

Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandsaufnahme 2021

Heinrich von Wyl, Tobias Küng, Thomas Kupper 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/afs14-116> Publikationsdatum: 23. Juni 2023



Die Fütterung ist ein wichtiger Ansatzpunkt, um die Ammoniakemissionen zu senken.
 (Foto: Agroscope, Gabriela Brändle)

Zusammenfassung

Zum Schutz sensibler Ökosysteme hat der Bund entschieden, die Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft zu senken. Um die Ammoniakemissionen zu senken, erweist sich die Fütterung als wichtiger Ansatzpunkt. Ziel der vorliegenden Studie ist, den aktuellen Stand der Proteinversorgung in der Schweinehaltung zu erfassen, die Entwicklung aufzuzeigen und Optimierungspotential auszuloten. Die Umfrage umfasste 88,5 % des Marktanteils des Alleinfutters für Schweine. Futtergehalte (Verdauliche Energie Schweine (VES), Rohprotein (RP), Lysin, und Phosphor) sowie die prozentualen Produktionsmengen der verschiedenen Futter wurden erfasst. Die Daten zeigen, dass die durchschnittlichen Rohproteingehalte (g RP/kg) seit 2008 bei leicht steigenden Energiegehalten in allen Futterkate-

gorien gesunken sind. Dabei sind die Rohproteingehalte der Ausmastfutter (136,35 g RP bei 13,98 MJ VES/kg) am stärksten (–19,41 g RP/kg) gesunken. Jedoch setzen nur knapp 50 % der Mastbetriebe ein Ausmastfutter ein. Bei Muttersauen sind vor allem die Rohproteingehalte der Galtsauenfutter (127,67 g RP bei 12,06 MJ VES/kg) gesunken (–11,45 g RP/kg). Die Phosphorgehalte der verschiedenen Futter haben sich mit Ausnahme der Vormastfutter (+0,23 g P/kg) seit 2008 wenig verändert. Die Umsetzung der Phasenfütterung auf allen Schweinemastbetrieben bietet weiterhin erhebliches Optimierungspotential in der Rohproteinversorgung der Schweinehaltung.

Key words: compound feed, pigs, protein content, survey.

Einleitung

Zu hohe Stickstoffeinträge aus der Luft führen zu einer Überdüngung von sensiblen Ökosystemen wie Wälder, Magerwiesen und Moorlandschaften sowie zu einer Eutrophierung der Seen (BAFU, 2022). Der Stickstoff wird vor allem via NH₃ eingetragen. Die Tierhaltung gilt dabei als Hauptverursacher. 94 % der NH₃-Verluste werden durch die Landwirtschaft verursacht. Davon stammen 93 % aus der Tierhaltung, wobei die Schweine mit 15 % nach dem Rindvieh mengenmässig die zweitgrösste Quelle sind (Kupper *et al.*, 2022). Zum Schutz der Ökosysteme hat der Bund entschieden, dass bis im Jahr 2030 die Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft gegenüber dem Mittelwert der Jahre 2014–16 um 20 % gesenkt werden sollen (BLW, 2022).

Um die NH₃-Emissionen zu senken und die Abhängigkeit von importierten Proteinfuttermitteln zu reduzieren, erweist sich die Fütterung als wichtiger Ansatzpunkt (Agridea, 2022). Werden durch eine optimierte Fütterung die N-Ausscheidungen über den Harn reduziert, können dadurch die Stickstoffemissionen entlang der gesamten Verlustkette, vom Stall über den Auslauf und das Güllelager bis zum Ausbringen, reduziert werden.

Im Jahr 2008 wurde der Stand der Proteinversorgung beim Schwein in der Schweiz systematisch erhoben (Bracher und Spring, 2011). Ein Situationsanalyse liegt auch aus dem Jahre 1994 vor (Kessler *et al.*, 1994). Ziel dieser Studie ist, den aktuellen Stand der Proteinversorgung in der Schweinehaltung in Zusammenarbeit mit der Branche zu erfassen, die Entwicklung gegenüber früheren Erhebungen aufzuzeigen und Optimierungspotential auszuloten.

Material und Methoden

Die gesamtschweizerische Mischfutterproduktion wird statistisch nicht zentral erfasst. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Erhebung elf Firmen gezielt angefragt, welche 88,5 % des Mischfutters für Schweine herstellen und auf den Markt bringen. Anhand eines Formulars wurden Angaben zum Futtersortiment, zu den Futtergehalten (Verdauliche Energie Schweine (VES), Rohprotein (RP), Lysin, und Phosphor) und den prozentualen Produktionsmengen innerhalb des Betriebs zusammengetragen. Es wurden nur die Misch-

Tabelle 1 | Nährwertgehalte von Durchmast-, Vormast- und Ausmastfutter

Durchmast		VES (MJ/kg)	RP (g/kg)	Lys (g/kg)	P (g/kg)	RP/ MJ VES	Lys/ MJ VES	P/ MJ VES
Durchmastfutter								
(n=35)	X	13,91	150,28	10,11	4,09	10,80	0,73	0,29
	min	13,30	142,00	9,50	3,90	10,35	0,67	0,28
	max	14,40	180,00	11,30	5,50	12,50	0,78	0,41
	sd	0,26	6,50	0,36	0,44	0,39	0,03	0,03
	gX	13,84	151,60	10,14	4,23	10,95	0,73	0,31
zu Schotte								
(n=18)	X	13,88	155,37	10,48	4,07	11,20	0,76	0,29
	min	13,50	145,00	9,8	3,70	10,56	0,72	0,27
	max	14,20	160,00	10,80	5,00	11,48	0,79	0,36
	sd	0,21	4,63	0,28	0,36	0,34	0,02	0,03
	gX	13,81	153,00	10,28	4,08	11,08	0,74	0,30
gesamt								
(n=53)	X	13,90	151,00	10,16	4,08	10,86	0,73	0,29
Vormast								
(n=36)	X	13,96	160,41	11,13	4,42	11,49	0,80	0,32
	min	13,50	145,00	9,80	3,70	10,71	0,73	0,26
	max	14,20	165,00	13,14	6,50	12,04	0,95	0,47
	sd	0,19	4,45	0,58	0,47	0,30	0,04	0,03
	gX	13,87	159,42	10,99	4,40	11,49	0,79	0,32
Ausmast								
(n=33)	X	13,98	136,35	8,93	3,84	9,75	0,64	0,27
	min	13,40	120,00	6,90	3,60	9,29	0,49	0,26
	max	14,40	150,00	10,20	4,30	11,19	0,73	0,31
	sd	0,22	7,65	0,75	0,15	0,55	0,05	0,01
	gX	13,92	138,67	8,97	3,88	9,96	0,64	0,28

X Mittelwert

gX gewichteter Mittelwert, basierend auf geschätzten Marktanteilen

futter aufgenommen, welche als Alleinfutter oder als Ergänzungsfutter zu Schotte verfüttert werden. Ferkel-Spezialfutter, welche weniger als sechs Tage nach dem Absetzen eingesetzt werden, wurden nicht erfasst. Die erfassten Daten wurden nach den Tierkategorien Ferkel, Mastschweine und Sauen ausgewertet. Die durchschnittlichen Futtergehalte pro Betrieb wurden unter Berücksichtigung der prozentualen Produktionsmengen innerhalb des Betriebs berechnet. Die Futtermittelhersteller machten keine Angaben zum totalen Produktionsvolumen. Daher basieren die gewichteten Mittelwerte über dem erfassten Teil des Marktes auf einer Schätzung des Marktanteils der Firmen, welche Daten zur Verfügung gestellt haben. Basierend auf den Angaben für Vormast-, Ausmast- und Durchmastfutter konnte der Anteil Phasenfütterung in der Mast ermittelt werden. Des Weiteren wurde der Einsatz von Vormast-, Ausmast- und Durchmastfutter nach Betriebsgrösse (Mastschweineplätze pro Betrieb) erhoben.

Resultate und Diskussion

Mastfutter

Die Tabelle 1 zeigt die Gehalte der verschiedenen Mastfuttertypen. Die durchschnittlichen Energiegehalte liegen in einer engen Spanne zwischen 13,88 und 13,98 MJ VES/kg. Der durchschnittliche RP-Gehalt der 53 erfassten Durchmastfutter liegt bei 151,00 g RP/kg mit 13,90 MJ

VES/kg. Durchmastfutter zu Schotte enthalten im Durchschnitt 5,09 g mehr RP/kg als Durchmastfutter, welche als reine Alleinfutter eingesetzt werden. Vormastfutter enthalten durchschnittlich 160,41 g RP und 4,42 g P pro kg, Ausmastfutter 136,35 g RP und 3,84 g P pro kg. Der Mastanteil von Durchmastfutter beträgt 52,42 %. Im Vergleich zur Erhebung von 1994 (Kessler *et al.*, 1994) sind die RP-Gehalte bei Durchmastfutter um 33,00 g/kg gesunken. In der Erhebung von 2008 wurden bei Durchmastfüttern zwischen Standard- und NPr-Futter (Futter mit reduzierten N- und P-Gehalten) unterschieden (Bracher und Spring, 2011). Die Standardfutter sind in den letzten Jahren aus dem Markt verschwunden. Im Vergleich zu den NPr-Füttern konnte eine Absenkung des RP-Gehaltes von -7,04 g/kg ermittelt werden (Abb. 1). Diese Senkung wurde bei leicht steigenden Energiegehalten der Futter umgesetzt. Die Rohproteingehalte der Vormastfutter sind seit 2008 im Vergleich zu NPr-Füttern nur wenig gesunken, während bei den Ausmastfüttern eine Reduktion von -19,41 g RP/kg ermittelt wurde. In den Ausmastfüttern wurde parallel dazu ebenfalls der Lysingehalt von 9,34 auf 8,93 g/kg gesenkt. Das Verhältnis von Rohprotein zu Energie beträgt beim Vormastfutter 11,46 und beim Ausmastfutter 9,75 g RP/MJ VES. Verglichen mit den nationalen Fütterungsempfehlungen (Agrosope, 2004) entspricht das einem Tier mit 45 kg, respektive 105 kg LG. Damit liegt der Wert in der Vormast ungefähr in der Mitte der Einsatzphase, während

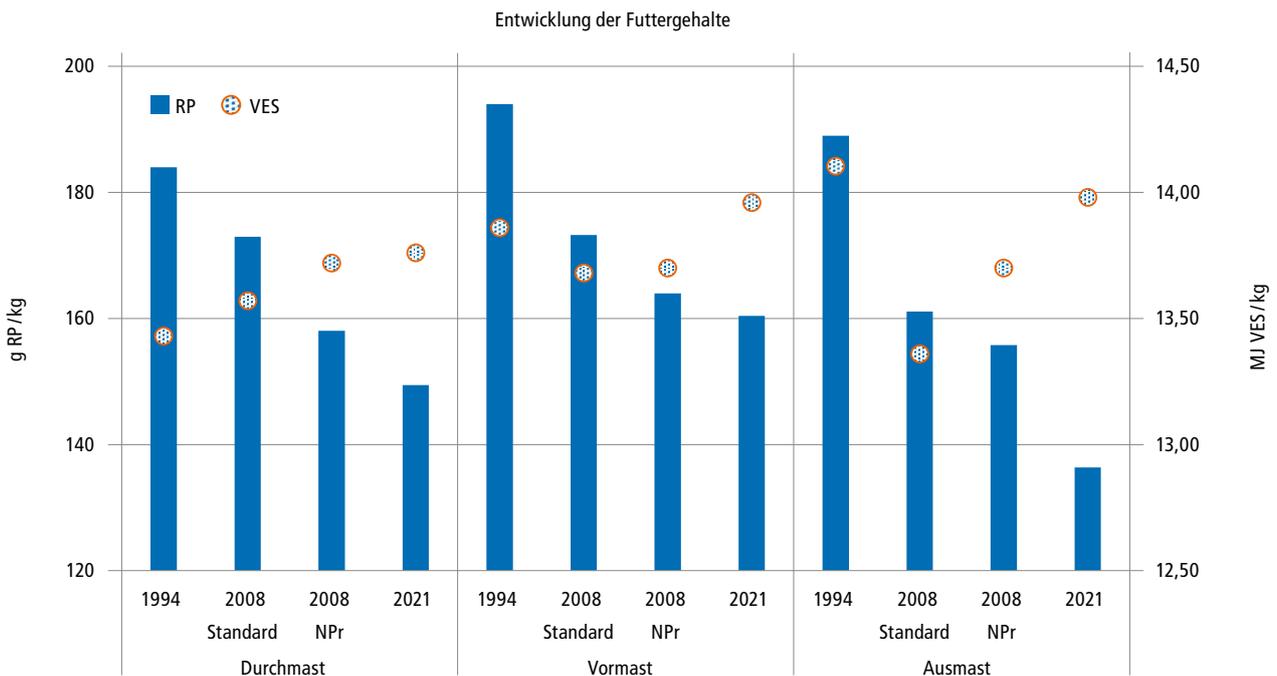


Abb. 1 | Vergleich der Mischfuttergehalte für Mastschweine von 1994, 2008 und der Erhebung 2021. (Kessler *et al.*, 1994; Bracher und Spring, 2011)

er in der Ausmast im oberen Einsatzbereich liegt. Der Anteil Phasenfütterung ist seit 2008 von 10 % (Bracher und Spring, 2011) auf knapp 50 % gestiegen. Ob und wie die Betriebsgrösse die Umsetzung von Phasenfütterung beeinflusst, konnte aufgrund der ungenügenden Datenqualität nicht ermittelt werden. Dazu wäre ein anderer Studienansatz nötig. Gut 50 % der Betriebe füttern in der Ausmastphase immer noch Durchmastfutter, welche im Durchschnitt einen um +14,65 g/kg höheren RP-Ge-

halt aufweisen als Ausmastfutter. Der dadurch verursachte Proteinüberschuss sollte durch die konsequente Umsetzung von Phasenfütterung, die eventuell mit einer weiteren Absenkung des RP-Gehaltes in der Ausmast gekoppelt werden könnte (Ruiz-Ascacibar *et al.*, 2017), eliminiert werden. Die Phosphorgehalte von Durchmast- und Ausmastfutter sind vergleichbar mit den erhobenen Werten von 2008. Vormastfutter weisen heute mit 4,42 g P/kg einen um +0,23 g P/kg höheren

Tabelle 2 | Nährwertgehalte von Galtsau- und Säugendfutter

		VES (MJ/kg)	RP (g/kg)	Lys (g/kg)	P (g/kg)	RP/ MJ VES	Lys/ MJ VES	P/ MJ VES
Galtfutter								
(n=29)	X	12,06	127,67	6,88	4,53	10,59	0,57	0,38
	min	11,60	120,00	5,50	4,10	9,52	0,47	0,32
	max	13,00	152,00	9,20	6,00	12,50	0,71	0,50
	sd	0,39	9,28	0,70	0,36	0,71	0,05	0,03
	gX	12,20	132,48	6,79	4,46	10,86	0,56	0,37
Säugendfutter								
(n=38)	X	13,83	164,11	10,23	4,83	11,84	0,74	0,35
	min	12,50	150,00	8,80	2,40	10,93	0,70	0,18
	max	14,20	185,00	11,10	6,00	13,60	0,82	0,48
	sd	0,46	8,11	0,52	0,60	0,61	0,03	0,05
	gX	13,65	162,76	10,15	4,77	11,93	0,74	0,35
Säugendfutter zu Schotte								
(n=6)	X	14,11	156,51	10,20	5,08	11,10	0,72	0,36
	min	13,40	155,00	9,40	4,50	10,92	0,70	0,33
	max	14,30	180,00	10,70	6,00	13,43	0,75	0,45
	sd	0,36	8,26	0,45	0,58	0,84	0,02	0,05
	gX	13,85	165,17	10,17	4,93	11,94	0,73	0,36
gesamt								
(n=44)	X	13,85	163,52	10,23	4,85	11,78	0,74	0,35

X Mittelwert

gX gewichteter Mittelwert basierend auf geschätzten Marktanteilen.

Tabelle 3 | Nährwertgehalte von Ferkelfutter

		VES (MJ/kg)	RP (g/kg)	Lys (g/kg)	P (g/kg)	RP/ MJ VES	Lys/ MJ VES	P/ MJ VES
Leistungsfutter (für 8–25 kg LG)								
(n=38)	X	13,92	162,04	12,22	5,19	11,64	0,88	0,37
	min	12,80	150,00	11,00	4,20	10,95	0,80	0,30
	max	14,30	185,00	13,10	5,50	13,21	0,99	0,40
	sd	0,27	7,29	0,55	0,37	0,49	0,04	0,03
	gX	13,81	162,29	12,21	5,06	11,76	0,88	0,37
Absetzfutter (für 8–15 kg LG)								
(n=26)	X	14,38	160,75	12,95	5,32	11,17	0,90	0,37
	min	13,00	145,00	11,50	4,50	10,71	0,84	0,31
	max	15,50	200,00	16,00	6,50	13,33	1,07	0,43
	sd	0,58	12,97	1,20	0,48	0,60	0,06	0,03
	gX	14,03	163,50	12,77	5,08	11,64	0,91	0,36
Jägerfutter (für 15–25 kg LG)								
(n=16)	X	14,10	159,94	12,06	4,85	11,35	0,86	0,34
	min	13,50	155,00	10,90	4,70	11,07	0,81	0,33
	max	14,30	180,00	14,33	6,00	13,04	1,04	0,43
	sd	0,22	7,06	0,87	0,39	0,54	0,06	0,03
	gX	13,88	162,19	12,28	5,24	11,69	0,89	0,38

X Mittelwert

gX gewichteter Mittelwert basierend auf geschätzten Marktanteilen.

Phosphorgehalt auf. Eine gute Phosphorversorgung ist essenziell für den Knochenaufbau (Lautrou *et al.*, 2021). Das Verhältnis von 0,32 g P/MJ VES entspricht 0,21 g verdaulichem Phosphor pro MJ VES und somit dem Bedarf von Tieren mit 40 kg LG (Agrosope, 2004). Dadurch ist die Versorgung besser sichergestellt als mit den Gehalten, welche 2008 umgesetzt wurden.

Muttersauenfutter

Galtsauenfutter weisen im Durchschnitt einen Rohproteingehalt von 127,67 g/kg bei 12,06 MJ VES auf und Säugendfutter enthalten 163,52 g RP bei 13,85 MJ VES pro kg. Säugendfutter zu Schotte wiesen einen tieferen Rohproteingehalt auf als Säugend-Alleinfutter (Tab. 2). Zum Proteinausgleich des Energiefutters Schotte müssten diese Futter eigentlich einen höheren Rohproteingehalt als Säugend-Alleinfutter aufweisen. Es gilt zu berücksichtigen, dass nur sechs Futter zu Schotte erfasst wurden und daher die Aussagekraft des Mittelwerts zu relativieren ist.

Die Abbildung 2 zeigt, dass die RP-Gehalte von Sauenfutter seit 1994 (Kessler *et al.*, 1994) stetig gesunken sind. Bei Galtsauenfutter kann seit 2008 eine weitere Reduktion von –11,45 g RP/kg im Vergleich zu NPR-Futter festgestellt werden, während die Rohproteingehalte der Säugendfutter seit 2008 nicht mehr wesentlich (–1,29 g RP/kg) angepasst wurden (Bracher und Spring, 2011). Die sogenannten Kombifutter, welche sowohl in der Säugend- als auch in der Galtherde eingesetzt wurden (Erhebung 2008, [Bracher und Spring, 2011]) und

in der Galtherde eine markante Proteinübersversorgung verursachten, sind vom Markt verschwunden. Die Lysin- und die Phosphorgehalte haben sich seit 2008 wenig verändert. Das Verhältnis von Rohprotein zu Energie beträgt bei Galtsauenfutter 10,59 und bei Säugendfutter 11,78 g RP/MJ VES. Verglichen mit den Nationalen Fütterungsempfehlungen (Agrosope, 2004) liegt das Verhältnis bei Galtsauenfutter +0,59 über der Empfehlung. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass der Proteinbedarf in den zwei ersten Trimestern der Trächtigkeit tief ist und dann durch das stärkere Wachstum der Föten ansteigt (Cloutier *et al.*, 2019; Dourmad *et al.*, 2008). Daher lässt sich der Bedarf nicht über ein fixes Verhältnis während der gesamten Trächtigkeit korrekt abbilden. Durch die Umsetzung einer Mehrphasenfütterung der Herde oder gar einer individuellen Mehrphasenfütterung liesse sich die Proteinversorgung weiter optimieren.

Ferkelfutter

Die durchschnittlichen Rohproteingehalte der Ferkelfutter bewegen sich unabhängig der Futterkategorien in einem engen Band zwischen 159,94 und 162,04 g/kg. Aufgrund der Physiologie haben junge Tiere einen höheren Proteinbedarf als ältere. Da tiefere Proteingehalte das Durchfallrisiko nach dem Absetzen reduzieren können (Heo *et al.*, 2009; Linegaard, *et al.*, 2021; Yin *et al.*, 2021) werden die Gehalte für junge Ferkel oft etwas abgesenkt. Jedoch haben die Absetzfutter für Tiere von 8–15 kg Lebendgewicht (LG) mit 12,95 g/kg einen wesentlich höheren Lysingehalt im Vergleich zu den an-

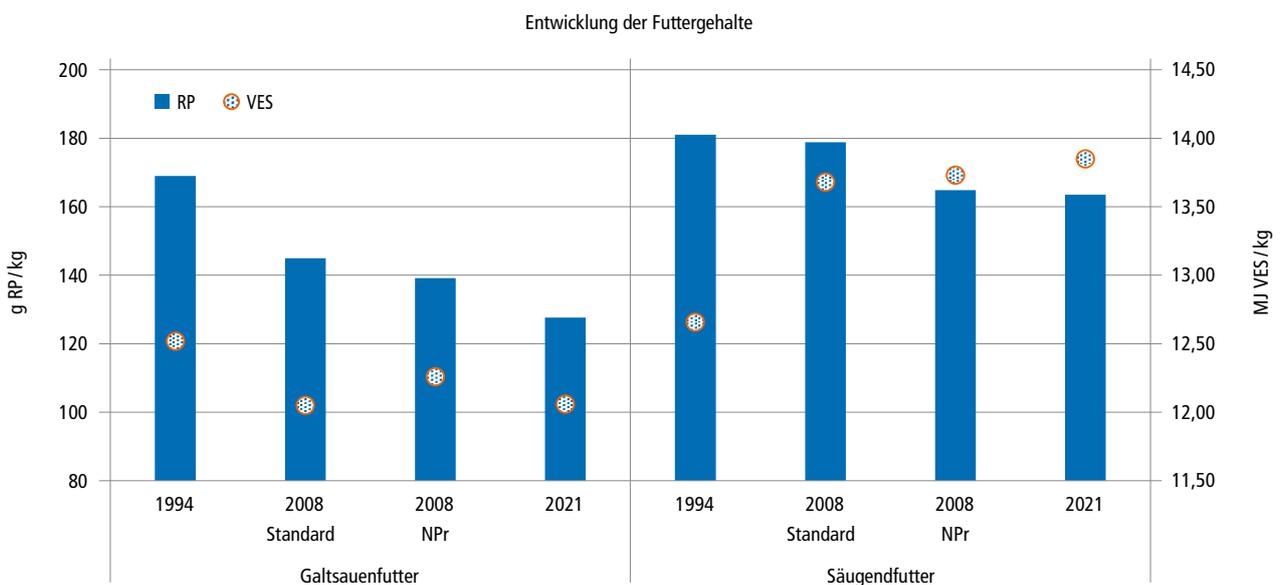


Abb. 2 | Vergleich der Mischfuttergehalte für Galt- und säugende Sauen von 1994, 2008 und der Erhebung 2021. (Kessler *et al.*, 1994; Bracher und Spring, 2011)

deren Futterkategorien. Im Gegensatz zu den Mastfuttern sind die Rohproteingehalte von Ferkelfutter in den letzten fast 30 Jahren nur wenig gesunken. Im Vergleich zu den NRR-Futtern aus der Erhebung 2008 (Bracher und Spring, 2011) weisen die Ferkelleistungsfutter einen um $-7,03\text{ g/kg}$ tieferen Rohproteingehalt auf, bei den Jagerfuttern beträgt die Reduktion $-1,21\text{ g RP/kg}$.

Schlussfolgerungen

- Die durchschnittlichen Rohproteingehalte (g RP/kg) sind in allen Futterkategorien bei leicht steigenden Energiegehalten (MJ VES/kg) seit 2008 gesunken.
- In der Schweinemast wurden die Gehalte der Ausmastfutter im Vergleich zu den anderen Futtertypen am stärksten ($-19,4\text{ g RP/kg}$ seit 2008) abgesenkt. Nur knapp 50 % der Mastbetriebe mit Alleinfutter oder Ergänzungsfutter zu Schotte setzen Phasenfütte-

rung um. Diese Betriebe füttern in der Ausmastphase Durchmastfutter, welche im Durchschnitt einen um $+14,65\text{ g/kg}$ höheren RP-Gehalt aufweisen als Ausmastfutter. Der dadurch verursachte Proteinüberschuss sollte durch die konsequente Umsetzung von Phasenfütterung eliminiert werden.

- In der Sauenfütterung sind vor allem die Rohproteingehalte der Galtsauenfutter gesunken ($-11,45\text{ g RP/kg}$ seit 2008). Die sogenannten Kombifutter, welche sowohl in der Säugend- als auch in der Galtherde eingesetzt wurden (Erhebung 2008) und in der Galtherde eine markante Proteinübersversorgung verursachten, sind vom Markt verschwunden. Da sich der Bedarf der Galtsauen im Verlauf der Trächtigkeit ändert, liesse sich durch die Umsetzung einer Mehrphasenfütterung der Herde oder gar einer individuellen Mehrphasenfütterung die Proteinversorgung weiter optimieren. ■

Literatur

- Agridea. (2022). Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen. Abgerufen am 16.12.2022, <https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Instrumente/Direktzahlungen/Ressourceneffizienzbeitraege/merkblatt-phasenfuetterung-schweine.pdf.download.pdf/Merkblatt%20Phasenf%C3%BCtterung%20Schweine.pdf>
- Agroscope Liebefeld-Posieux. (2010). Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-schweine.html>
- BAFU (Bundesamt für Umwelt). (2022). Landwirtschaft als Luftschadstoffquelle, 05.08.2022. Abgerufen am 05.08.2022, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschadstoffquellen/landwirtschaft-als-luftschadstoffquelle.html>
- BLW (Bundesamt für Landwirtschaft). (2022). Übersicht landwirtschaftliches Verordnungspaket. https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/agrarpakete-aktuell/verordnungspaket_2022.html
- Bracher, A., Spring, P. (2011). Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandsaufnahme 2008. *Agrarforschung Schweiz*, 2 (6), 244–251.
- Cloutier, L., Dourmad, J.-Y., Pomar, C., Morin-Doré, L., Gagnon, P. (2019). Effet d'une alimentation de précision sur les performances, la productivité et le coût d'alimentation pendant la gestation dans un contexte commercial de gestion des truies en groupe. *Journées Recherche Porcine*, 51, 129–134.
- Dourmad, J., Etienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., van Milgen, J., Noblet, J. (2008). InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology*, 143, 372–386.
- Heo, J., Kim, J.-C., Hansen, C.-F., Mullan, B.-P., Hampson, D.-J., Pluske, J.-R. (2009). Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science*, 87, 2833–2843.
- Kupper, T., Häni, C., Bretscher, D. & Zaucker, F. (2022). Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020 <https://agrammon.ch/de/downloads/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Lautrou, M., Narcy, A., Dourmad, J., Pomar, C., Schmidely, P., Létourneau Montminy, M.-P. (2021). Dietary Phosphorus and Calcium Utilization in Growing Pigs: Requirements and Improvements. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 734365.
- Lynegaard, J.-C., Kjeldsen, N.-J., Bache, J.-K., Weber, N.-R., Hansen, C.-F., Nielsen, J.-P., Amdia, C. (2021). Low protein diets without medicinal zinc oxide for weaned pigs reduced diarrhea treatments and average daily gain. *Animal*, 15 (1), 100075.
- Kessler, J., Zogg, M. & Bächler, E. (1994). Ein kritischer Blick in den Schweinetrog. *Agrarforschung*, 1 (7), 313–316.
- Ruiz-Ascacibar, I., Stoll, P., Kreuzer, M., Boillat, V., Spring, P., Bee, G. (2017). Impact of amino acid and CP restriction from 20 to 140 kg BW on performance and dynamics in empty body protein and lipid deposition of entire male, castrated and female pigs. *Animal*, 11 (3), 394–404.
- Yin, L., Li, J., Wand, M., Wand, Q., Li, J., Ding, N., Yang, H., Yin, Y. (2021). Dietary high protein-induced diarrhea and intestinal inflammation by activation of NF- κ B signaling in piglets. *Animal Nutrition*, 7, 1070–1077.