

Nutztiere

Phosphorzufuhr und Beinschwäche bei wachsenden Schweinen

Andreas Gutzwiller, Peter Stoll und Dominik Guggisberg, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux
Auskünfte: Andreas Gutzwiller, E-Mail: andreas.gutzwiller@alp.admin.ch, Fax +41 26 407 73 00, Tel. +41 26 407 72 23

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit Schweinen im Gewichtsbereich 15-45 kg Lebendgewicht (LG) wurde die von ALP empfohlene Zufuhr an verdaulichem Phosphor (VDP) überprüft. Die Kontrolltiere (P) erhielten Futter mit dem empfohlenen Gehalt an VDP, während das Futter der drei Versuchsgruppen P-, P+ und P++ 20 % weniger beziehungsweise 20 % und 40 % mehr VDP enthielt. Das Verhältnis von Kalzium (Ca) zu VDP betrug in allen Rationen 2,8:1. Die Schweine P++ wuchsen langsamer als die Schweine P und P- (620 g gegenüber 665 und 680 g, $P < 0,001$). Die um 20 % reduzierte Mineralstoffzufuhr im Futter P- hatte zur Folge, dass die Mittelhandknochen der mit 45 kg LG geschlachteten Tiere P- weniger Ca enthielten ($P < 0,05$) und bei geringerer mechanischer Belastung brachen ($P < 0,05$) als die Knochen der Tiere P+. Das Ausmass von Knorpeldefekten an den Beinknochen sowie der Asche- und Phosphorgehalt der Knochen wurde durch die unterschiedliche Mineralstoffzufuhr nicht beeinflusst. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die von ALP für wachsende Schweine empfohlene Zufuhr an Ca und VDP eine gute Knochenbildung gewährleistet.

Seit einigen Jahren treten laut Angaben von Schweinehaltern vermehrt nicht infektiöse Lahmheiten (sogenannte Beinschwäche) sowohl bei wachsenden Tieren als auch bei Zuchtieren auf, wodurch das Wachstum, die Langlebigkeit und das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigt wird.

Die wichtigste Ursache der Beinschwäche ist die Osteochondrose, welche durch Defekte der Gelenkknorpel und der knorpeligen Wachstumszonen der Knochen charakterisiert ist (siehe Kasten).

Die routinemässig durchgeführte Untersuchung von Prüftieren

der Mastleistungsprüfungsanstalt Sempach zeigt, dass der prozentuale Anteil an Schweinen aus Schweizer Zuchtbetrieben mit Osteochondrose seit Jahren unverändert ist (Luther *et al.* 2007). Es ist somit praktisch ausgeschlossen, dass in den letzten Jahren die genetisch bedingte Anfälligkeit gegen Osteochondrose in der Schweizer Schweinepopulation zugenommen hat. Falls in der Schweiz in den letzten Jahren tatsächlich vermehrt Fälle von Beinschwäche aufgetreten sind, muss die Ursache in veränderten Umwelteinflüssen wie zum Beispiel veränderten Haltungsbedingungen oder Änderungen in der Fütterung liegen.

Da seit einigen Jahren vermehrt Schweinefutter mit einem reduzierten Protein- und Phosphorgehalt (sogenanntes NPr-Futter) eingesetzt wird, um die Belastung der Umwelt mit Stickstoff (N) und Phosphor (P) zu reduzieren, stellt sich die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der reduzierten Protein- und Phosphoraufnahme und dem gehäuftem Auftreten von Beinschwäche besteht. Laut Aussagen der Futtermittelindustrie werden Lahmheiten als Bestandesprobleme häufiger in Betrieben beobachtet, welche NPr-Futter verwenden. In einer epidemiologischen Studie der SHL Zollikofen (Aeschlimann und Spring 2004) wurde der Schluss gezogen, dass die von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP (2004) empfohlene Zufuhr an verdaulichem Phosphor

Osteochondrose und Beinschwäche

Die Selektion auf ein rasches Wachstum fördert in erster Linie das Muskelwachstum, während das Skelettwachstum nicht in gleichem Masse beschleunigt wird. In der Folge wird das jugendliche Skelett rasch wachsender Tiere durch die höhere Muskelmasse mechanisch vermehrt belastet. Die Knorpel der Gelenkflächen und der Wachstumszonen können dadurch geschädigt werden (Krankheitsbild der Osteochondrose), was zu Lahmheiten führen kann. Wenn das Körpergewicht wegen Fundamentmängeln (X-Beine, O-Beine, kleine Innenklauen etc.) nicht gleichmässig auf die gesamten Gelenkflächen und Wachstumszonen einwirkt, ist das Risiko von Knorpelschäden besonders hoch.

Bei anfälligen Tieren, die unter guten Haltungsbedingungen keine Krankheitserscheinungen gezeigt haben, können nach erhöhter körperlicher Belastung (z.B. Transporte, Rankkämpfe) oder bei einer Verschlechterung der Haltungsbedingungen (z. B. rutschiger Stallboden) Lahmheiten zum Vorschein kommen. Knochenläsionen und Lahmheiten können schon gegen Ende der Ferkelaufzuchtperiode auftreten. Die Mineralstoffe Kalzium, Phosphor, Mangan, Kupfer und Zink spielen beim Aufbau des Knochens eine Rolle. Sowohl eine Überversorgung als auch eine Unterversorgung mit bestimmten Mineralstoffen sowie Mineralstoffimbalancen können die Entstehung der Osteochondrose begünstigen. Die Diagnose «Osteochondrose» lässt sich am lebenden Tier nur durch Röntgenuntersuchungen stellen. Der Begriff «Beinschwäche» wird zur Bezeichnung von Lahmheiten verwendet, wo der Verdacht auf Osteochondrose besteht, ohne dass durch Röntgenuntersuchungen oder Knochenuntersuchungen nach dem Tod die Knorpelschäden nachgewiesen worden sind.

möglicherweise eine zu geringe Sicherheitsmarge aufweise und dass Futter, welches nach diesen Empfehlungen hergestellt sei, unter Praxisbedingungen nicht immer eine genügende Fundamentsentwicklung ermögliche.

In einem Versuch wurde deshalb abgeklärt, wie sich unterschiedliche Phosphorgehalte im Futter wachsender Schweine auf die Knochen und Gelenke auswirken. Da der Mineralstoffbedarf zur Knochenbildung bei Schweinen in der Phase der Ferkelaufzucht und der Vormast besonders hoch ist und Osteochondrose schon in diesem Gewichtsbereich auftreten kann, wurde der Versuch mit Schweinen im Gewichtsbereich 14 bis 45 kg Lebendgewicht (LG) durchgeführt.

Vier Versuchsvarianten

Für den Versuch wurden 15 Gruppen mit je vier gleichgeschlechtlichen Geschwistern (insgesamt 24 weibliche und 36 kastrierte männliche Ferkel) verwendet. Die vier Geschwister jeder Gruppe wurden auf die vier Varianten verteilt, wodurch das Risiko reduziert wurde, dass der Einfluss der unterschiedlichen Fütterung durch genetisch bedingte Unterschiede zum Beispiel in der Anfälligkeit auf Osteochondrose verwischt würde.

Die Schweine der Kontrollvariante P erhielten Futter, dessen Gehalt an Kalzium (Ca) und verdaulichem Phosphor (VDP) den Empfehlungen von ALP entsprach, während in den Verfahren P-, P+ und P++ der Gehalt der Versuchsfutter an diesen Mineralstoffen rund 20 % tiefer beziehungsweise 20 und 40 % höher war.

Versuchsfutter

Für die Rezeptur der gewürfelten Versuchsfutter (Tab. 1) wurden die analysierten Ge-

Tab. 1. Rezeptur der Versuchsfutter (Angaben in Gewichtsprozenten)

	Ferkelfutter				Vormastfutter			
	P-	P	P+	P++	P-	P	P+	P++
Gerste	36	41	42	42	2	4	7	9
Weizen	22	17	15	13	69	67	64	62
Sojakuchen	10	12	13	14	4	6	7	9
Molkenpulver	5	5	5	5				
Kartoffelprotein	2	1	0,5	0	5	4,5	4	3,5
Kaseinpulver	5	5	6	6				
Weizenkleie	4				10	7	5	3
Apfeltrester	8	8	8	8	5	5	5	5
Diffusionsschnitzel					2	2	3	3
Mischfett	4	4	4,5	5				
DCP	1,6	2,3	2,9	3,6	1,2	1,8	2,3	2,8
Futterkalk	0	0,13	0,28	0,43	0,96	1,06	1,15	1,24
Ca-Formiat	1,50	1,50	1,50	1,50				
Vihsalz	0,29	0,33	0,34	0,34	0,48	0,45	0,44	0,51
Wirkstoffprämix ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400

Die Futtermittel wurden mit den synthetischen Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan ergänzt.

¹ Die Vitamin-D₃-Zulage über die Spurenelement-Vitaminmischung betrug 1000 IE/kg im Ferkelfutter und 400 IE/kg im Vormastfutter

haltswerte der zur Verfügung stehenden Futterkomponenten verwendet; der Gehalt der Futterkomponenten an VDP wurde aus den analysierten P-Gehalten und den in den Nährwerttabellen für Schweine (ALP 2004) aufgeführten Verdauungskoeffizienten für P berechnet. Um den Gehalt der Versuchsfutter an Ca und VDP zu variieren, wurde in erster Linie deren Gehalt an Dikalziumphosphat (DCP) und an Futterkalk (CaCO₃) variiert.

Mit Ausnahme des Ca- und VDP-Gehaltes der Versuchsfutter P-, P+ und P++ entsprach der Nährstoffgehalt der vier Ferkelfutter beziehungsweise der vier Vormastfutter den Empfehlungen von ALP (2004) für Tiere mit 15 kg LG beziehungsweise mit 40 kg LG (Tab. 2). Das Verhältnis Ca: VDP betrug in jedem Futter 2,8:1 gemäss Empfehlung von ALP (2004). Es wurde keine Phytase eingesetzt, um die Verdaulichkeit von Ca und P zu verbessern.

Tab. 2. Energie- und Nährstoffgehalt der gewürfelten Versuchsfutter (Gehalt pro kg lufttrockene Substanz)

	Ferkelfutter				Vormastfutter			
	P-	P	P+	P++	P-	P	P+	P++
Ca, g	9,8	11,7	13,2	15,3	8,0	9,1	10,8	12,9
P, g	7,2	8,0	8,7	10,2	6,6	7,1	8,1	9,2
VDP ¹ , g	3,6	4,5	5,3	6,2	2,8	3,4	4,1	4,8
RP, g	182	181	182	183	160	157	158	158
RF, g	40	39	39	38	38	36	38	38
RL, g	53	53	59	58	17	19	20	20
VES ¹ , MJ	14,0	14,0	14,0	14,0	13,2	13,2	13,2	13,2

In Proben der Versuchsfutter analysierte Nährstoffgehalte.

¹ Zur Berechnung des verdaulichen Phosphors (VDP) und der verdaulichen Energie (VES) im Futter wurden die Verdauungskoeffizienten für P und die Formel für die Berechnung der Energie von Einzelfuttermitteln sowie die analysierten Nährstoffgehalte der Futterkomponenten verwendet (ALP 2004).

Abb. 1. Die Tiere jedes Verfahrens wurden gruppenweise in Buchten mit einer eingestreuten Liegefläche und einem Spaltenboden im Kotbereich gehalten. Die Futteraufnahme jedes Tieres wurde vom Futterautomaten erfasst.



Haltung in Gruppen, Fütterung individuell

Die Versuchstiere der Rasse Edelschwein, welche vom Absetzen bis zum Beginn des Versuchs das Kontrollfutter P für Ferkel erhalten hatten, kamen mit durchschnittlich 14 kg LG in den Versuch und wurden gruppenweise in Buchten mit einer eingestreuten grossen Liegefläche und einem Spaltenboden im Kotbereich gehalten (Abb. 1). Die mit einer elektronischen Ohrmarke identifizierten Tiere

nahmen das Futter über Futterautomaten auf, welche den Futterverzehr jedes Einzeltieres registrierte. Im Gewichtsbereich 14 bis 28 kg wurde Ferkelfutter und anschliessend Vormastfutter zur freien Verfügung verabreicht. Im Gewichtsbereich 25 bis 30 kg wurden alle Schweine eine Stunde lang in einem Fahrzeug transportiert, um die unter Praxisbedingungen häufig mit einem Stallwechsel verbundene Transportbelastung zu imitieren. Es ist bekannt, dass eine ungewohnte körperliche Belastung die Entstehung der Osteochondrose begünstigt. Die Tiere wurden mit 45 kg LG geschlachtet, weil in diesem Gewichtsbereich schon deutliche Anzeichen von Lahmheiten und Knochen- beziehungsweise Gelenkveränderungen auftreten können.

Untersuchungen am lebenden und am geschlachteten Tier

Im Gewichtsbereich 25 kg und 40 kg wurde das Fundament aller Tiere beurteilt und Blut für Laboruntersuchungen genommen. Die am Schlachttag gesammelten Knochen aller Tiere wurden nach der an der MLP Sempach durchgeführten Untersuchungsmethode visuell auf Osteochondrose untersucht (Abb. 2). Die



Abb. 2. Zur Beurteilung der Gelenkknorpel und der Wachstumszonen angesägter Oberarmknochen.

zwei Mittelhandknochen Mc3 und Mc4 wurden chemisch analysiert und mechanisch auf ihre Bruchfestigkeit geprüft (sogenannte 3-Punkt-Biegeprüfung). Zur Bestimmung der Knochenbruchfestigkeit wurden die Knochen zuerst auf zwei Auflageflächen gelegt, die 40 mm Abstand voneinander hatten (Abb. 3). Beim Druck auf die Knochenmitte brach der Knochen im Bereich einer knorpeligen Wachstumszone. Für die nachfolgende Bruchfestigkeitsmessung wurden die Auflageflächen auf einen Abstand von 25 mm enger gestellt (Abb. 4) und der Bruch erfolgte in der Knochenmitte. Gemessen wurde die maximal zum Brechen des Knochens benötigte Kraft in Newton (N). Um den Einfluss der Tiergrösse auf die Bruchkraft zu eliminieren, wurde der Messwert jedes Schweines durch sein Schlachtgewicht (SG) dividiert.

Mineralstoffüberschuss reduzierte das Wachstum

Die Tiere P++ mit der höchsten P-Versorgung wuchsen bei gleicher Futterverwertung langsamer ($P = 0,007$) als die Tiere P respektive P-, die Futter mit dem empfohlenen beziehungsweise mit einem reduzierten P-Gehalt erhielten (Tab. 3).

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Wachstumsgeschwindigkeit von Schweinen sowohl bei einem Überschuss an Ca und P (Reinhardt und Mahan 1986; Hall *et al.* 1991) als auch bei einer knappen Zufuhr an P (Underwood und Suttle 1999; Guillou *et al.* 2007) vermindert ist. Das rasche Wachstum der Tiere P- deutet darauf hin, dass die reduzierte Mineralstoffzufuhr im Verfahren P- keine ausgeprägte Unterversorgung verursachte. Der Futterverzehr und die Energieverwertung wurden durch die unterschiedliche Mineralstoffzufuhr nicht beeinflusst (Tab. 3).

Fundament und Blutbefunde

Die Resultate der Fundamentbeurteilung am lebenden Tier, wo Lahmheiten, Umfangsvermehrungen im Bereich der Vorderfusswurzelgelenke und der Sprunggelenke sowie Schleimbeutelbildungen benotet wurden, unterschieden sich nicht zwischen den vier Verfahren ($P=0,16$, Kruskal-Wallis-Test).

Das Enzym alkalische Phosphatase (AP), welches bei einem Mangel an Ca und P in erhöhter Konzentration im Blut vorkommt, wurde durch die unterschiedliche Ca- und P-Zufuhr nicht beeinflusst (Tab. 4). Die 40 kg schweren Tiere der Variante P- hatten die höchste Phosphat-Konzentration im Plasma. Dieser Befund spricht gegen eine deutliche P-Unterversorgung in der Variante P-, da mit zunehmender P-Unterversorgung mit einer Abnahme des Phosphat-Gehaltes im Blut gerechnet werden muss. Die Werte aller Verfahren befinden sich im von Reinhardt und Mahan (1986) angegebenen optimalen Bereich von $> 2,5$ mmol/l.

Es ist bekannt, dass die AP-Konzentration ebenso wie die P-Konzentration im Blut mit zunehmendem Alter der Tiere abnimmt, wahrscheinlich im Zusammenhang mit einer abnehmenden Intensität des Knochenumbaus. Es ist somit als normal zu bewerten, dass die Tiere bei 25 kg LG eine höhere Konzentration an AP und P im Blut hatten als bei 40 kg LG.

Knochenbefunde

Untersuchungen der Knochen nach der Schlachtung geben die zuverlässigsten Hinweise auf Störungen im Stoffwechsel von Ca und P und auf Osteochondrose. Die visuelle Beurteilung und Bonitierung der Gelenknorpel und der Knorpel der Wachstumszonen der Knochen

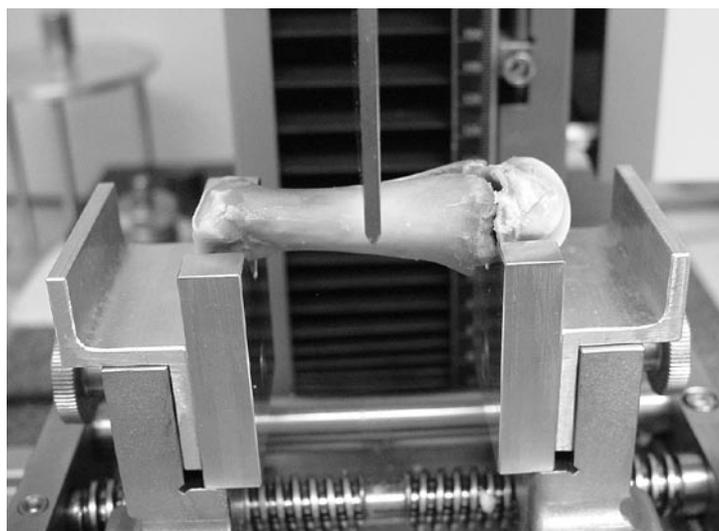


Abb. 3. 3-Punkt-Biegeprüfung mit Stützweite 40 mm (Bruch in der Wachstumszone).

des Oberarms, des Unterarms und des Oberschenkels (Abb. 2) zeigte, dass nur in wenigen Fällen geringe Osteochondroseschäden vorlagen. Zwischen den vier Varianten bestand kein Unterschied ($P = 0,50$).

Der Rohaschegehalt der analysierten Mittelfussknochen Mc3 unterschied sich zwischen den vier Varianten nicht (Tab. 5) und liegt zwischen den von Reinhardt und Mahan (1986) angegebenen Normwerten für Schweine (450 g/kg TS bei 15 kg LG, 550 g/kg TS bei 85 kg LG).

Im Kalzium- und Phosphorgehalt sowie in der Knochenbruchfestigkeit bei 25 mm Abstand der Knochenauftragflächen wurden dagegen tendenzielle Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt. Die Knochen der Tiere P- enthielten weniger Ca ($P = 0,07$) und waren leichter zu brechen ($P = 0,06$) als die Knochen der Tiere P+.

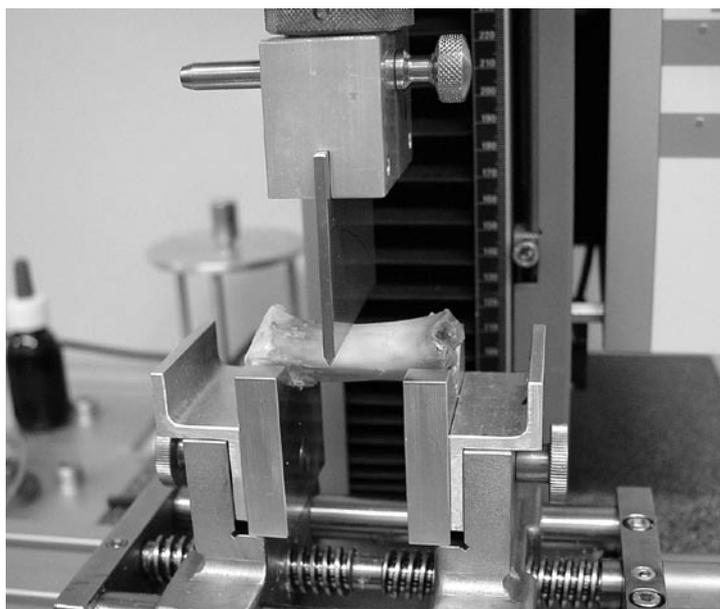
Die Bruchfestigkeit im Bereich der knorpeligen Wachstumszonen, die bei einem Abstand der Knochenauftragflächen von 40 mm gemessen wurde, war in der Variante P- signifikant tiefer

Tab. 3. Versuchsdauer und Leistungsdaten

	P-	P	P+	P++	SE	P
Tierzahl	15	15	15	15		
LG Versuchsbeginn, kg	14,0	13,7	13,8	14,0	0,36	0,93
LG bei Futterwechsel, kg	27,6	28,6	28,0	27,9	0,41	0,36
LG am Schlachttag, kg	46,7 ^a	45,0 ^{ab}	45,1 ^{ab}	44,3 ^b	0,56	0,04
Schlachtgewicht, kg	34,5	33,7	33,3	33,0	0,44	0,09
Schlachtausbeute	0,74	0,75	0,74	0,75	0,004	0,33
Alter bei Schlachtung, Tg	95,6	94,5	95,6	96,5	1,4	0,86
Zuwachs 14-28 kg LG, g/Tg	618 ^a	624 ^a	592 ^{ab}	555 ^b	17	0,03
Zuwachs 28-45 kg LG, g/Tg	745	716	713	693	13	0,07
Zuwachs gesamt, g/Tg	678 ^a	665 ^a	650 ^{ab}	620 ^b	12	0,007
Verzehr Ferkelfutter, kg/Tg	0,98	0,98	0,95	0,90	0,03	0,19
Verzehr Mastfutter, kg/Tg	1,49	1,52	1,47	1,48	0,02	0,56
E-Verwertung, MJ/kg	24,7	25,2	25,1	25,6	0,31	0,20

SE = Standardfehler des Mittelwerts; P = bei der Varianzanalyse berechnete Irrtumswahrscheinlichkeit; Zahlen auf einer Zeile mit ungleichen hochgestellten Buchstaben sind signifikant verschieden voneinander (Newman-Keuls-Test; $P < 0,05$)

Abb. 4. 3-Punkt-Biegeprüfung mit Stützweite 25 mm (Knochenbruch in der Mitte des Knochens).



als in Varianten P, P+ und P++, welche sich untereinander nicht signifikant unterschieden. Daraus kann geschlossen werden, dass entweder die knorpelige Wachstumszone oder aber die Übergangszone von der Wachs-

tumszone zum Knochen durch die reduzierte Mineralstoffzufuhr signifikant geschwächt wurde. Die chemischen und physikalischen Knochenuntersuchungen zeigen, dass bei einer Unterschreitung der von ALP

empfohlenen P-Zufuhr um 20 % die Knochenmineralisierung und die Knochenbruchfestigkeit insbesondere im Bereich der Wachstumszonen reduziert ist, wobei der Unterschied im Vergleich zur Variante P+, deren Futter 20 % mehr P als empfohlen enthielt, besonders deutlich war. Diese zwischen den Verfahren P- und P+ besonders ausgeprägten Unterschieden könnten so interpretiert werden, dass die Mineralstoffzufuhr im Verfahren P+ die höchste Knochenmineralisierung und die höchste Bruchfestigkeit ermöglicht und deshalb zum Beispiel für Zuchtremonen, deren Fundament besondere Beachtung geschenkt werden muss, empfohlen werden sollte. Dem ist entgegenzuhalten, dass das Verfahren P+ sich in keiner der untersuchten Größen signifikant vom Verfahren P unterschied und dass zudem in zwei von drei amerikanischen Untersuchungen die Fütterung von Zuchtremonen auf maximale Knochenmineralisierung keinen Einfluss auf das Auftreten von Beinschwäche hatte (Nimmo *et al.* 1981; Arthur *et al.* 1983; Kornegay *et al.* 1984).

Tab. 4. Alkalische Phosphatase (AP) und Phosphat (P) im Blutplasma

	P-	P	P+	P++	SE	P
AP, U/l bei 25 kg LG	278	244	265	252	12	0,20
AP, U/l bei LG 40 kg	200	196	213	200	8	0,45
P, mmol/l bei 25 kg LG	3,17	3,07	3,07	3,20	0,06	0,29
P, mmol/l bei LG 40 kg	3,00 ^a	2,82 ^b	2,87 ^{ab}	2,81 ^{ab}	0,04	0,04

SE = Standardfehler des Mittelwerts; P = bei der Varianzanalyse berechnete Irrtumswahrscheinlichkeit. Zahlen auf einer Zeile mit ungleichen hochgestellten Buchstaben sind signifikant verschieden voneinander (Newman-Keuls-Test; $P < 0,05$);

Tab. 5. Mineralisierung und Bruchfestigkeit der Mittelfussknochen

	P-	P	P+	P++	SE	P
RA ¹ , g/kg TS	509	510	516	512	4	0,70
Ca, g/kg TS	178 ^b	181 ^{ab}	184 ^a	180 ^{ab}	2	0,07
P, g/kg TS	88	89	91	89	0,8	0,10
Bruchkraft/kg SG						
25 mm, N ²	16,6 ^b	17,5 ^{ab}	19,8 ^a	18,2 ^{ab}	0,8	0,06
Bruchkraft/kg SG						
40 mm, N ²	11,2 ^b	12,2 ^a	12,9 ^a	13,0 ^a	0,3	0,001

Zahlen auf einer Zeile mit ungleichen hochgestellten Buchstaben sind signifikant verschieden voneinander (Newman-Keuls-Test; $P < 0,05$); SE = Standardfehler des Mittelwerts; P = bei der Varianzanalyse berechnete Irrtumswahrscheinlichkeit

¹Rohasche (Summe der Mineralstoffe); ² maximal zum Brechen des Knochens benötigte Kraft in Newton (N), wenn die Auflageflächen des Knochens 25 bzw. 40 mm auseinanderlagen. Um den Einfluss der Tiergrösse auf die Bruchkraft zu reduzieren, wurde der Messwert jedes Tiers durch sein Schlachtgewicht (SG) dividiert.

Folgerungen für die Praxis

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die höchste Zufuhr an VDP das Wachstum bremste, ohne die untersuchten Knochenparameter günstig zu beeinflussen, während die unter der Empfehlung von ALP liegende Phosphorzufuhr die Knochenfestigkeit vor allem im Bereich der knorpeligen Wachstumszone deutlich beeinträchtigte. Zwischen den Tieren, deren VDP-Zufuhr gemäss ALP-Empfehlungen beziehungsweise 20 % darüber lag, gab es keine signifikanten Unterschiede. Auch wenn aufgrund der Resultate nicht ausgeschlossen werden kann, dass eine gegenüber den ALP-Empfehlungen um 20 % erhöhte VDP-Zufuhr

die Knochenmineralisierung und die Knochenbruchfestigkeit leicht erhöhen könnte, besteht kein Anlass dazu, die von ALP für Ferkel und Jäger empfohlene Zufuhr an VDP aufgrund der Versuchsergebnisse zu revidieren.

Literatur

- Aeschlimann C. & Spring P., 2004. Beinschwächen: Unterversorgung mit Kalzium und Phosphor verboten. *Unterlagen Kurs Schweinehaltung* 2004 (Hrsg. Agridea).
- Agroscope Liebefeld - Posieux, ALP, 2004. *Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine*. LmZ, Zollikofen, 242 S.
- Arthur, S., Kornegay, E., Thomas, H., Veit, H., Nötter, D. & Barczewski, R., 1983. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for gilts during growth. Characterization of feet and limbs and soundness scores of sows during three parities. *J. Anim. Sci.* **56**, 876-886.
- Guillou, D., Lahaye, L., Landeau, E. & Upton, E., 2007. Influence de la source de phosphate inorganique dans l'aliment du porc charcutier sur les performances zootechniques et la minéralisation osseuse. *Journées Recherche Porcine* **39**, 89-94.
- Hall, D., Cromwell, G. & Stahli, T., 1991. Effects of dietary calcium, phosphorus, calcium:phosphorus ratio and vitamin K on performance, bone strength and blood clotting status of pigs. *J. Anim. Sci.* **69**, 646-655.
- Kornegay, E., Diggs, B., Hale, O., Handlin, D., Hitchcock, J. & Baczwski, R., 1984. Reproductive performance of sows fed elevated calcium and phosphorus levels during growth and development. A cooperative study. *J. Anim. Sci.* **59** (Suppl. 1): 253 (Abstr.).
- Luther, H., Hofer, A. & Schwörer, D., 2007. Zucht gegen Osteochondrose. *Suisseporcs information* **1**, 10-11.
- Nimmo, R., Peo, E., Crenshaw, J., Moser, B. & Lewis, A., 1981. Effects of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on calcium-phosphorus balance and reproductive performance of first-litter sows. *J. Anim. Sci.* **52**, 1343-1349.
- Reinhardt G.A. & Mahan D. C., 1986. Effects of various calcium-phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.* **63**, 457-466.
- Underwood E. J. & Suttle N. F., 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3rd edition. CABI Publishing, Wallingford.

RÉSUMÉ

Apport de phosphore et faiblesse des membres chez le porcelet en croissance

Lors d'un essai réalisé avec des porcs d'un poids vif (PV) de 15-45 kg, l'apport en phosphore digestible (PDP) recommandé par ALP a été examiné. Des aliments contenant la teneur recommandée en PDP ont été distribués aux animaux témoins P alors que les aliments des animaux des trois groupes expérimentaux P-, P+ et P++ contenaient eux respectivement 20 % de moins, 20 % et 40 % de plus de PDP. Dans toutes les rations, le rapport calcium (Ca) : PDP était de 2,8 : 1. Les porcs du groupe P++ ont grandi moins rapidement que ceux des groupes P et P- (620 g contre 665 g et 680 g, $P < 0,001$). L'apport en minéraux réduit de 20 % dans les rations P- a eu pour conséquence que les os métacarpiens des animaux de ce groupe, abattus au PV de 45 kg, contenaient moins de Ca ($P < 0,05$) et se brisaient lors d'une sollicitation mécanique plus légère ($P < 0,05$) que les os des animaux du groupe P+. La teneur des aliments en Ca et en P n'a pas influencé l'étendue des lésions au niveau des cartilages des os des pattes. Les résultats dont on dispose montrent que l'apport en Ca et en PDP recommandé par ALP pour les jeunes porcs permet d'assurer une bonne ossification.

SUMMARY

Phosphorus intake and leg weakness in growing pigs

The 15 Large White pigs of the control group which were fed according to the Swiss recommendations received a piglet diet containing 0.32 g of digestible phosphorus (DP) per MJ digestible energy (DE) until 25 kg body weight (BW) and a grower diet containing 0.26 g DP per MJ DE until they were slaughtered at 45 kg BW. The diets of the three experimental groups, each comprising 15 piglets, contained either 20% less (P-) or 20% (P+) and 40% (P++) more DP than the diets P of the control group. The ratio of Ca to DP was 2.8 to 1 in all diets. The pigs P++ had a lower daily weight gain than pigs P and P- (620 g vs. 665 and 680 g, $P < 0.001$). Osteochondrosis scores were unaffected by DP intake. There was no treatment effect on metacarpal bone ash and phosphorus concentration, but the calcium concentration and the strength of the metacarpal bone was lower ($P < 0.05$) in animals fed diet P- compared to animals fed diet P+. In conclusion, the mineral level of the starter and grower diet P that corresponds to the Swiss feeding recommendations for pigs allows for the development of sound bones in growing pigs.

Key words: phosphorus, pig, bone mineralisation, bone strength