

Seltene Erden – alternativer Leistungsförderer beim Schwein – ein Überblick und erste Ergebnisse eines Gesamtstoffwechselfersuches

Birgit Prause____, Stefan Gebert_, Caspar Wenk_, Walter A. Rambeck_, Marcel Wanner_

_ Institut für Tierernährung, Universität Zürich, CH - 8057 Zürich

_ Institut für Tierernährung, Ludwig- Maximilians-Universität München, Deutschland

_ Institut für Nutztierwissenschaft, Ernährungsbiologie, ETH-Zürich, CH - 8092 Zürich

Einleitung

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 in den Blickpunkt geraten. Zu den Seltenen Erden 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 Seltenen Erden 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 Futtermittelverwertung 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 müssen, sind diese Ergebnisse nicht zwangsläufig auch auf europäische Verhältnisse übertragbar. Deshalb sind seit einigen Jahren vor allem in Deutschland und der Schweiz Studien durchgeführt worden, die auf eine Wirksamkeit der Seltenen Erden als Leistungsförderer unter europäischen Mastbedingungen schliessen lassen (Tabelle 1), (Rambeck und Wehr, 2004).

Über den Wirkmechanismus der Seltenen Erden ist noch wenig bekannt. Die Absorption der Lanthanoide ist gering (Evans, 1990). Das spricht eher für eine lokale Wirkung im Gastrointestinaltrakt. Seltene Erden können das Bakterienwachstum je nach Konzentration hemmen oder stimulieren (Muroma, 1958). In der chinesischen Literatur wird über eine Steigerung der Verdaulichkeit der Nährstoffe durch Seltene Erden berichtet (Li et al., 1992). Westliche Studien konnten dies bisher aber noch nicht bestätigen. Lanthanoide können 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 sind ebenfalls beschrieben. So können die Seltenen Erden auch Ca^{2+} -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.

Tabelle 1: Leistungsverbesserungen durch Seltene Erden in der Schweinemast (zur jeweiligen Kontrollgruppe)

Tiere	Seltene Erden		Tägliche Zunahme	Futtermwertung	Autor	
	Bindung	Gehalt mg/kg				
Absetzferkel	Chlorid	75	2 %	4-5 %	Rambeck et al. (1999)	
		150	0-5 %	3-7 %		
Absetzferkel	Chlorid	150	19 %	12 %	Borger et al. (2003)	
Mastschwein			12 %	3 %		
Absetzferkel	Chlorid	300	4-5 %	0 %	Eisele et al. (2003)	
Ferkel Feld-Versuch			200	10 %		2 %
Ferkel Feld-Versuch			200	3 %		9 %
Absetzferkel	Citrat	50	0 %	2 %	Knebel (2004)	
		100	9 %	6 %		
		200	23 %	6 %		

Die orale Toxizität seltener Erden ist gering. Bei einer Zufütterung von Seltenen Erden ist die Konzentration in den tierischen Geweben Muskulatur und Leber niedriger (Borger et al., 2003) als in nativen pflanzlichen Geweben (Krafka, 1999). Das spricht für die Unbedenklichkeit als Zusatzstoff für die Tierernährung.

In der vorliegenden Studie wurden Mastleistungsdaten wachsender Ferkel erhoben, mit Hilfe von Gesamtstoffwechselfersuchen eine genaue Energie-, Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz erstellt und die Nährstoffverdaulichkeit untersucht. Dabei war das Ziel, einen möglichen Einfluss der mit dem Futter supplementierten Seltenen Erden auf diese Faktoren abzuklären.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 40 männliche, kastrierte Masthybriden, mit einem durchschnittlichen Gewicht von 8.6 kg (± 0.8 kg) und einem Alter von 32.5 Tagen (± 5.5 Tagen) in den institutseigenen Stallungen der ETH- Zürich aufgestellt. Dabei wurden alle zwei Wochen vier Tiere paarweise zwei Futtermvariantengruppen zugeteilt. Dies erfolgte ausgeglichen nach Alter, Herkunft und Gewicht. Die Ferkel wurden vom ersten bis zum 40. Tag paarweise und vom 40.Tag bis zum Mastende einzeln gehalten. Das jeweils schwerere Tier des gruppengleichen Paares wurde nach 62-63 Tagen, das andere Ferkel nach 69 Tagen Mast, der Schlachtung zugeführt. Das Futter wurde nach einer praxisüblichen Ferkelfutterrezeptur mit den Hauptkomponenten Mais, Gerste, Weizen, Hafer und Sojaschrot und einen Vitamin/ Mineralstoff - Premix gefertigt. Der errechnete Energiegehalt beträgt pro kg Futter 14 MJ VES und der errechnete Proteingehalt 176 g. Es wurde jeweils Celite als Indikator und als Versuchssubstanz Lancer[®] (Zehentmayer AG, CH - 9305 Berg, vorläufige Zulassung in der Schweiz) oder Natriumcitrat beigemischt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Futtermittelnvarianten

Gruppe	Natrium-Citrat (mg/kg)	Lancer [®] * (mg/kg)
Kontrolle	100	0
Versuchsgruppe 1(VG1)	0	300
Versuchsgruppe 2(VG2)	0	600

* 100 mg Lancer[®] entspricht 50 mg Selten- Erde -Citrat

Die Tiere wurden nach einer fünftägigen Eingewöhnungsphase schrittweise rationiert mit dem jeweiligen Versuchsfutter angefütert. Ab Tag 9 wurde das Futter bis zum Versuchsende ad libitum angeboten. An Tag 26 bis 29 erfolgte die erste Messperiode paarweise in der Respirationkammer. Die Messung wurde dabei 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 Respirationphase wurden die Messungen jeweils nach 22.5 h zur Versorgung der Tiere, Probenentnahme (Futter, Kot und Urin) und Messeichung für 1.5 h unterbrochen und auf jeweils 24 h hochgerechnet. Das schwerere Tier der gleichen Versuchsgruppe wurde am 54. Stalltag, und das leichtere Tier eine Woche später einzeln in Stoffwechselständen in eine 5.44 m₂ grosse Respirationkammer verbracht. Diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen. Während der Respiration konnten der Gasaustausch von Sauerstoff, Kohlenstoff und Methan ermittelt werden (Hadorn, 1994). In den gesammelten Proben von Kot, Futter und Urin während dieser Zeiten wurde der Stickstoff-, Kohlenstoff- und Energiegehalt analysiert.

Die folgenden Resultate sind erste Ergebnisse der ersten Respiration- und Stallphase.

Ergebnisse und Diskussion

Die Resultate beziehen sich auf 13 Kontrolltiere in 7 Gruppen und jeweils 12 Tiere in VG1 und VG2. Auf Grund von Durchfallerkrankung während der Respiration, ging eine Gruppe von VG2 für die Bilanzdaten nicht in die Bewertung ein.

Bezüglich der täglichen Zunahme, des Gewichtes und der täglichen Verzehrsmenge gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Futtermittelnvarianten. Die Futtermittelnverwertung in der Versuchsphase von 40 kg bis zur Schlachtung war, im Vergleich VG1 zur Kontrolle, um ca. 9 % geringer. Dieser Unterschied war signifikant. Die Futtermittelnverwertung der VG2 zeigte weder signifikanten Unterschied zur Kontrolle, noch zur VG1 (Tabelle 3).

Die N- und Bruttoenergieaufnahme während der ersten Respirationphase war nicht signifikant verändert (Tabelle 4). Die Verdaulichkeit der Bruttoenergie und des aufgenommenen Stickstoffes war prozentual jeweils in der Gruppe VG1 am höchsten und in der Kontrolle am niedrigsten. Diese Unterschiede waren aber nicht signifikant. Die retinierte Energie war bezogen auf die metabolischen Körpermasse pro Tag in VG2 ca. 25 % höher als zur Kontrolle. Trotz der hohen Streuung war dieser Unterschied signifikant.

Tabelle 3: Gewichtsentwicklung, Futtermittelverzehr und Futtermittelverwertung ¹⁾

		Kontrolle	VG1	VG2	p-Wert
Gewicht (kg)	Tag 9	10.32 ± 0.81	10.28 ± 0.82	10.12 ± 1.00	0.85
	Tag 26	19.07 ± 2.14	18.67 ± 2.70	18.58 ± 3.36	0.90
	Tag 40	29.79 ± 3.65	28.98 ± 3.84	29.29 ± 4.46	0.88
Tägliche Zunahme (kg) ²⁾	VP 1	0.515 ± 0.10	0.494 ± 0.13	0.497 ± 0.15	0.89
	VP 2	0.766 ± 0.15	0.736 ± 0.10	0.765 ± 0.11	0.81
	VP 3	0.998 ± 0.08	1.044 ± 0.10	1.004 ± 0.07	0.47
	VP 1-3	0.813 ± 0.07	0.817 ± 0.07	0.794 ± 0.07	0.95
Täglicher Verzehr (kg) ²⁾	VP 1	0.77 ± 0.07	0.75 ± 0.10	0.74 ± 0.12	0.89
	VP 2	1.23 ± 0.16	1.15 ± 0.16	1.22 ± 0.11	0.47
	VP 3	1.99 ± 0.23	1.90 ± 0.18	1.96 ± 0.25	0.68
	VP 1-3	1.46 ± 0.12	1.34 ± 0.16	1.40 ± 0.13	0.44
Verwertung (kg/kg) ²⁾	VP 1	1.51 ± 0.22	1.53 ± 0.11	1.49 ± 0.08	0.93
	VP 2	1.61 ± 0.08	1.56 ± 0.09	1.60 ± 0.08	0.48
	VP 3	2.00 ± 0.17 a	1.83 ± 0.09 b	1.96 ± 0.30 ab	0.05
	VP 1-3	1.79 ± 0.13 a	1.68 ± 0.16 b	1.77 ± 0.16 ab	0.02

¹⁾ Mittelwert und Standardabweichung

²⁾ VP1: nach Adaptation bis zur Respiration 1; VP2: bis zur Einzelstallung; VP3: bis zur Schlachtung

Tabelle 4 : Energie und N-Bilanzstufen ¹⁾ (1 Messperiode) pro Tag und kg LM^{3/4}

Parameter	Kontrolle		VG 1		VG2		p-Wert
Energie (kJ)							
Aufnahme	1921 ± 144	(100)	2013 ± 184	(100)	2171 ± 200	(100)	0.079
Verdaulich	1641 ± 134	(85)	1758 ± 163	(87)	1871 ± 173	(86)	0.066
Retiniert	618 ± 80 a	(32)	680 ± 131 ab	(34)	786 ± 124 b	(36)	0.048
Stickstoff (g)							
Aufnahme	3.29 ± 0.23	(100)	3.43 ± 0.32	(100)	3.72 ± 0.36	(100)	0.075
Verdaulich	2.75 ± 0.18	(83)	2.94 ± 0.26	(86)	3.13 ± 0.45	(84)	0.065
Retiniert	2.36 ± 0.21	(71)	2.37 ± 0.24	(69)	2.74 ± 0.37	(73)	0.058

¹⁾ Mittelwert und Standardabweichung (*Prozentual zur Aufnahme*)

Die retinierte Energie während der ersten Respirationperiode der VG2 war signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Das war vor allem durch eine höhere Futteraufnahme in

dieser Zeit bedingt. Es kann auf eine höhere Zunahme der Ferkel während dieser Tage hinweisen. Die nach Wägung der Tiere vor- und nach der Respiration errechneten Mittelwerte der täglichen Zunahme/kg LM- bestätigen dies (Kontrolle: 0.073 kg; VG1: 0.079 kg; VG2: 0.090 kg). Die tägliche Zunahme war aber über den gesamten Zeitraum der Studie, bei den mit Seltenen Erden supplementierten Tieren nicht erhöht. Deshalb kann man hieraus nicht unbedingt schliessen, dass Lanthanoide das Wachstum positiv beeinflussen. Das wird aber in anderen Studien belegt (Kessler, 2004). Es gibt hingegen auch Autoren, die keine positive Beeinflussung des Wachstums durch Lanthanoide eruiert haben (Eisele 2003, Halle et al., 2002). Wie schon eingangs erwähnt, könnten Lanthanoide möglicherweise an physiologischen Stoffwechselprozessen beteiligt sein. So kann die Aktivität von Wachstumshormon oder T3 der Schilddrüse durch die Seltenen Erden beeinflusst werden (He et al., 2003). Auch zahlreiche andere Mechanismen des Zellstoffwechsels könnten je nach Dosis der Lanthanoide stimuliert oder gehemmt werden. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt aber noch nicht möglich zu beantworten, warum die Lanthanoide in dieser Studie in Gegensatz zu anderen keine Veränderungen der Wachstumsleistung bewirkten. Die Futtermittelverwertung der VG1 ab dem 40. Tag bis Mastende um 9 % und über die gesamte Mastperiode 7 % niedriger als die Kontrolle. Diese signifikante Veränderung könnte durch eine bessere Verdaulichkeit der Nährstoffe oder/und deren Absorption bedingt sein. Die Verdaulichkeit der Energie und des Stickstoffes während der Respirationsperiode ist tendenziell in beiden Versuchsgruppen höher im Vergleich zur Kontrolle. Die noch bevorstehenden Analysen der zweiten Respirationphase könnten die bessere Verdaulichkeit eventuell bestätigen. Die Lanthanoide wirken je nach Konzentration hemmend oder stimulierend auf Bakterienwachstum (Muroma, 1958) und könnten so die Mikroflora im Darm positiv beeinflussen. Deshalb könnte durch eine höhere Dosis auch wieder ein gegenteiliger Effekt bewirkt werden. Ebenso ist denkbar, dass Seltene Erden die Permeabilität des Dünndarmes für die verschiedenen Nährstoffe beeinflussen und es deshalb zu einer erhöhten Absorption der Stoffe kommen könnte.

Schlussfolgerung

Zahlreiche Studien belegen eine Leistungsverbesserung durch die Zufütterung von Seltenen Erden. Auch in der vorliegenden Studie ist eine signifikant bessere Futtermittelverwertung bei gleicher täglicher Zunahme bei einer Zugabe von 150 mg Seltene Erde – Gemisch erzielt worden. Deshalb könnte es als Zusatzstoff für die Ferkelmast eine gute Alternative für antibiotische Leistungsförderer darstellen. Allerdings sollte der Wirkmechanismus noch in weiteren Studien untersucht werden, auch um den Einsatz bezüglich Dosis und Mischung der Lanthanoide optimieren zu können.

Literaturverzeichnis

- Borger, C. (2003) Alternative Methoden in der Schweinemast. Untersuchungen zum leistungssteigernden Potential Seltener Erden und zur Jodanreicherung im Gewebe durch die Verfütterung von Meeresalgen. Diss. med.vet., Ludwig-Maximilians-Univ., München
- Eisele, N. (2003) Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein. Diss. med.vet., Ludw.-Max.-Univ. München
- Evans, C.H. (1990) Biochemistry of the lanthanoides. Plenum Press, New York and London

- Hadorn, R. (1994) Einfluss unterschiedlicher Nahrungsfaserträger im Vergleich zu Weizenquellstärke auf die Nährstoff- und Energieverwertung von wachsenden Schweinen und Broilern, Diss. ETH Zürich
- Halle, I., Böhme, H., Schnug, E. (2003) Investigations on rare earth elements as growth promoting additives in diets for broilers and growing-finishing pigs. Proceedings 7th Conference of the ESVCN in Hannover, 3-4th October 2004, 101
- He, M.L., Ranz, D., Rambeck, W.A. (2003) Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (87, 1-7)
- 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. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 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
- Kessler, J. (2004) Lanthanoide – Wachstumsförderer mit Zukunft. In:Schweinehaltung, 04.255, Sursee/Oberkirch 22.-23.Juni 2004.
- Knebel, C. (2004) Untersuchungen zum Einfluss Seltener Erd-Citrate auf Leistungsparameter beim Schwein und die rumeale Fermentation im künstlichen Pansen (Rusitec). Diss. med. vet., Ludwig-Max.-Univ.München
- Krafka, B. (1999) Neutronenaktivierungsanalyse an Boden- und Pflanzenproben: Untersuchungen zum Gehalt an Lanthanoiden sowie Vergleich der Multielementanalytik mit aufschlussabhängigen Analysenmethoden, Diss. rer. Natnat., TU 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 BoLan* 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
- Rambeck, W. A., Wehr, U., Rare earth elements as alternative growth promoters in pig production. Submitted 2004.
- Rambeck, W.A., He, M.L., Chang, J., Arnold, R., Henkelmann, R., Süß, A. (1999) Possible role of rare earth elements as growth promoters In:Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, 7. Symposium, 22.-23.9.1999, Jena/Thüringen, 311-317.

Korrespondenzadresse:

Birgit Prause, Institut für Tierernährung, Winterthurerstr. 260, CH-8057 Zürich
 birgit.prause@inw.agrl.ethz.ch