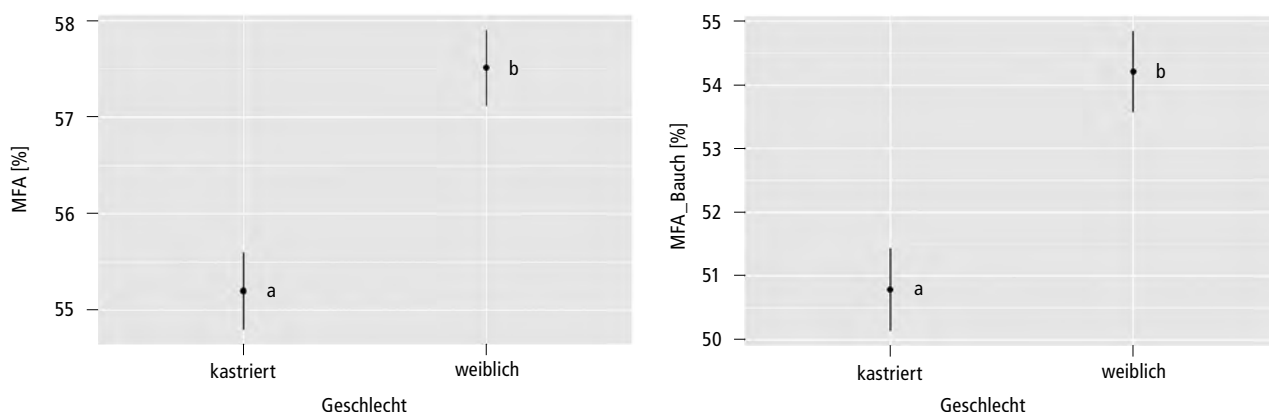


Abbildung 2 | Einfluss des Geschlechts auf MFA_{gesamt} und MFA_{Bauch}. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Ertrag (ANOVA mit Blockfaktor, Tukey-HSD-Test, p < 0,05).

bedingungen erforderlich. Dabei gilt es zu klären, welche Auswirkungen niedrigere Rohproteingehalte auf die Gesamtnachhaltigkeit der Produktion haben. Ohne die Gewährleistung optimaler Umfeldbedingungen besteht ein erhöhtes Risiko für Leistungseinbußen sowie mögliche negative Effekte auf Tiergesundheit und Tierverhalten.

Tabelle 3 | Einfluss unterschiedlicher Rohproteingehalt auf die N-Effizienz von Schweinen (Mittelwert ± SE)

Parameter	Kontrolle	RP-reduziert	P-Wert
N-Input [kg]	4,84 ± 0,07	4,37 ± 0,07	0,004**
verd. N-Input [kg]	3,70 ± 0,06	3,30 ± 0,06	0,002**
N-Ansatz [kg]	2,36 ± 0,04	2,36 ± 0,04	0,942
N-Effizienz [%]	48,7 ± 0,36	54,0 ± 0,36	0,001**
verd. N-Effizienz [%]	63,1 ± 0,48	71,5 ± 0,48	0,001***

***P < 0,001, hoch signifikant **P < 0,01, deutlich signifikant *P < 0,05, signifikant

Schlussfolgerungen

- Eine Absenkung des Rohproteingehalts in der Vormast auf 143 g/kg FS und in der Ausmast auf 120 g/kg FS unter Beibehaltung der Versorgung essenzieller Aminosäuren zeigte keine signifikanten Auswirkungen auf die Leistung von Mastschweinen im Gewichtsbereich von 25–115 kg LG.
- Mit der Absenkung wurde eine Proteineffizienz von 54,0% erzielt. Vom verdaulichen Protein wurden 71,5% im Körper angesetzt.
- In der RP-reduzierten Gruppe beträgt die N-Ausscheidung 2,01 kg pro Tier und liegt damit 48% unter dem GRUD-Referenzwert von 3,9 kg pro Tier (GRUD, 2025).
- Zur Absicherung der Ergebnisse sind weitere Untersuchungen unter unterschiedlichen Haltungs- und Managementbedingungen nötig, insbesondere zur Ausschließung negativer Effekte auf Tiergesundheit und -verhalten.

Literatur

- Agridea, 2026. Ressourceneffizienzbeiträge REB, Beitragsdauer 1.1.2023–31.12.2026.
- Stickstoffreduzierte Phasenfütterung. www.blw.admin.ch/de/ressourcen/effizienzbeitraege#Stickstoffreduzierte-Phasenfuetterung-von-Schweinen-bei-Schweinen
- Oluwada EwaoluwaGbemiga, E., G. Bee and C. Kasper. 2023. Genetic analysis of protein efficiency and its association with performance and meat quality traits under a protein-restricted diet. *Genetics Selection Evolution*. 55:35. doi:[10.1186/s12711-023-00812-3](https://doi.org/10.1186/s12711-023-00812-3).
- Cappelaeere, L., F. Garcia-Launay, D. Larios, A. Simongiovanni, S. Godbout and M. Letourneau-Montminy. 2024. Environmental benefits of crude protein reduction in growing pig diets: is it worth going further? *Journal of Animal Science*. <https://academic.oup.com/jas/article/doi/10.1093/jas/skaf317/7845164>
- GRUD. 2025. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/grud.html>.
- Kupper T., C Häni, D. Bretscher und F. Zaucker. 2022. Ammoniakemissionen der Schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020. *Agrarforschung*. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2022/11/ammoniakemissionen-der-schweizer-landwirtschaft-1990-bis-2020/#fazit>.
- Millet, S., M. Aluwé, A. Van den Broeke, F. Leen, J. De Boever and S. De Campeneere. 2017. Review: Pork production with maximal nitrogen efficiency. *Animal*: 12:5, 1060–1067. doi:[10.1017/S1751731117002610](https://doi.org/10.1017/S1751731117002610).
- Patience, J.F., M.C. Rossoni-Serão and N.A. Gutiérrez. 2015. A review of feed efficiency in swine: biology and application. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 6:33. DOI 10.1186/s40104-015-0031-2 REB. 2023. Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen. Ressourceneffizienzbeiträge.
- Proviande. 2025. Schweineklassifizierung in der Schweiz – Einschätzungssystem für Schweineschlachtkörper. https://www.proviande.ch/sites/proviande/files/2024-12/Brosch%C3%BCre_Schweineklassifizierung_2025_0.pdf.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accessed Jan. 17, 2024. <https://www.R-project.org/>.
- von Wyl, H., T. Küng, T. Kupper, P. Spring. 2023 Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandsaufnahme 2021. *Agrarforschung: Agrarforschung Schweiz* 14: 116–121. doi:[10.34776/afs14-116](https://doi.org/10.34776/afs14-116).
- Weber, M., H. Mäurer, S. Schmidt, E. von Klopotek und K. Bönisch. 2021. Umweltgerechte Mastschweinefütterung – Minimalproteinkonzept. Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt. https://lgl.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/schweinehaltung/21_umweltgerechte-mastschweinefuetterung_versuchsbericht.pdf