Schweinefleisch: gute Mastergebnisse trotz reduziertem Rohproteingehalt im Futter

Martina Müller Richli und Martin Scheeder
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen und SUISAG, 6204 Sempach, Schweiz
Auskünfte: Martin Scheeder, martin.scheeder@bfh.ch

Das richtige Futter trägt viel zur Tiergesundheit und zum Tierwohl bei.

Einleitung

In dem Projekt «Gesundes Schweinefleisch aus nachhaltiger Produktion», das im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 69 «Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion» durchgeführt wurde, konnte gezeigt werden, dass der ernährungsphysiologische Wert von Schweinefleisch durch die Verfütterung von Leinsaat, Selen und Vitamin E noch verbessert werden kann (Müller Richli *et al.* 2019).

Ein weiteres Ziel bestand darin, die Umweltbelastung, insbesondere die Stickstoff-Emissionen, zu verringern. In den eingesetzten Futtern wurde daher auch der Proteingehalt reduziert und die Auswirkungen dieser Fütterung auf die Mastleistung und Schlachtkörperqualität untersucht.

Futter für Mastschweine sollte so zusammengestellt sein, dass es effizient zum Aufbau von Körpergewebe – bevorzugt Muskeln – verwertet werden kann und möglichst wenig Nährstoffe in die Umwelt ausgeschieden werden. Dies kann durch verschiedenste Massnahmen wie Verzicht auf Sicherheitszuschläge, bedarfsangepasste Phasenfütterung, tiefere Dosierung durch organisch gebundene Spurenelemente und eine gute Tiergesundheit erreicht werden.

Ein grundlegender Punkt in der Fütterung ist die Proteinversorgung. Wenn der Einsatz von Proteinträgern gesenkt werden soll, muss die Aminosäureversorgung sichergestellt werden. Proteinreduzierte Rationen entlasten den Stoffwechsel der Tiere, denn die freien Aminosäuren (AS) sind hochverdaulich und das Tier verbraucht weniger Energie für die Ausscheidung des überschüssigen Proteins (Schnippe 2014). Die eingesparte Energie kann dann für den Fleisch- und Fettansatz verwendet werden.

Schweine haben je nach Wachstumsphase einen unterschiedlichen Bedarf an Rohprotein (RP) und AS. Durch eine Phasenfütterung kann der RP-Gehalt des Futters an den Bedarf der Schweine in den jeweiligen Wachstumsphasen angepasst werden. Der in Harn und Kot ausgeschiedene Stickstoff wird so reduziert. Im Vergleich zu Durchmastfutter können je nach Ausgangswerten bereits bei einer 2-Phasenfütterung die Gesamtemissionen an Ammoniak um ca. 5 bis 10 % verringert werden (Bracher 2010). Je mehr Phasen gebildet werden, desto genauer kann das Futter auf den aktuellen Bedarf der

Zusammenfassung

Auf drei Schweinemastbetrieben mit Durchmast, Zweiphasen- oder Mehrphasen-Fütterung wurden Fütterungsmassnahmen untersucht, durch die der ernährungsphysiologische Wert des Fleisches verbessert und die Umweltbelastung verringert werden kann. Dazu wurden dem Futter organisch gebundenes Selen, Vitamin E und Leinsaat beigegeben und der Proteingehalt gesenkt. Als Kontrolle dienten Mastdurchgänge mit üblichem Mastfutter. Ein durchgängiger Einfluss der Futter auf die Tageszunahmen konnte nicht beobachtet werden. Mit den Versuchsfuttern stieg aber der Futterverbrauch an und die Futterverwertung verschlechterte sich überwiegend. Nur im Durchmastbetrieb verschlechterte sich die Schlachtkörperqualität: der Kotelettdurchmesser sank mit dem Versuchsfutter signifikant ab und die Speckauflage stieg signifikant an. Die Tiere in der Multiphasenfütterung (wöchentlich Absenkung von 155 auf 125g RP/kg) zeigten keinen verringerten Fleischanteil aber einen signifikant höheren intramuskulären Fettgehalt, was auf eine moderate Proteinunterversorgung hinweisen könnte. Die Proteineffizienz konnte durch die Proteinreduktion kaum gesteigert werden.

Tiere eingestellt werden. Moderne Fütterungsanlagen ermöglichen über die Mischung von zwei verschieden zusammengesetzten Futtern eine nahezu kontinuierliche Anpassung der Futterzusammensetzung an die Wachstumsphasen was als sogenannte Mehrphasen-Fütterung bezeichnet wird.

Daneben können spezifische Komponenten zur Steigerung der Effizienz eingesetzt werden. So wurde gezeigt, dass organisch gebundenes Selen die Mastleistung (Zheng Qing *et al.* 2012) und die Fleischqualität (Li *et al.* 2011; Mrazova *et al.* 2013; Lisiak *et al.* 2014) verbessern kann. Leinsaat hat durch sein günstiges Omega-6/Omega-3-Verhältnis einen positiven Einfluss auf die menschliche Gesundheit (Simopoulos 2008). Es kann daher angenommen werden, dass diese zur Verbesserung der Produktqualität eingesetzten Komponenten sich auch auf die Gesundheit der Mastschweine und damit deren Leistung positiv auswirken.

Material und Methoden

Um die Praxistauglichkeit der vorgeschlagenen Fütterungsmassnahmen zu untersuchen, wurden drei Betriebe mit unterschiedlichen Fütterungssystemen ausgewählt. Diese drei Betriebe stehen stellvertretend für die in der Schweiz üblichen Formen der Schweinemast und sollten aufzeigen, welche Fragen bei der Umsetzung optimierter Fütterungsstrategien hinsichtlich Produktequalität und Umweltverträglichkeit auftauchen.

- Betrieb 1: 180 Mastplätze; Kontrolle und Versuch mit **Durchmastfütterung (DM)** mit 155 beziehungsweise 150 g RP/kg Futter bei jeweils 10,5 g Lysin/kg Futter (Tab. 1).
- Betrieb 2: 150 Mastplätze; Kontrolle mit flüssiger Zweiphasenfütterung mit 157 und 150 g RP/kg bei 11 beziehungsweise 10 g Lysin/kg. Versuch mit **Mehrphasen-Fütterung (MP)** mit wöchentlicher Anpassung der Fütterung durch Mischung von Vor- und Endmastfutter (Abb. 1) mit 155 beziehungsweise 125 g RP/kg (Abb. 2). Lysin im Vormastfutter lag bei 11 g/kg im Endmastfutter bei 7,4 g/kg (Abb. 3).
- Betrieb 3: 120 Mastplätze; Kontrolle und Versuch mit flüssiger **Zweiphasenfütterung (ZP)** mit 157 beziehungsweise 150 g RP/kg im Kontrollfutter bei 11 beziehungsweise 10 g/kg Lysin und 155 beziehungsweise. 145 g RP/kg bei gleichem Lysingehalt wie im Kontrollfutter.

In den drei Mastbetrieben wurden zwei Versuchsumtriebe mit Zugabe von 0,2 mg organisch gebundenem Selen pro kg Futter und ein Versuchsumtrieb mit zusätzlich 0,25 mg/kg Na-Selenit durchgeführt. In den Versuchsumtrieben wurde dem Futter zudem 200 mg Vitamin E/kg Futter und 2,5 % Leinsaat zugegeben (Tab. 1). Zudem wurden je zwei Kontrollumtriebe mit den üblicherweise eingesetzten Futtern in die Untersuchung einbezogen. Bei der Mehrphasen-Fütterung wurde das Vormastfutter schrittweise mit dem Endmastfutter ersetzt (Abb. 1). So konnte das Futter Woche für Woche an die Nährstoffbedürfnisse der Schweine angepasst werden. Voraussetzung für dieses System sind eine moderne, computergestützte Fütterungsanlage und zwei getrennte Silos für die beiden Futter.

Der Rohproteingehalt im Versuchsfutter wurde deutlich unter den Empfehlungen (Stoll *et al.* 2004) gehalten. Die Versorgung von Lysin dagegen erfüllte die Empfehlungen, lag gegen Ende Mast aber deutlich unter der Versorgung im Kontrollfutter (Abb. 2 und 3).

Die Mastleistungen wurden über die jeweiligen Mastdurchgänge ermittelt, da unter den Feldbedingungen keine tierindividuelle Futteraufnahme und auch keine

Tab. 1 | Beschreibung der Kontroll- und Versuchsfutter

	Zweiphasen-Fütterung		Mehrphasen-Fütterung		Durchmast	
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch
anorg. Selen [mg/kg]*	0,24–0,3	(0,25)	0,24–0,3	(0,25)	0,24–0,3	(0,25)
org. geb. Selen [mg/kg]	–	0,2	–	0,2	–	0,2
Leinsaat [%]	–	2,5	–	2,5	–	2,5
Vitamin E [mg/kg]	80–100	200	80–100	200	80–100	200
VES [MJ/kg]	13,8 / 13,4	13,8/13,4	13,8/13,4	13,8–13,4	13,4	13,6
Rohprotein [g/kg]	157/150	155/145	157/150	155–125	155	150
Lysin [%]	1,1/1,0	1,1/1,0	1,1/1,0	1,10/0,74	1,05	1,05
Rohprotein [g/MJ VES]	11,4/11,29	11,2/10,8	11,4/11,2	11,2–9,3	11,56	11,03

*Na-Selenit wurde nur in einem der drei Versuchsdurchgänge zusätzlich supplementiert.

Einzeltiergewichte erfasst werden konnten. Für den Betrieb DM konnte nur ein Kontrolldurchgang ausgewertet werden, da der Betrieb im letzten Durchgang von rein-raus auf kontinuierliche Bestossung umgestellt hatte. Die Stickstoffeffizienz wurde nach Sollberger *et al.* (2013) ebenfalls pro Mastdurchgang berechnet. Zusätzlich wurde die Proteineffizienz nach den neueren Werten von Stoll (Menzi *et al.* 2016) sowie auch noch in Bezug auf das produzierte Fleisch unter Berücksichtigung des effektiven Schlachtgewichtes und des Magerfleischanteils berechnet. Der Stickstoff-Input aus dem Futter und den aufgestallten Jagern bezieht sich dabei aber zwangsläufig ebenfalls auf die Gesamtmenge pro Mastdurchgang.

Alle Tiere wurden in demselben Schlachtbetrieb geschlachtet. Dieser stellte auch die Schlachtgewichte und Klassifizierungsergebnisse (AutoFOM) zur Verfügung. Da die Formel zur Berechnung des Magerfleischanteils (MFA) nach dem ersten Kontrolldurchgang aller Betriebe umgestellt wurde, sind die AutoFOM-Daten dieses Durchganges nicht direkt mit den anderen Durchgängen vergleichbar und wurden aus der statistischen Analyse ausgeschlossen. Von jedem Mastdurchgang der drei Betriebe wurden je zehn nach Schlachtgewicht und MFA repräsentative Schlachtkörper selektiert und diese 150 Tiere genauer auf die Fleisch- und Fettqualität untersucht. Dabei wurden Proben aus dem Karree im Bereich von der dritt- bis zur sechstletzten Rippe entnommen. Am Rückenmuskel aus diesem Stück wurden folgende Merkmale bestimmt: pH-Werte 90 Minuten und 24 Stunden *post mortem* (pH-Meter 1140, Mettler Toledo, Greifensee), Pigmentgehalt PigM (Differenz der Absorption bei 525 nm und 730 nm, CM-2500d, Konica Minolta, Bonstetten), intramuskulärer Fettanteil IMF (NIRFlex N-500, Büchi, Flawil), Tropfsaftverlust (48 h bei 2 °C), Fettsäuremuster (GC-2010 plus, Shimadzu, Rheinach), Kochverlust (Wasserbad bei 72 °C für 45 Min.) und als apparativ gemessenes Merkmal für die Zartheit die Warner-Bratzler Scherkraft (TA HDplus Textur Analyzer, Stable Micro Systems, Tracomme, Bonstetten).

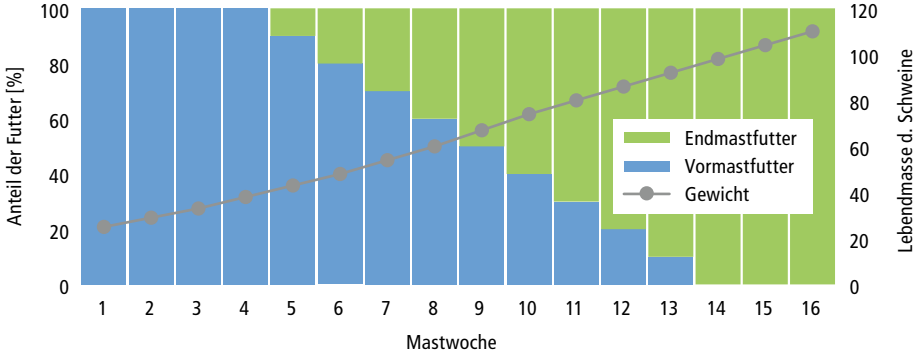

Abb. 1 | Schema der Mehrphasen-Fütterung: Mit zunehmendem Alter und Gewicht wird der Anteil Endmastfutter erhöht und damit der Proteingehalt der Ration gesenkt.

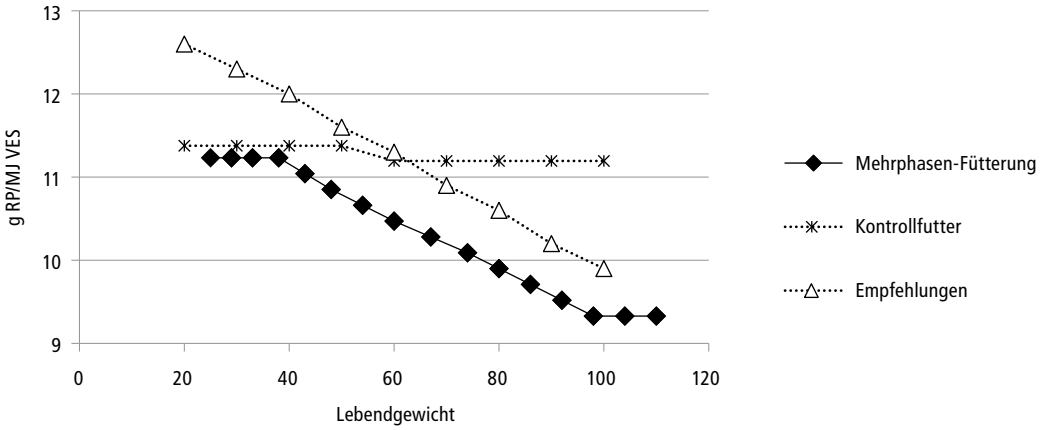

Abb. 2 | Rohproteinversorgung in der Mehrphasen-Fütterung (Empfehlungen gemäss «gelbem Buch» von Stoll *et al.* 2004).

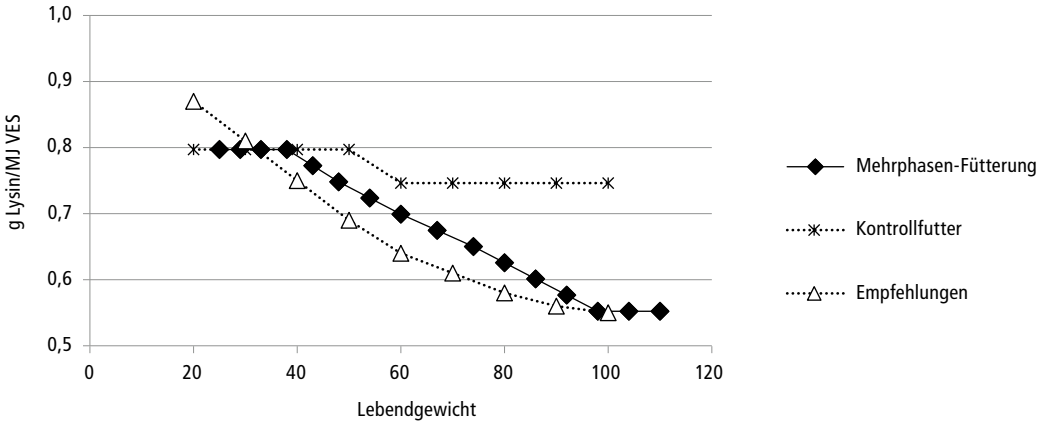

Abb. 3 | Lysinversorgung bei der Mehrphasen-Fütterung (gemäss «gelbem Buch» von Stoll *et al.* 2004).

Die statistischen Analysen der Merkmale der Schlachtkörper- und Fleischqualität wurden mittels Varianzanalyse (NCSS, Methode GLM) mit den Faktoren Futter und Betrieb und der Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren sowie der Kovariablen Schlachtgewicht vorgenommen.

Die Mastleistungsdaten konnten nicht auf Einzeltierebene erfasst werden sondern stammen aus der Mastauswertung, die pro Umtrieb berechnet wurde. Die Mastleistungsdaten werden hier also nur deskriptiv dargestellt, da aufgrund der geringen Beobachtungszahlen keine statistische Prüfung erfolgen konnte.

Resultate und Diskussion

Für die stickstoffreduzierte Phasenfütterung von Schweinen wird im Rahmen des Ressourceneffizienzprogramm REB des Bundes (läuft von 2018 bis 2021) ein jährlicher Betrag pro Grossvieheinheit ausbezahlt. Dabei darf der durchschnittliche Rohproteingehalt der gesamten Futterration aller auf dem Betrieb gehaltenen Schweine 11 g RP/MJ VES nicht überschreiten (Fischler 2017). Mit der Durchmast wurde dies hier auch mit dem Versuchsfutter nicht erreicht, während die Forderung mit dem proteinreduzierten Futter in der Zweiphasen-Fütterung knapp und durch die Mehrphasen-Fütterung gut erfüllt wurde.

Mastleistung

Feldversuche wie der hier vorgestellte werden immer auch durch das aktuelle Marktgeschehen beeinflusst. Dies zeigt sich in den fast durchgehend etwas höheren Einstall- und Schlachtgewichten in den Versuchsdurchgängen was bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Bei ZP und MP unterschied sich der Tageszuwachs zwischen Kontrollfutter und Ver-

Tab. 2 | Mastleistungen, Schlachtkörper- und Fleischqualität der drei Versuchsbetriebe in den Kontroll- und Versuchsdurchgängen

	Zweiphasen-Fütterung		Multiphasen-Fütterung		Durchmast	
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch
Mastleistung[1]						
n Umtriebe	2	3	2	3	1	3
Einstallgewicht [kg]	24,3	27,2	23,0	26,1	23,7	24,8
Schlachtgewicht [kg]	85,8	87,7	85,7	84,5	84,0	86,9
Tageszuwachs [g/Tag]	770	778	823	802	726	871
Futterverbrauch [kg Fu/Tier/Tag]	2,03	2,10	2,19	2,28	2,08	2,30
Futterverwertung [kg/kg]	2,64	2,71	2,66	2,84	2,87	2,65
Mastdauer /Tier [Tage/Tier]	110	107	104	102	112	97
Abgänge/Umtrieb [%]	1,32	1,7	2,74	2,05	6,8	2,22
Befund/Posten [%]	7,12	2,32	3,54	4,99	9,8	8,6
N-Effizienz Fleisch %	23,8	23,7	24,0	24,8	22,1	23,8
N-Effizienz neu Stoll%	38,6	38,2	39,0	40,4	35,8	39,2
N-Effizienz Sollberger %	33,2	32,7	33,6	34,6	30,8	33,7
Schlachtkörperqualität[2]						
n Tiere	117	343	139	422	60	522
Magerfleischanteil [%]	$58,1^{bd}$	$58,5^{d}$	$57,4^{ab}$	$57,8^{bc}$	$58,5^{cd}$	$57,2^{a}$
Kotelettdurchmesser [mm]	$54,7^{a}$	$55,5^{a}$	$54,6^{a}$	$55,5^{a}$	$59,4^{c}$	$56,3^{b}$
Speckauflage[mm]	$14,7^{bcd}$	$14,0^{a}$	$14,8^{bcd}$	$14,5^{c}$	$13,9^{ab}$	$15,1^{d}$
n Schlachtposten	5	12	4	9	7	10
mehrfach ungesättigte Fettsäuren [%/ Schlachtposten]	$10,8^{a}$	$13,5^{b}$	$11,1^{a}$	$13,2^{b}$	$14,2^{b}$	$17,8^{c}$
Fleischqualität[2]						
n Tiere	18	30	17	30	20	30
pH_{24}	$5,41^{ab}$	$5,38^{a}$	$5,44^{b}$	$5,40^{ab}$	$5,41^{ab}$	$5,43^{b}$
Intramuskulärer Fettanteil [%]	$2,32^{abc}$	$2,00^{abc}$	$1,81^{ab}$	$2,61^{c}$	$1,67^{a}$	$2,00^{abc}$
Pigmentgehalt PigM	$0,65^{ab}$	$0,71^{b}$	$0,65^{ab}$	$0,66^{b}$	$0,54^{a}$	$0,68^{b}$
Tropfsaftverlust [%]	$5,61^{a}$	$6,01^{a}$	$6,01^{a}$	$6,1^{a}$	$6,28^{a}$	$5,67^{a}$
Kochverlust [%]	$28,4^{a}$	$27,9^{a}$	$27,1^{a}$	$27,9^{a}$	$26,9^{a}$	$28,0^{a}$
Scherkraft [%]	$42,2^{a}$	$40,2^{a}$	$46,6^{a}$	$43,4^{a}$	$43,4^{a}$	$46,0^{a}$

[1]Diese Daten wurden pro Umtrieb erhoben. Aufgrund der wenigen Erhebungen konnte keine statistische Prüfung erfolgen. Die Daten sind deskriptiv zu verstehen.
[2]Zahlen ohne gleichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant

suchsfutter kaum, während bei DM mit dem Versuchsfutter deutlich höhere Zunahmen zu verzeichnen waren (Tab. 2). Dies dürfte auf den etwas höheren Energiegehalt des Versuchsfutters auf diesem Betrieb zurück zu führen sein. Der Futterverbrauch war in den Umtrieben mit Versuchsfutter generell höher als mit dem Kontrollfutter, die Futterverwertung bei ZP und MP verschlechtert. Die etwas bessere Futterverwertung mit dem Versuchsfutter bei DM kann nur teilweise mit dem höheren Energiegehalt erklärt werden. Die kürzere Mastdauer in den Versuchsdurchgängen dürfte z. T. auf die höheren Einstallgewichte zurückzuführen sein, im Falle von DM aber wohl auch auf das energiereichere Futter und die etwas bessere Tiergesundheit, abzulesen an den deutlich geringeren Abgängen und Schlachtbefunden (Tab. 2).

Schlachtkörperqualität

Ein signifikanter Effekt der Proteinabsenkung im Versuchsfutter auf die Schlachtkörperzusammensetzung zeigte sich nur bei DM mit einem um 1,3 Prozentpunkte verringerten MFA, verursacht sowohl durch einen gerin-

geren Kotelettdurchmesser als auch eine höhere Speckauflage (Tab. 2). Hier macht sich vermutlich die Unterversorgung in der frühen Wachstumsphase bemerkbar. Der Kotelettdurchmesser nahm bei DM mit dem Versuchsfutter signifikant um 3,1 mm ab, nicht so jedoch bei ZP und MP bei denen keine Veränderung nachgewiesen werden konnte. Im ZP verringerte sich die Speckauflage mit dem Versuchsfutter signifikant um durchschnittlich 0,7 mm, im DM nahm sie hingegen signifikant um 1,9 mm zu und im MP konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

Fleisch- und Fettqualität

Die Fettproben von DM zeigten mit dem Versuchsfutter eine Fettqualität von durchschnittlich 17,8 % PUFA (mehrfach ungesättigte Fettsäuren) was deutlich im Abzugsbereich von > 15,5 % liegt (Tab. 2), während die anderen Betriebe, trotz gleichem Gehalt an Leinsaat im Futter, darunter blieben und damit den Erwartungen entsprachen, wonach 2,5 % Leinsaat im Futter hinsichtlich der Fettqualität vertretbar ist. Der Betrieb DM hatte mit dem Kontrollfutter bereits hohe PUFA-Werte sowie viele Abgänge und Schlachtbefunde (v. a. Lungenentzündungen, Nekrosen) zu verzeichnen. Möglicherweise trug die vergleichsweise schlechte Tiergesundheit zu den hohen PUFA-Werten von DM bei. Andererseits verbesserte sich die Tiergesundheit mit dem Versuchsfutter (weniger Abgänge und Befunde im Schlachthof) und die Leistung der Tiere war so viel besser, dass der Betrieb DM die Versuchsfütterung beibehalten wollte. Hinsichtlich der zu erwartenden Abzüge für die Fettqualität war dies aber so nicht möglich.

Durch die Mehrphasen-Fütterung mit der stark reduzierten Proteinversorgung in der Endmast erhöhte sich der IMF deutlich. Dies kann als Hinweis gewertet werden, dass die Tiere mit Protein unterversorgt waren. Auf MFA und Kotelettdurchmesser wirkte sich dies jedoch nicht aus, was möglicherweise auf eine ausreichend gute Versorgung in frühen Wachstumsphasen zurückgeführt werden kann. In allen übrigen Merkmalen der Fleischqualität (Pigment, Tropfsaft- und Kochverlust, Scherkraft, pH) zeigten sich keine signifikanten oder relevanten Effekte des proteinreduzierten Futters.

Bei Untersuchungen von Agroscope, bei denen der Rohprotein-Gehalt deutlich unter den Empfehlungen und noch tiefer als im vorliegenden Versuch lag und Lysin ebenfalls unter die Empfehlungen gesenkt wurde, sank die Mastleistung (Stoll 2017; Stoll und Ruiz 2017). Die N-Effizienz erwies sich allerdings als höher. Es wurde geschlossen, dass die Fütterungsempfehlungen für ileal verdauliches Lysin in der Jagerphase erhöht und in der zweiten Masthälfte die Sicherheitszuschläge nach unten angepasst werden müssen.

Bei der Mehrphasen-Fütterung war die Lysinversorgung in den ersten Mastwochen unter der Empfehlung und damit vermutlich auch die Versorgung an ileal verdaulichem Lysin. Mit einer optimierten Lysinversorgung in den ersten Mastwochen könnte die Mastleistung in einer Multiphasenfütterung auf diesem tiefen Proteinniveau also eventuell sogar noch verbessert werden.

Die Mehrphasen-Fütterung erlaubt es, Mastschweine über den gesamten Wachstumsverlauf bedarfsgerecht zu füttern, setzt aber eine moderne Fütterungsanlage, bei der die Phasen programmiert werden können, und zwei getrennte Silos für das Vor- und Endmastfutter voraus. Anzumerken ist auch, dass die meisten Futtermittellieferanten Rabatte auf hohen Futtermengen geben. Da bei einer Phasenfütterung in der Regel öfter kleinere Mengen von beiden Futtern bestellt werden, könnte es schwieriger werden, von Rabatten zu profitieren. Der betroffene Mäster war nach den Versuchen aber so von der Mehrphasenfütterung überzeugt, dass er dieses Fütterungssystem beibehalten und grössere Silos angeschafft hat (Abb. 4).

Abb. 4 | Damit die Mehrphasen-Fütterung praktiziert werden kann, sind zwei Silos notwendig.

Stickstoffeffizienz

Die nach Sollberger *et al.* (2013) berechnete N-Effizienz der Kontrollumtriebe entsprach der durchschnittlichen N-Effizienz von 32 % aus einer Untersuchung auf knapp 900 Schweizer Mastbetrieben. Wenn der nach neueren Erkenntnissen von Stoll (Menzi *et al.* 2016) höhere N-Ansatz von 25 g pro Kilogramm Lebendgewicht anstelle von 22,2 berücksichtigt wird, ergibt sich eine insgesamt höhere N-Effizienz (Tab. 2), was für die Berechnung des auf dem Betrieb verbleibenden N von Relevanz ist, die Bewertung der Futter aber nicht beeinflusst.

Der Betrieb mit der DM verbesserte seine Effizienz mit dem Versuchsfutter sichtbar. Dies dürfte aber auch mit der parallel erhöhten Energiedichte des Futters und der verbesserten Tiergesundheit zusammenhängen. Denn sowohl mit der Zweiphasen-Fütterung als auch mit der Mehrphasen-Fütterung war keine klare Verbesserung der N-Effizienz durch die Versuchsfutter festzustellen (Tab. 2). Eine Erklärung dafür bieten die schlechtere Futterverwertung und der erhöhte Futterverbrauch in den Versuchsdurchgängen.

Die N-Effizienzberechnungen auf der Stufe Fleisch zeigen, dass rund ein Viertel des Stickstoffes im Fleisch angesetzt wird, ohne dass sich die Rangierung nach diesem Kriterium wesentlich ändert (Tab. 2).

Schlussfolgerungen

Eine Reduktion des Proteingehaltes im Mastfutter für Schweine scheint ohne Einbussen in Mastleistung und Fleischqualität möglich, wenn mindestens in zwei Phasen gefüttert wird, um dem höheren Protein- und Aminosäurebedarf in frühen Wachstumsphasen Rechnung zu tragen. Eine Mehrphasen-Fütterung ist mit der richtigen Technik möglich, kann die Tiere bedarfsgerecht versorgen und erlaubt eine starke Reduzierung des Luxuskonsums an Protein in späten Wachstumsphasen. Hohe Erwartungen an eine Verbesserung der N-Effizienz können aber offenbar nicht erfüllt werden, wenn sich die Proteinreduktion in Bereichen bewegt, die keine Leistungseinbussen zur Folge haben. ■

Dank

Wir bedanken uns bei der Micarna SA, der Amrein Futtermühle AG, der Fredy Müller Phanta-Porc Schweinevermarkung AG und den Mästern für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit. Dem Schweizerischen Nationalfond danken wir für die Unterstützung im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 69.

Literatur

- Bracher A. und Spring P., 2010. Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen bei Schweinen. Bericht der Vorstudie. SHL Zollikofen und Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Zollikofen. 98 S.
- Fischler M., 2017. Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen. Direktzahlung: Ressourceneffizienzbeiträge REB Beitragsdauer 2018 – 2021. Agridea im Auftrag des BLW (Hrsg.), November 2017, Lindau.
- Li J.-G., Zhou J.-C., Zhao H., Lei X.-G., Xia X.-J., Gao G. & Wang K.-N., 2011. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sepw1 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science* **87** (2), 95–100.
- Lisiak D., Janiszewski P., Blicharski T., Borzuta K., Grzeskowiak E., Lisiak B., Powalowski K., Samardakiewicz L., Batorska M., Skrzymowska K. & Hammermeister A., 2014. Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science* **14** (1), 213–222.
- Menzi H., Stoll P. & Schlegel P., 2016. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Schweine. *Agrarforschung Schweiz* **7** (11–12), 484–489.
- Mrazova J., Debreceni O., Mlynek J. & Bobcek B., 2013. Qualities meat pork enriched organic selenium valuation in technological and nutritional indicators. *Potravinarstvo: Scientific Journal for Food Industry* 2013, **7** (Special Issue), 101–106,
- Müller Richli M., Zurlinden M., Harms E., Giger C., Stratz P. & Scheeder M., 2019. Schweinefleisch: Wie Nähr- und Genusswert noch besser werden können. *Agrarforschung Schweiz* **10** (4), 148–155.
- Schnippe F., 2014. Soja sparen mit freien Aminosäuren. SUS 5, 70–73.
- Simopoulos A.P, 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.) 233 (6), 674–688.
- Sollberger E., Bracher A., Burren C. & Spring P., 2013. Stickstoffeffizienz in der Schweinemast. Agrarforschung Schweiz 4 (1), 10–15.
- Stoll P. & Ruiz I., 2017. Wachstumsverlauf bei N-Überschuss. In: Forum angewandte Forschung / Schwein. 21./22. März, Verband der Landwirtschaftskammern (Hrsg.), Fulda. 2017, 45-48.
- Stoll P., 2017. Eiweissfuttermittel effizienter nutzen Fütterungsstrategien und Züchtung. In: Internationale Bioland-Schweinetagung. 21. Februar, Hrsg. Bioland, Hardehausen. 2017, 1-2.
- Stoll P., Kessler J., Gutzwiller A., Bee G., Chaubert C., Gafner C.L., Bracher A., Jost M., Pfirter H.P. & Wenk C., 2004. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine (3. Aufl.). Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale LMZ, Zollikofen.
- Zheng Q., Lu X.Q., Qin L.Q. & Yin X.B., 2012. Effects of organic selenium on growth performance of pigs: a meta-analysis. *Chinese Journal of Animal Nutrition* **24** (3), 522–527.

Riassunto

Buoni risultati d'ingrasso nonostante il ridotto tenore di proteine grezze nel foraggio

In tre allevamenti di maiali da ingrasso ad alimentazione continua, bifasica o multifase sono state analizzate misure nell'ambito del foraggiamento allo scopo di accrescere il valore nutrizionale della carne e ridurre l'impatto ambientale. A tal fine, gli alimenti sono stati addizionati di selenio organico, vitamina E e semi di lino, mentre ne è stato ridotto il tenore proteico. Come controllo ci si è basati su cicli di ingrasso con foraggio da ingrasso usuale. Non è stato possibile osservare alcun effetto costante del foraggio sugli incrementi giornalieri. Con quello sperimentale è però aumentato il consumo di foraggio mentre è tendenzialmente diminuita la conversione alimentare. Solo nell'allevamento di maiali da ingrasso ad alimentazione continua si è registrato un peggioramento della qualità delle carcasse: con il foraggio sperimentale il diametro delle costolette ha subito una riduzione significativa, mentre lo strato di pancetta ha registrato un notevole incremento. Negli animali in regime di alimentazione multifase (riduzione a cadenza settimanale da 155 a 125 g di proteine grezze per chilo) non si è osservata alcuna riduzione nella percentuale di carne, bensì un marcato aumento del tenore di grasso intramuscolare, il che suggerirebbe una moderata carenza proteica. La riduzione delle proteine non ha apportato alcun incremento significativo dell'efficienza delle proteine stesse.

Summary

Good fattening results despite reduced crude protein content in the feed

Feeding strategies to improve the nutritional value of pork and at the same time reduce the environmental burden were examined on three pig farms representing single-feed, two-phase and multi-phase feeding systems. The experimental feed was supplemented with selenium, vitamin E and crushed linseed. Furthermore, the protein content was reduced. Fattening runs with common feed served as control. The experimental feed did not consistently affect daily weight gains, but feed consumption increased and feed conversion was impaired in most of the runs. Carcass composition was impaired only in the single-feed system, as evidenced by decreased loin muscle diameter and increased backfat thickness. The lean meat content of pigs in the multi-phase system (reduction in weekly stages from 155 to 125 g crude protein per kg feed) did not decrease, but intramuscular fat content increased, which may indicate a slight under-supply of protein. Overall, the reduction of protein in the feed hardly improved protein efficiency (i.e. protein retention/excretion).

Key words: pig, multi-phase feeding, linseed, protein efficiency.