

# Einfluss eines tiefen Phosphorgehalts im Futter auf die Knochenmineralisation wachsender Schweine

Andreas Gutzwiller<sup>1)</sup>, Annette Liesegang<sup>2)</sup> und Peter Stoll<sup>1)</sup>; andreas.gutzwiller@alp.admin.ch

<sup>1)</sup> Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

<sup>2)</sup> Institut für Tierernährung, Vetsuisse Fakultät der Universität Zürich

## Zusammenfassung

In vielen Schweinehaltungen muss der Austrag von Phosphor (P) zur Reduktion der Umweltbelastung reduziert werden. Aus diesem Grund ist der P-Gehalt vieler handelsüblicher Schweinefutter so tief, dass eine maximale Mineralisation der Schweineknochen nicht gewährleistet ist und dadurch das Risiko von Knochenbrüchen ansteigt. Der Zusatz bestimmter Säuren zum Futter verursacht eine metabolische Azidose, welche die Knochenmineralisation zusätzlich beeinträchtigen könnte. In zwei Fütterungsversuchen untersuchten wir den Einfluss von Schweinefutter mit einem tiefen P-Gehalt und einem Zusatz von Benzoesäure auf Indikatoren für die Knochenmineralisation. Der Verzehr von Futter mit einem tiefen P-Gehalt reduzierte in beiden Versuchen die Mineralisation und die Bruchfestigkeit der Knochen ( $P < 0.05$ ). Bei den mit 25 kg Lebendgewicht geschlachteten Ferkeln des ersten Versuchs reduzierte die Aufnahme von Benzoesäure die Knochendichte im untersuchten Unterschenkelknochen ( $P < 0.05$ ). Im zweiten Versuch erhöhte Benzoesäure die alkalische Phosphatase im Blut im Gewichtsbereich 25 und 40 kg ( $P < 0.01$ ), was auf eine Störung der Knochenmineralisation hindeutet. Dagegen beeinflusste die Benzoesäure weder diesen Blutparameter im Gewichtsbereich 60 kg noch die Knochenmineralisation und -bruchfestigkeit der mit 64 kg Lebendgewicht geschlachteten Schweine, was darauf hinweist, dass mögliche negative Auswirkungen der Benzoesäure auf den Knochenstoffwechsel gegen Ende der Vormastperiode verschwanden.

## Abstract

Effect of a low dietary phosphorus level on bone mineralisation in growing pigs

In order to minimise phosphorus (P) emission, the P content of some commercial pig feeds is reduced to an extent which may affect bone mineralisation and may increase the risk of bone fractures. Certain acids added to pig feed cause a metabolic acidosis, which may further affect bone mineralisation. The effects of a low dietary P level and of the feed additive benzoic acid (BA) on indicators of bone mineralisation were examined in two feeding trials. The low P intake decreased bone mineral density and breaking strength ( $P < 0.05$ ) in both trials. Benzoic acid reduced bone mineral density of the tibia ( $P < 0.05$ ) of the piglets killed at 25 kg live weight (trial 1). In trial 2, the intake of BA increased the level of alkaline phosphatase in the

blood serum at 25 and 40 kg body weight ( $P < 0.01$ ) implying that BA affected bone metabolism. Since BA neither affected alkaline phosphatase at 60 kg nor the bone traits of the pigs killed at 64 kg body weight, the negative effects of BA on bone metabolism observed at 25 and 40 kg body weight did not persist until the end of the grower period.

## Einleitung

Voraussetzung für eine hohe Bruchfestigkeit der Knochen ist eine gute Mineralisierung, d.h. ein hoher Gehalt an Kalzium (Ca) und Phosphor (P). Eine möglichst hohe Knochenmineralisation ist insbesondere bei jungen Zuchtsauen anzustreben, weil während der Säugezeit Ca und P aus dem Skelett mobilisiert werden und dadurch das Risiko für Knochenbrüche steigt. Laut Berichten aus der Praxis kommen Knochenbrüche bei Jungsaunen im Anschluss an die erste Säugeperiode manchmal vor.

Eine ausreichende Versorgung mit Ca, P und Vitamin D sowie körperliche Aktivität fördern die Skelettmineralisation. Andererseits kann eine Verschiebung des Säure-Basen-Haushalts des Körpers in Richtung Ansäuerung die Knochenmineralisierung reduzieren (Arnett, 2003).

Um die Umweltbelastung mit durch Schweinegülle ausgebrachtem Stickstoff (N) und P zu reduzieren, sollte Schweinefutter möglichst wenig Rohprotein (RP) und P enthalten. Sogenannte NPr-Futter (Futter mit einem reduziertem N- und P-Gehalt) sind auf dem Markt.

Die Ansprüche der Umwelt und der Tiere stehen bezüglich P somit in einem Gegensatz. Es stellt sich die Frage, wie stark der P-Gehalt von Schweinefutter ohne Beeinträchtigung der Skelettmineralisation, d.h. ohne erhöhtes Risiko für Knochenbrüche, gesenkt werden kann. In zwei Fütterungsversuchen untersuchten wir den Einfluss von NPr-Futter sowie der Ansäuerung des Futters mit einem aus Benzoesäure bestehenden Futterzusatz auf die Knochenqualität von Ferkeln und Mastschweinen.

## Tiere, Material und Methoden

In beiden Fütterungsverfahren wurden vier Fütterungsvarianten geprüft: Futter mit einem reduzierten RP- und P-Gehalt ohne bzw. mit Benzoesäure (RB-; RB+) sowie Futter mit dem von ALP empfohlenen RP- und P-Gehalt ohne bzw. mit Benzoesäure (EB-; EB+).

Tab. 1. Gehalt der Versuchsfutter (analysierte Werte)

	Versuch 1 (Ferkelaufzucht)				Versuch 2 (Ferkelaufzucht und Vormast)							
	Ferkelfutter		Ferkelfutter		Ferkelfutter				Mastfutter			
pro kg Futter (88 % TS)	RB-	RB+	EB-	EB+	RB-	RB+	EB-	EB+	RB-	RB+	EB-	EB+
VES, MJ	13.9		13.9		13.9		13.9		13.6		13.6	
RP, g	153		173		155		176		150		163	
Ca, g	5.7		9.0		5.9		9.4		5.2		7.4	
P, g	4.5		7.0		4.5		7.2		4.0		5.7	
Phytase, U	1000		-		1500		-		1500		-	
Benzoës., g	0	5	0	5	0	5	0	5	0	10	0	10

R, Futter mit einem reduzierten RP- und P-Gehalt; E, Futter mit dem empfohlenen RP- und P-Gehalt; B-, B+, ohne bzw. mit Benzoesäure; TS, Trockensubstanz; VES, verdauliche Energie Schwein

Tab. 2. Einfluss des Futters und der Benzoesäure auf die Knochenbruchfestigkeit und die Knochenmineralisation

	Versuchverfahren					P-Werte	
	RB-	RB+	EB-	EB+	SE	R/E	B-/B+
Versuch 1 (Ferkel)							
Bruchfestigkeit Tibia, N	1790	1889	1927	1912	38	0.05	0.44
BMD Tibia, mg/cm <sup>3</sup>	438	410	581	474	28	<0.01	0.02
Versuch 2 (Mastschweine)							
Bruchfestigkeit Mc3, N	704	717	770	734	17	0.04	0.56
BMC Tibia, mm/cm	212	221	232	226	5	0.02	0.79

SE: Standardfehler der Mittelwerte; RB-/RB+: Futter mit einem reduzierten RP- und P-Gehalt ohne bzw. mit Benzoesäurezusatz; EB-/EB+: Futter mit dem von ALP empfohlenen RP- und P-Gehalt ohne bzw. mit Benzoesäurezusatz; N: Newton; R/E: P-Werte (Irrtumswahrscheinlichkeit) für den Einfluss des RP und P Gehaltes im Futter; B-/B+: P-Werte für den Einfluss der Benzoesäure; es gab keine Interaktion R/ExB

Im Versuch 1 erhielten die 13 Ferkel pro Verfahren die vier Versuchsfutter (Tab. 1) vom Tag des Absetzens bis zur Schlachtung mit 25 kg Lebendgewicht.

Im Versuch 2 erhielten die 16 Ferkel pro Verfahren zuerst die vier Ferkelfutter und nach Erreichen von 25 kg Lebendgewicht die vier Mastfutter bis zur Schlachtung mit 64 kg Lebendgewicht.

Im Gewichtsbereich 25, 40 und 60 kg wurde den 64 Schweinen des zweiten Versuchs Blutproben entnommen zur Bestimmung der alkalischen Phosphatase (AP), eines Biomarkers für Knochenstoffwechselstörungen.

Nach der Schlachtung wurden in beiden Versuchen von jedem Schlachtkörper Knochen zur Messung der Knochenbruchfestigkeit genommen. Zusätzlich wurde mit einem Computertomographen (CT) im Versuch 1 die Knochenmineralstoffdichte (bone mineral density, BMD) und im Versuch 2 der Knochenmineralstoffgehalt (bone mineral content, BMC) des Unterschenkelknochens (Tibia) gemessen. Bei der Datenauswertung mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse wurden die Einflüsse des Nährstoffgehalts (R, E)

und der Benzoesäure (B-, B+) sowie die Interaktionen zwischen diesen zwei Faktoren geprüft.

## Resultate

In beiden Versuchen wuchsen die Schweine, welche die Futter R erhielten, während der Ferkelaufzuchtperiode langsamer als die Tiere, welche die Futter E erhielten ( $P < 0.05$ ). Während der Mastperiode (Versuch 2) beeinflusste die unterschiedliche Fütterung das Wachstum nicht.

Die im Versuch 2 im Blut analysierte AP war bei den Schweinen, die Futter R erhielten, zu allen Blutentnahmezeitpunkten tendenzmässig erhöht ( $P < 0.10$ ). Die Benzoesäure verursachte eine signifikante Erhöhung der AP bei 25 und 40 kg ( $P < 0.01$ ), nicht aber bei 60 kg Lebendgewicht.

In beiden Versuchen zeigte sowohl die Messung der Bruchfestigkeit als auch die CT-Messung, dass die Aufnahme der Futter R die Knochenmineralisation negativ beeinflusste ( $P < 0.05$ ; Tab. 2). Die Aufnahme der Benzoesäure reduzierte die Bruchkraft der Knochen nicht. Die Untersuchung

der Ferkelknochen mittels CT wies jedoch darauf hin, dass Benzoesäure die Knochenmineralisierung der Ferkel negativ beeinflusste.

## Diskussion

Der P-Gehalt der Versuchsfutter R entspricht dem P-Gehalt von in der Schweiz im Handel erhältlichem NPr-Futter. Die Untersuchung zeigt, dass beim Einsatz von Ferkel- und Vormastfutter mit einem solch tiefen P-Gehalt die Knochen zumindest bis zum Gewichtsabschnitt 65 kg nicht maximal mineralisiert werden. Bei Mastschweinen, die mit 100 kg Lebendgewicht geschlachtet werden, dürfte die leicht reduzierte Knochenbruchfestigkeit das Risiko von Knochenbrüchen kaum erhöhen. Bei Jungsauen, welche während der ersten Laktation bei hoher Milchleistung oft grössere Mengen an Kalzium und Phosphor aus dem Skelett mobilisieren, besteht gegen Ende der Säugezeit dagegen ein erhöhtes Risiko, dass es zu Frakturen der dadurch geschwächten Knochen kommt. Das Futter für weibliche Zuchttremonten sollte deshalb der Empfehlung entsprechend genügend P enthalten, um eine maximale Skelettmineralisation zu ermöglichen.

Schweinefutter enthalten oft Säurezusätze, welche einerseits das gelagerte Futter vor Verderb schützen und andererseits die Keimvermehrung im Magen und Dünndarm der Schweine reduzieren sollen. Die meisten organischen Säuren werden nach ihrer Absorption im Körper rasch abgebaut und beeinflussen den Säure-Basen-Haushalt des Organismus kaum. Die in den Versuchen eingesetzte Benzoesäure dagegen hat eine ansäuernde Wirkung auf den

Organismus und könnte dadurch die Knochenmineralisation beeinflussen. Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, dass Benzoesäure bei Ferkeln und jüngeren Masttieren den Knochenstoffwechsel negativ beeinflussen kann, während in unserem Versuch am Ende der Vormast kein negativer Einfluss beobachtet wurde. Auch in den Untersuchungen von Bühler *et al.* (2009) und von Sauer *et al.* (2009) wurden gewisse Knochenmerkmale durch die Aufnahme von Benzoesäure negativ beeinflusst. Weitere Untersuchungen sind nötig, um den Einfluss der Benzoesäure auf den Knochenstoffwechsel genauer abzuklären. Da eine Azidose die Knochenmineralisation prinzipiell negativ beeinflusst (Arnett, 2003), gilt jedoch das Vorsorgeprinzip, dass bei einer knappen Versorgung mit Phosphor eine Azidose vermieden werden soll. Der im frisch abgesetzten Harn mehrerer Tiere gemessene pH liefert einen Hinweis auf den von der Fütterung massgeblich beeinflussten Säure-Base-Haushalt der betreffenden Tiergruppe.

## Literatur

- Arnett T., 2003. Regulation of bone cell function by acid-base balance. *Proc. Nutr. Soc.* 62, 511-520.
- Bühler K., Liesegang A., Bucher B., Wenk C., 2009. Bone stability and bone composition in pigs fed low P diets supplemented with benzoic acid and phytase. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 18, 106
- Sauer W., Cervantes M., Yanez J., Araiza B., Murdoch G., Morales A., Zijlstra R.T., 2009. Effect of dietary inclusion of benzoic acid on mineral balance in growing pigs. *Livestock Science* 122, 162-168.

# Auswirkung des automatischen Melksystems auf das Liegeverhalten von Milchkühen

Simone Helmreich, Lorenz Gygax, Beat Wechsler und Rudolf Hauser; simone.helmreich@art.admin.ch  
Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

## Zusammenfassung

Das Liegeverhalten wird bei Milchkühen oft als Indikator zur Bewertung des Tierwohls verwendet. Kühe, die mit einem automatischen Melksystem (AMS) gemolken werden, können den Zeitpunkt ihrer Melkung selbst bestimmen. Jedoch können lange Wartezeiten vor dem AMS und erfolglose Besuche des AMS-Bereichs lange Zwischenmelkzeiten, einen hohen Anteil Nachtmelkungen und kurze Liegezeiten nach sich ziehen. In einer ersten Studie wurde zur Erfassung der Liegezeiten von Kühen ein Datenlogger (MSR Electronics GmbH, Schweiz) validiert. Dieser Logger, am Hinterbein von 19 Kühen montiert, zeichnete über 48 Stunden kontinuierlich Beschleunigungswerte auf. Bei einem Vergleich dieser Werte mit Videoaufzeichnungen zum Liegeverhalten konnte eine Übereinstimmung von 99,92 % festgestellt werden. In einer weiteren Untersuchung wurde dieser MSR-Logger zur Erhebung der Liegezeiten von Kühen (N=111) auf 8 Praxisbetrieben mit AMS eingesetzt. Die Fokustiere wurden vor Beginn der Datenaufnahme in 2 Gruppen (A, B) eingeteilt. Im Gegensatz zu Gruppe A hatten Kühe der Gruppe B einen hohen Anteil an Zwischenmelkzeiten über 14 Stunden und zugleich einen hohen Anteil an Nachtmelkungen (22–5 Uhr). Die Kühe wurden dabei jeweils so ausgewählt, dass die Verteilung der Laktationsnummer und des Laktationsstadiums beider Gruppen pro Betrieb möglichst ähnlich war. Die statistische Analyse der Daten, die über 7 Tage aufgenommen wurden, erfolgte mit generalisierten gemischte Effekte Modellen. Die Liegezeit von 6–22 Uhr wurde von der Anzahl der Zwischenmelkzeiten über 14 Stunden nicht signifikant beeinflusst. Hingegen führten Nachtmelkungen tendenziell zu kürzeren nächtlichen Liegezeiten ( $p=0.08$ ). Tiere der Gruppe B lagen von 6–22 Uhr durchschnittlich länger und in den Nachtstunden weniger als Tiere der Gruppe A. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Kühe der Gruppe B ihre Besuche des AMS dem Rhythmus der Gruppe A angepasst haben. Sie verbringen die Zwischenmelkzeiten tagsüber vermehrt mit Liegen und besuchen die Melkbox zu ruhigeren Zeiten, v.a. in der Nacht.

## Abstract

Lying behaviour of dairy cows is often used as an indicator for the assessment of animal welfare. Cows, milked in an automatic milking system (AMS), are free to determine the time of milkings by themselves. However, long waiting times in front of the AMS and unsuccessful visits of

the AMS area can result in long intervals between milkings, a high percentage of night-time milkings and short lying times. In a first study, a data logger (MSR Electronics GmbH, Switzerland) for recording lying time of cows was validated. The logger was attached to the hind legs of 19 cows and logged data (acceleration in direction of the y-axis) continuously in intervals of 30s over a period of 48 hours. By comparing logger readings with video observation a total concordance of 99.92 % was obtained. In a second study, this logger was used for recording lying behaviour of cows (N=111) on eight commercial automatic milking farms. On each farm, cows were assigned to two groups (A, B) on the basis of herd management data. In contrast to individuals of group A, group B cows were characterised by long intervals between milkings (>14h) together with a high percentage of night-time milkings (22–5 h). Both groups had an equal distribution of parity and stage of lactation. Data recorded over a period of 7d were analysed using linear mixed-effects models. The number of intervals between milking over 14h had no significant effect on lying time from 6–22 h. Night-time milkings tended to cause shorter nightly lying time ( $p=0.08$ ). On the average, group B cows lay longer from 6–22 h, but had shorter lying times at night than group A cows. Possibly, group B cows adapted their visits to the AMS to the diurnal rhythm of group A cows. They used the intervals between milkings during the day-time for lying and visited the AMS at quiet times, especially during the night.

## Einleitung

Automatische Melksysteme haben die Milchviehhaltung nachhaltig verändert. Diese Technik soll ein artgemässes Melken ermöglichen, indem der Zeitpunkt des Melkens und die Anzahl der Melkvorgänge nicht wie bislang vom Menschen, sondern vom Produktionsrhythmus des Tieres bestimmt wird. Durch die Freiheit des Tieres zu selbständigen Besuchen der Melkbox kommt es zu einer Verringerung der Synchronisation der Herde und zu einer individuellen Tagesrhythmik der Kühe.

In Abhängigkeit vom Kuhverkehrssystem (frei, gelenkt, selektiv gelenkt) erhalten Kühe nur beschränkt Zugang zu bestimmten Stallbereichen. Derartige Einschränkungen können sich negativ auf das Verhalten der Tiere auswirken. Lange Wartezeiten vor dem AMS und Verdrängungen durch andere Herdenmitglieder können dazu führen, dass einzelne Kühe lange Zwischenmelkzeiten aufweisen und einen Teil ihrer Melkungen in die Nachtstunden verlegen