



## Der Einfluss Seltener Erden auf den Kohlenstoff, Stickstoff und Energiewechsel wachsender Ferkel

Birgit Prause<sup>1,2,3</sup>, Stefan Gebert<sup>3</sup>, Caspar Wenk<sup>3</sup>, Walter A. Rambeck<sup>2</sup>, Marcel Wanner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup> Institut für Tierernährung, Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland

<sup>3</sup> Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährungsbiologie, ETH-Zürich 8092 Zürich, Schweiz



### Einleitung

Zu den Seltenen Erden (SE) zählen 17 Elemente des Periodensystems mit ähnlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften. In geringen Mengen kommen sie überall natürlich im Boden und in Pflanzen vor. In China werden SE schon über 40 Jahre als Leistungsförderer in verschiedenen Bereichen der Tierproduktion mit grossem Erfolg eingesetzt. Seit einigen Jahren werden SE auch unter europäischen Bedingungen in der Schweineproduktion erfolgreich getestet und in der Praxis verwendet. Der Wirkmechanismus der SE ist trotz zahlreicher Studien nicht vollständig geklärt.

In dieser Studie wurde der Einfluss von SE auf die Verdaulichkeit und die Energie-, Stickstoff- und Kohlenstoffbilanz bei wachsenden Ferkeln mittels Respirationstechnik untersucht. Daneben wurde auch die Wirksamkeit als Leistungsförderer überprüft.



SE-Metall (Erbium)



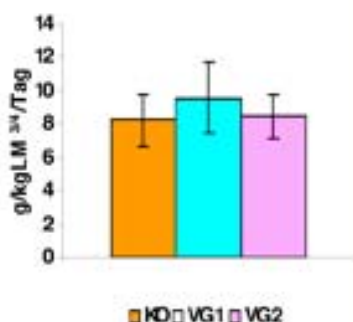
### Material und Methoden

Dem Futter von 40 männlichen, kastrierten Absetzferkeln wurden entweder 150 mg SE-Citrat (VG1), 300 mg SE-Citrat (VG2) oder als Kontrollgruppe 100 mg Citrat (KO) zugesetzt. Die Versuchsphase umfasste den Gewichtsbereich von ca. 8 bis 60kg. Mit dem Gewicht von 20-25 kg kamen die Ferkel paarweise, dann mit ca.55 kg einzeln für 96 Stunden in 1,21 m<sup>3</sup> bzw. 5,44 m<sup>3</sup> Volumen umfassende Respirationskammern. Während der Respiration konnte u.a. der Sauerstoffverbrauch, die Kohlendioxid- und die Methanproduktion gemessen werden. Nach Probenanalysen (Futter, Urin, Kot) war es so möglich eine genaue Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Energiebilanz (BE) zu erstellen und die Verdaulichkeit dieser Nährstoffe zu berechnen. Die tägliche Zunahme (TZ), Futteraufnahme (FA) und Futterverwertung (FV) wurden mittels täglicher Futterrückwaage und wöchentlicher Waage der Ferkel ermittelt.

### Stallparameter (n = 12, 10 – 60 kg)

	KO	VG1	VG2	p-Wert
Tägliche Zunahme (kg/Tag)	0.80	0.80	0.79	n.s.
% KO	100	99.5	98.3	
Futteraufnahme (kg/Tag)	1.47	1.34	1.40	n.s.
% KO	100	91.5	95.5	
Futterverwertung FA/TZ	1.81 a	1.68 b	1.77 ab	0.02
% KO	100	92.7	97.6	

### Proteinansatz



### Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Die TZ wurde durch Zugabe SE nicht beeinflusst.

Die FV der Ferkel in VG1 verbesserte sich um 7% signifikant bzw. um 2% in VG2 nicht signifikant (ns) zur KO.

Ergebnis der zweiten Respirationphase:

**N-Bilanz:** VG1: Proteinansatz 16% (p=0.104) und N- Retention / N-Aufnahme 14% (p=0.054) zur KO erhöht; VG2: kein sichtbarer Effekt

**BE- / C-Bilanz:** VG1: BE- und C- Retention erhöht (ns); VG2: kein sichtbarer Effekt

**Verdaulichkeit BE,C,N:** VG1: je 1-2% besser als KO (ns); VG2: kein sichtbarer Effekt

Die Futterverwertung der VG1 ist zur KO deutlich verbessert. Dies kann z.B. durch eine bessere Verdaulichkeit der Nährstoffe bedingt sein, auch wenn der Effekt in dieser Studie nicht signifikant war. Ein Einfluss auf Enzyme des Verdauungstraktes oder des Stoffwechsels ist ebenso möglich. Diese Studie weist, zumindest tendenziell, auf eine positive Beeinflussung, insbesondere der Proteinbilanz durch SE hin.

### Schlussfolgerung

In dieser Studie ist eine signifikant bessere Futterverwertung bei einer Zugabe von 150 mg SE- Citrat erzielt worden. Deshalb könnten SE als Leistungsförderer in der Ferkelmast eine Alternative darstellen. Allerdings sollte der Wirkmechanismus noch in weiteren Studien untersucht werden, auch um den Einsatz bezüglich Dosis und Mischung der Lanthanoide optimieren zu können.

# Der Einfluss Seltener Erden auf den Kohlenstoff, Stickstoff und Energiewechsel wachsender Ferkel

Birgit Prause<sup>1,2,3</sup>, Stefan Gebert<sup>3</sup>, Caspar Wenk<sup>3</sup>, Walter. A. Rambeck<sup>2</sup>, Marcel Wanner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup> Institut für Tierernährung, Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland

<sup>3</sup> Institut für Nutztierwissenschaft, Ernährungsbiologie, ETH-Zürich, 8092 Zürich, Schweiz

In der Schweiz ist der Einsatz antimikrobieller Leistungsförderer seit Anfang 1999 verboten. Auch in der EU wird voraussichtlich ab 2006 kein antibiotischer Zusatzstoff mehr als Mastleistungsförderer zugelassen sein. Deshalb sind in den letzten Jahren eine Vielzahl Futterzusätze in den Vordergrund gerückt, die als Alternativen zur Leistungsverbesserung angeboten und eingesetzt werden. Dabei wird gefordert, dass die eingesetzten Futterzusätze, sowohl für Verbraucher und Tier unbedenklich, als auch ökologisch und ökonomisch vertretbar sind. So sind auch Seltene Erden (SE) in den Blickpunkt geraten. Zu den SE oder Lanthanoiden werden 17 Übergangsmetalle aus der dritten Nebengruppe des Periodensystems gezählt. Sie haben untereinander sehr ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften. Die vier häufigsten Vertreter sind Lanthan, Cer, Praseodym und Neodym. Trotz des Namens kommen die in mineralischen Komplexen gebundenen SE in der Erdkruste weltweit regelmässig vor. Ein Hauptvorkommen liegt in China, wo sie industriell abgebaut, aufbereitet und seit über vierzig Jahren in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Dort sind zahlreiche Studien über, zum Teil beträchtliche, Ertrags-, Leistungs- und auch Qualitätssteigerung in den verschiedenen Bereichen der Tier- und Pflanzenproduktion veröffentlicht worden. So wird beispielsweise über eine Steigerung der täglichen Zunahme von bis zu 32% und einer verbesserten Futterverwertung bis über 11% bei einem Ferkelmastversuch berichtet (Hu et al., 1999). Da aber sowohl die Haltungs- und Fütterungsbedingungen, als auch das genetische Potential der Tiere nicht mit den westlichen Bedingungen übereinstimmen, sind diese Ergebnisse nicht auch zwangsläufig auf europäische Verhältnisse übertragbar. Deshalb sind seit einigen Jahren, vor allem in Deutschland und der Schweiz Studien durchgeführt worden, die auf eine Wirksamkeit der SE als Leistungsförderer unter europäischen Mastbedingungen schliessen lassen (Knebel, 2004). Über den Wirkmechanismus der SE ist noch wenig bekannt. Die Absorption der Lanthanoide ist gering. Das spräche eher für eine lokale Wirkung im Gastrointestinaltrakt. SE können das Bakterienwachstum je nach Konzentration hemmen oder stimulieren (Muroma, 1958). In der chinesischen Literatur wird über eine Steigerung der Verdaulichkeit der Nährstoffe durch SE berichtet (Li et al., 1992). Westliche Studien konnten dies bisher aber noch nicht bestätigen. SE könnten aber auch selbst in geringen Konzentrationen auf den Intermediärstoffwechsel Einfluss nehmen. Wirkungen auf den Zellstoffwechsel, z.B. in Adipocyten (He et al., 2004) und das Immunsystem (Ni, J. 1995) sind ebenfalls beschrieben. So können die SE auch Ca<sup>2+</sup>-Ionen in vielen Bindungen ersetzen und so möglicherweise Enzyme und Hormone beeinflussen. Lanthanoide sind deshalb auch als mögliche essentielle Spurenelemente im Gespräch. Sie kommen in geringen Konzentrationen in fast allen Pflanzen vor.

In dieser Studie wurde der Einfluss von SE auf die Verdaulichkeit und den Nährstoffwechsel bei wachsenden Ferkeln untersucht. Dabei sollte auch die Wirksamkeit als Leistungsförderer untersucht werden. Es wurden 40 männliche, kastrierte Absetzferkel mit einem Anfangsgewicht von  $8,57 \pm 0,8$  kg im Alter von  $32.5 \pm 5.5$  Tagen in den institutseigenen Stallungen der ETH- Zürich aufgestellt.

Alle zwei Wochen wurden vier Tiere paarweise jeweils zwei Futtermvarianten zugeteilt. Dies erfolgte ausgeglichen nach Alter, Herkunft und Gewicht. Das Futter wurde nach einer praxisüblichen Ferkelfutterrezeptur mit den Hauptkomponenten Mais, Gerste, Weizen, Hafer und Sojaschrot und einen Vitamin/ Mineralstoff - Premix gefertigt. Der Energiegehalt betrug pro kg Futter 14,5 MJ VES und der Proteingehalt 185 g. Es wurde jeweils Celite als Indikator und als Versuchssubstanz Lancer® (Zehentmayer AG, CH-9305 Berg, vorläufige Zulassung in der Schweiz) oder Na-Citrat beigemischt.

Tabelle 1: Futtermvarianten

Gruppe	Natrium-Citrat (mg/kg)	Lancer® * (mg/kg)
Kontrollgruppe (KoG.)	100	0
Versuchsgruppe 1(VG1)	0	300
Versuchsgruppe 2(VG2)	0	600

100 mg Lancer® entspricht 50 mg Selten-Erde-Citrat

Bis zu einem Gewicht von ca. 25 kg wurden die Tiere paarweise gehalten und danach, bis zur Schlachtung mit ca. 55–60 kg, einzeln eingestallt. Im Gewichtsbereich von ca. 20-25 kg kamen die Ferkel paarweise für 96 Stunden in eine 1,21 m<sup>3</sup> Volumen umfassende Respirationsskammer. Mit ca. 50–55 kg Gewicht folgte eine zweite, 96 stündige Respirationssphase in 5,44 m<sup>3</sup> grosse Kammern. Dazu wurden die Tiere einzeln in Stoffwechselständen gehalten. Die Messung wurde nach dem System der offenen indirekten Kalorimetrie durchgeführt und die Klimabedingungen mit ca. 21°C bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 50% möglichst konstant gehalten. Während der Respirationssphasen wurden die Messungen jeweils nach 22.5 h zur Versorgung der Tiere, Probenentnahme (Futter, Kot, Urin) und Messeichung für 1.5 h unterbrochen und auf jeweils 24 h hochgerechnet. Während der Respiration konnten, neben den Klimabedingungen, der Sauerstoffverbrauch und die Kohlendioxid- und Methanproduktion gemessen werden. Nach der Auswertung der Respirationssdaten und den Probenanalysen war es möglich, eine genaue Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Energiebilanz (BE) zu erstellen und die Verdaulichkeit dieser Nährstoffe zu berechnen. Die tägliche Zunahme, die Futteraufnahme und die Futterverwertung wurden mittels täglicher Futterrückwaage und mindestens wöchentlicher Waage der wachsenden Ferkel ermittelt. Von den Tieren wurde jeweils viermal Blut aus der Vena cava gewonnen und nach der Schlachtung verschiedene Gewebeprobe zu weiteren Untersuchungen entnommen.

Bei der Auswertung der Mastleistungsparameter zeigten sich nur im Bereich der Futteraufnahme bzw. -verwertung positive Ergebnisse, wobei die niedrigere Konzentration der Seltenen Erden die stärkeren Effekte zeigte. Die tägliche Zunahme war in allen gemessenen Wachstumsperioden zwischen den drei Futtermvarianten nicht signifikant verschieden und betrug ca. 800 g täglich. Die Futteraufnahme der Ferkel der KOG war während des Versuchszeitraumes 9% niedriger zur VG1 und 5% niedriger gegenüber VG2, jeweils nicht signifikant. Die Futterverwertung der VG1 Gruppe verbesserte sich um 8% signifikant (p=0.003) zur KOG. Die Futterverwertung der VG2 Gruppe war mit 2% nicht signifikant niedriger als die der KOG. Die Auswertung der Respirationssdaten wurde für beide Respirationssphasen getrennt durchgeführt. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich nur auf die zweite Respirationssphase. Von den 13 gemessenen Kontrolltieren verunfallte ein Ferkel während der Respirationssphase und schied deshalb für die Auswertung aus. Deshalb gehen von allen Gruppen jeweils 12 Ferkel in die Bewertung ein (n=12). Die BE, N und C Aufnahme war,

während der zweiten Respiration, in allen Gruppen ungefähr gleich hoch. In der Stickstoffbilanz zeigt sich zwar kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten, aber tendenziell war der Proteinansatz der metabolischen Lebendmasse ( $LM^{3/4}$ ) der VG1 um 16% ( $p = 0.104$ ) und die N-Retention/N-Aufnahme um 14% ( $p=0.054$ ) in Bezug zur KOG, erhöht. Die Daten der VG2 weisen hier keine deutlichen Unterschiede auf. Sowohl in der Energie, als auch in der Kohlenstoffbilanz ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen allen Versuchsgruppen. Die Verdaulichkeit der BE, C und N war in der VG1 im Vergleich zur KOG jeweils um 1-2% erhöht, aber nicht signifikant.

Die vorliegende Studie zeigt im Gegensatz zu anderen Studien (Knebel, 2004) keinen Einfluss auf das Wachstum der Ferkel. Die High SE-Variante eruiert auch keine positiven Effekte auf die Futtermittelverwertung. Allerdings ist die Futtermittelverwertung der VG1 zur KOG deutlich verbessert. Dies kann durch eine bessere Verdaulichkeit der Nährstoffe bedingt sein, auch wenn die Verdaulichkeit in dieser Studie nicht signifikant besser war, als die der KOG. Wie schon eingangs erwähnt, können SE je nach Konzentration hemmend oder stimulierend auf Bakterienwachstum wirken (Muroma, 1958) und so die Mikroflora im Darm beeinflussen. Deshalb könnte eine höhere Dosis wieder einen gegenteiligen Effekt haben. Ebenso ist denkbar, dass SE die Permeabilität des Dünndarmes für die verschiedenen Nährstoffe beeinflussen und es so zu einer erhöhten Absorption der Stoffe kommen könnte. Auch ein Einfluss auf Enzyme des Verdauungstraktes und Enzyme und Hormone des Stoffwechsels ist möglich. So weist diese Studie ja, zumindest tendenziell, auf eine positive Beeinflussung, insbesondere des Proteinstoffwechsels durch Seltenen Erden hin. Hier könnten sich auch dosisabhängig positive oder negative Effekte auf Wachstum und/oder Futtermittelverwertung auswirken. Auch wenn es Studien gibt, die keinen Effekt der SE aufzeigen, belegen andere Studien eine Leistungsverbesserung durch die Gabe von SE. Auch in der vorliegenden Studie ist eine signifikant bessere Futtermittelverwertung bei einer Zugabe von 150 mg SE- Citrat erzielt worden. Deshalb könnte es als Zusatzstoff in der Ferkelmast eine gute Alternative für antibiotische Leistungsförderer darstellen. Allerdings sollte der Wirkmechanismus noch in weiteren Studien untersucht werden, auch um den Einsatz bezüglich Dosis der Lanthanoide optimieren zu können.

#### Literaturverzeichnis

- He, M.L., Yang, W.Z., Hidari, H., Rambeck W.A. (2004) Effect of rare earth elements on proliferation and fatty acids accumulation in preadipocyte cell lines. J. of A. Phys. and A. N., submitted
- Hu, Z., Wang,J., Yang,Y., MA,Y. (1999) Effect of REE on the nutrients digestibility for growing pigs Feed World (1), 29-31
- Knebel, C. (2004) Untersuchungen zum Einfluss Seltener Erd-Citrate auf Leistungsparameter beim Schwein und die rumeale Fermentation im künstlichen Pansen (Rusitec). Diss.med.vet., L.-Max.-Univ. München
- Li, D., She, W., Gong, L., Yang, S. (1992) Effects of rare earth elements on the growth and nitrogen balance of growing pigs. Feed Bo. Lan. 4, 3-4
- Muroma, A. (1958) Studies on the bacterial action of salts of certain rare earth metals. Annales medicinae experimentalis et biologiae Fenniae 36, 1-54.
- Ni, J. (1995) Bioinorganic Chemistry of Rare Earth Elements Science Press, Beijing