

Nutztiere

Dreiwertiges Chrom - Wechselwirkungen mit dem Futter

Andreas Lemme und Caspar Wenk, Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährungsbiologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich
Giuseppe Bee, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux
Auskünfte: Andreas Lemme, e-mail: andreas.lemme@inw.agrl.ethz.ch, Fax +41 (0) 1 6321128, Tel. +41 (0) 1 6323270

Aus drei Versuchen mit Mastschweinen geht hervor, dass eine Zulage von 200 mg Chrom pro t Futter eine ausreichende Dosierung ist. Allerdings übte die Futterzusammensetzung einen grossen Einfluss auf das Ausmass der Chromwirkung aus. So standen die Chromeffekte mit der Menge und Herkunft des Futterproteins ungleich stärker in Wechselwirkung als mit dem Gehalt und der Art der Futterkohlenhydrate.

In Stoffwechselkästen wurde der Nährstoffumsatz gemessen.



Seit nunmehr 40 Jahren ist das dreiwertige Chrom (Cr) als essentielles Spurenelement bekannt. In der internationalen Literatur wird besonders dessen Einbindung in den Insulin-Stoffwechsel diskutiert, wobei Chrom die Wirkung des Insulins verbessert (Davis und Vincent 1997). In der Schweineernährung wurden positive Cr-Effekte auch auf die Schlachtkörperqualität beobachtet. Besonders die Reduktion des Fettgehaltes im Schlachtkörper fand hier Beachtung. Allerdings sind die Ergebnisse vieler Studien scheinbar widersprüch-

lich, was durch eine Reihe von bekannten (aber sicher auch noch unbekannt) Einflussfaktoren begründet ist. Im Folgenden werden daher drei Studien vorgestellt, die das Ziel hatten, bei der Aufklärung solcher Wechselwirkungen mitzuwirken (Lemme *et al.* 1999a,b,c).

Welche Chrom-Dosierung ist günstig?

In einem **ersten Wachstumsversuch** wurde bei vierzig Schweizer Edelschweinen (zehn Tiere pro Variante) untersucht, ob es unter schweizerischen Fütterungsbedingungen eine von der Dosis abhängige Wirkung auf die Mastleistung sowie die Schlachtkörperqualität gibt (Lemme *et al.* 1999a). Das Chrom wurde als Cr-Hefe in Mengen von 0, 200, 400 beziehungsweise 800 mg

Cr/t Futter (ppb) eingesetzt. Die rationierte Fütterung in der Vor- (25 - 57 kg Lebendmasse (LM)) und Endmast (57 - 105 kg LM) führte letztlich zu einem durchschnittlichen täglichen Futterverbrauch von 2,03 kg. Die Schlachtung erfolgte in der «Mast- und Schlachtleistungsprüfanstalt Sempach (MLP)», wobei die linke Schlachthälfte nach der MLP-Schnittführung zerlegt wurde. Zur Schätzung der Nährstoffzusammensetzung hat man die rechte Schlachthälfte in etwa 30 Scheiben zersägt und das anfallende Sägemehl untersucht (Sägemethode). Zusätzliche Analysen von Blutproben, die gegen Ende der Mast zwei Stunden nach der Fütterung gewonnen wurden, sollten Hinweise auf mögliche physiologische Zusammenhänge liefern.

Tab. 1. Mastleistung sowie Teilstück- und Nährstoffzusammensetzung der Schlachtkörper bei verschiedenen Cr-Dosierungen im Futter

Variante		Cr0	Cr200	Cr400	Cr800
Chromzulage	mg/t	0	200	400	800
Mastleistung ¹					
Tägl. Zunahme A	g	688	695	661	679
Tägl. Zunahme E ^{2,3}	g	783	855	807	786
Tägl. Zunahme T ⁴	g	741	785	742	736
Futterverwertung A		2,26	2,19	2,31	2,27
Futterverwertung E ⁴		3,11	2,88	3,01	3,11
Futterverwertung T ⁵		2,78	2,61	2,73	2,75
Teilstückzusammensetzung % des SK ¹					
Wertvolle Teilstücke ¹		54,6	55,1	54,2	53,6
Fettauflagen WT ¹		13,9	13,9	14,0	14,4
Nährstoffzusammensetzung % der SK - Trockenmasse ¹					
Protein		41,7	41,5	42,2	39,3
Fett		49,7	50,3	49,5	52,5

¹ A: Anfangsmast, E: Endmast, T: Gesamtmast, SK: Schlachtkörper, WT: Wertvolle Teilstücke: Schulter, Karree, Schinken ohne Fettauflagen; ² Quadratische Beziehung, P < 0,10; ³ Behandlung 0 vs 200, P < 0,03; ⁴ Behandlung 0 vs 200, P < 0,06; ⁵ Behandlung 0 vs 200, P < 0,05

Obwohl es kaum eindeutige Informationen über die Dosis-Wirkungsbeziehung gibt, wird in Cr-Studien meistens 200 ppb Cr supplementiert. Unsere Resultate zeigen, dass 200 ppb unter unseren Bedingungen zumindest als ausreichend betrachtet werden können (Tab. 1). Höhere Dosierungen verschlechterten die Leistung sogar wieder. Allerdings sind für eine fundierte Bedarfsempfehlung weitere Untersuchungen notwendig. Chrom wirkte besonders im zweiten Mastabschnitt, was ein Indiz für einen mit dem Alter steigender Bedarf sein mag.

Die viel diskutierte Reduktion des Fettansatzes bei der Verfütterung von Cr-supplementiertem Futter konnten wir nicht beobachten (Tab. 1). Die Gründe dafür mögen in dem ohnehin geringen Fettansatz der Schweine liegen, welcher seinerseits mit dem genetischem Potenzial für hohen Magerfleischanteil und der dem Bedarf der Tiere entsprechenden Nährstoffversorgung erklärt werden kann.

Im Gegenteil, in der Tendenz liess die Teilstück- und Nährstoffzusammensetzung eher auf einen mit steigender Cr-Dosierung zunehmenden Fettansatz schliessen (Tab. 4). Diesbezüglich können zwei Hormone eine besondere Bedeutung haben: Insulin (anabol) und Glukagon (katabol) (siehe Kasten).

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die reduzierte Insulinkonzentration im Blutplasma in den Cr-Varianten auf die verbesserte Insulineffizienz zurückzuführen, da diese langfristig über einen hormonalen Regelmechanismus zu einer Senkung der Ausschüttung führt. Gleichzeitig wird, um der verstärkten Insulinwirkung entgegenzuwirken, die Sekretion von Glukagon gesteigert (McCarty 1996). Bei unseren Untersuchungen ist dieser Effekt im

Tab. 2. Versuchsdesign und Nährstoff- (g/kg TM) sowie Energiegehalt (MJ VE/kg TM) der Versuchsmischungen (Versuch 2)

Glykämischer Index Cr-Zulage mg/t	hoch		tief	
	0	200	0	200
Variante	HG0	HG200	TG0	TG200
Rohprotein	159		153	
Stärke	463		379	
Zucker	103		33	
Rohfett	20		78	
Rohfaser	48		83	
Rohasche	73		71	
Verdauliche Energie	14,27		14,02	
RP:VE ¹	11,1		10,9	

¹RP: Rohprotein, VE: Verdauliche Energie

Tab. 3. Mastleistung und Teilstück- sowie Nährstoffzusammensetzung der Schlachtkörper und Verdaulichkeit von Energie und Stickstoff in Abhängigkeit der Chromzulage (Cr) und des glykämischen Index (GI) der Ration

Variante	HG0	HG200	TG0	TG200	P-Werte ¹	
					GI	Cr x GI
Mastleistung						
Tägl. Zunahme	701	714	687	653	0,003	0,043
FV ²	2,94	2,89	3,00	3,13	0,003	0,070
Teilstückzusammensetzung (% vom SK ²)						
WT ²	56,2	56,6	57,5	57,9	0,028	0,975
FA - WT	15,3	15,0	14,3	14,5	0,140	0,672
Nährstoffzusammensetzung (% der SK-Trockenmasse)						
Protein	37,1	38,2	41,6	41,4	0,001	0,439
Fett	55,4	54,1	50,4	50,9	0,001	0,361
Verdaulichkeit von Energie und Stickstoff						
Energie	0,83	0,85	0,72	0,72	0,001	0,159
Stickstoff	0,80	0,82	0,73	0,72	0,001	0,227

¹ Es gab keine Effekte, die ausschliesslich auf Cr zurückzuführen sind;

² FV: Futtermittelverwertung, WT: Wertvolle Teilstücke, abgespeckt (Schulter, Karree, Schinken), FA - WT: Fettauflagen der WT, SK: Schlachtkörper

Tab. 4. Insulin und Glukagonkonzentrationen im Blutplasma 2 h nach der Fütterung in Abhängigkeit der Cr-Dosierung (Versuch 1) sowie der Cr-Zulage (Cr) und des glykämischen Index (GI) der Ration (Versuch 2)

Variante		Cr0	Cr200	Cr400	Cr800	P-Werte ²	
						Cr	GI
Insulin (Ins)	μU/mL	35,5	30,0	30,4	28,5		
Glukagon (Gluk)	pg/mL	116	123	103	128		
Insulin: Glukagon ¹		16,6	11,1	13,2	10,2		
Variante		HG0	HG200	TG0	TG200	Cr	GI
Ins	μU/mL	62,2	45,0	31,4	20,9	0,110	0,004
Gluk	pg/mL	84	91	90	102	0,031	0,048
Ins:Gluk ¹		34,6	23,1	15,4	9,1	0,050	0,001

¹ Insulin:Glukagon (pg/ml:pg/ml) wobei Insulin (pg/ml) = (μU/ml) · 45;

² Es gab keine Cr x GI Interaktionen

zweiten Experiment noch deutlicher abzulesen (Tab. 4). Es bleibt jedoch die Frage, ob durch die Reduktion der Insulinausschüttung und der Steigerung der Glukagonsekretion der Nettoeffekt dieser beiden Hormone unverändert bleibt oder die anabole beziehungsweise katabole Wirkung verstärkt wird. Es ist durchaus vorstellbar, dass bezüglich der Cr-Problematik das Ausmass des Fettansatzes unter anderem auch vom Verhältnis dieser beiden Hormone abhängt. Es gibt in der Literatur aber auch Hinweise, dass andere Hormone wie zum Beispiel das Wachstumshormon direkt oder auch indirekt (über Regulationsmechanismen) in den Gesamtkomplex einbezogen sind.

Eine Zulage von 200 mg Chrom pro Tonne Futter ist eine ausreichende Dosierung.

Chrom und der glykämische Index

Die Idee des **zweiten Versuchs** basiert auf dem Konzept des

Insulin und Glukagon

Insulin ist im Organismus primär für die Senkung des Blutzuckerspiegels verantwortlich, das heisst es sorgt dafür, dass die Zellen des Körpers Glukose aufnehmen können und stimuliert zusätzlich die Verwertung dieser Energiequelle. Bei einem Überangebot von Energie wird beispielsweise die Fettsynthese angeregt. Auch die Proteinsynthese kann positiv beeinflusst werden, sofern die entsprechenden Bausteine, die Aminosäuren, in der richtigen Zusammensetzung vorhanden sind (auch deren Aufnahme in die Zellen wird durch Insulin begünstigt). Fehlt es an Blutzucker gewinnt das Glukagon, der Antagonist zu Insulin, an Bedeutung. Dieses Hormon bewirkt die körpereigene Neusynthese von Glucose aus Glykogen (Glykogenolyse) und aus bestimmten Aminosäuren (Glukoneogenese). Ferner kann Glukagon zur Energiegewinnung den Fettabbau anregen.

weise Belastung des Kohlenhydratstoffwechsels durch eine bestimmte Nahrung im Vergleich zu einer Referenz aus (z.B. Brot oder reiner Zucker).

Abgesehen von der Tatsache, dass die Tiere über die gesamte Mast lediglich ein Futter erhielten, war der zweite Versuch hinsichtlich Aufbau, Organisation und Durchführung zum ersten Experiment identisch (Lemme *et al.* 1999b). Ausserdem wurde in der zweiten Masthälfte die scheinbare Verdaulichkeit von Futterenergie und -protein bestimmt. Die vier Futtervarianten **HG0, HG200, TG0 und TG200** (Tab. 2) unterschieden sich einerseits im Stärke- und Zuckergehalt (**Hoch** oder **Tief**) und andererseits in der Chromzulage (**0** oder **200 ppb**). Das Futter wurde den Bedarfsempfehlungen eines 70 kg schweren Schweins (VES, RP:VES) entsprechend zusammengesetzt.

Einfluss des glykämischen Index: Obwohl alle Rationen auf gleichen Gehalt an verdaulicher Energie kalkuliert waren, ist das geringere Wachstum der Schweine aus den TG-Gruppen (TG0 und TG200) wahrscheinlich auf die deutlich geringere Energie- und Proteinverdaulichkeit des TG-Futters zurückzuführen (Tab. 3). Dieser Effekt war zwar teilweise aufgrund der Futterzu-

sammensetzung zu erwarten (fand auch Eingang in die Rationskalkulationen), überraschte in diesem Ausmass aber doch. Offenbar lässt sich die Nährstoffverdaulichkeit der einzelnen Komponenten nicht, wie allgemein angenommen, linear addieren, besonders wenn grössere Schwankungen im Rohfaser- und Rohfettgehalt auftreten. Ferner hatte der Glykämische Index auch Einfluss auf den Nährstoffansatz. Die Schlachtkörper der Tiere der HG-Varianten waren mehr verfettet als jene der TG-Varianten, was einerseits durch die stärkere Stimulation des Insulinstoffwechsels (Tab. 4) und andererseits durch den höheren Anteil an verdauter Energie (Übersorgung?) und Rohprotein (ungünstige Zusammensetzung?) begründet sein kann.

Einfluss der Chromzulage: Während bei der Teilstück- und Nährstoffzusammensetzung sowie bei der Nährstoffverdaulichkeit kein Cr-Effekt zu beobachten war, waren die täglichen Zunahmen der TG200-Gruppe verglichen mit der entsprechenden Kontrolle (TG0) geringer. Aufgrund des hohen «Insulin-Stimulations-Potenzials» des HG-Futters hatten wir eher mit einer Cr-Wirkung bei den HG200-Tieren gerechnet. Die Betrachtung der Hormonkonzentrationen sowie deren Beziehungen zueinander



«Glykämischen Index» (GI), das in der menschlichen Ernährung, besonders für die Diabetikerinnen und Diabetiker, von Bedeutung ist. Der glykämische Index, der von der Menge, Art und Herkunft der Kohlenhydrate bestimmt wird, drückt die zu erwartende Insulinausschüttung beziehungs-

fürten uns allerdings zu folgender Hypothese: Vor dem Hintergrund des Antagonismus von Insulin und Glukagon schien zwischen den Varianten TG0 und TG200 hinsichtlich des Nettoeffektes dieser Hormone eine physiologische Schwelle unterschritten worden zu sein. Das Wachstum wurde deshalb in der TG200-Variante gebremst. Dieser Zusammenhang wäre aber durch weitere Untersuchungen genauer abzuklären, da es sich bei den Blutuntersuchungen um Momentaufnahmen handelte. Zusätzlich kann, obwohl der Rohproteingehalt (sowie der kalkulierte Gehalt an den limitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystin, Threonin und Tryptophan) zwischen der HG- und der TG-Mischung weitgehend übereinstimmte, das Gesamt-Aminosäurenmuster mit Chrom in Wechselwirkung gestanden haben (siehe 3. Versuch).

Chrom und die Proteinversorgung

Der **dritte Versuch** wurde als Gesamtstoffwechsel-Untersuchung durchgeführt, bei der wir das HG-Futter des zweiten Experimentes im Rohproteingehalt variierten (Lemme *et al.* 1999c). Die ersten fünf limitierenden Aminosäuren wurden gemäss den schweizerischen Empfehlungen konstant gehalten. Die vier Futtermischungen **HP0**, **HP200**, **TP0** und **TP200** zeichneten sich durch einen hohen beziehungsweise tiefen Rohproteingehalt (**RP**) und die Cr-Zulage von **0** beziehungsweise **200** ppb aus (Tab. 5). Der tiefe Proteingehalt wurde dennoch so kalkuliert, dass er die maximale N-Retention gewährleisten sollte. An sechzehn kastrierten männlichen Schweizer Edelschweinen haben wir mittels Gesamtstoffwechsel-Untersuchungen die Stickstoff- und Energiebilanz erfasst. Anhand der Ergebnisse wurde daraufhin der Nährstoffansatz der Tiere geschätzt.

Tab. 5. Versuchsdesign und Nährstoff- (g/kg TM), Aminosäure- (g/kg TM) (sowie in Relation zu Lysin) und Energiegehalt (MJ VE/kg TM) der Versuchsfutter (Versuch 3)

Rohproteingehalt Cr-Zulage mg/t Variante	hoch		tief	
	0	200	0	200
	HP0	HP200	TP0	TP200
Rohprotein	205		155	
Lys ¹	13,0	(100)	12,2	(100)
Met & Cys ¹	7,5	(58)	7,2	(59)
Thr ¹	9,0	(69)	8,1	(66)
Trp ¹	2,4	(19)	2,2	(18)
Stärke	469		473	
Zucker	102		99	
Rohfett	17		43	
Rohfaser	44		51	
Rohasche	73		71	
Verdauliche Energie	14,51		14,60	
RP:VE ¹	14,1		10,6	

¹ Lys: Lysin, Met: Methionin, Cys: Cystin, Thr: Threonin, Trp: Tryptophan, RP: Rohprotein, VE: Verdauliche Energie

Tab. 6. Energiewechsel bei Schweinen in Abhängigkeit der Cr-Zulage (Cr) und des Proteingehaltes (RP) der Ration (Versuch 3)

Variante	HP0	HP200	TP0	TP200	P-Werte		
					Cr	RP	Cr x RP
N-Stoffwechsel							
v(N)	0,870	0,900	0,845	0,861	0,001	0,001	0,131
Harn N ²	0,459	0,431	0,375	0,401	0,947	0,004	0,093
N Verwertung	0,411	0,470	0,470	0,459	0,172	0,172	0,063
Energiestoffwechsel							
v(E) ²	0,864	0,891	0,847	0,849	0,001	0,001	0,001
u(E) ²	0,796	0,829	0,792	0,790	0,012	0,003	0,007
n(E) ²	0,339	0,351	0,354	0,351	0,577	0,323	0,340
k ²	0,426	0,423	0,447	0,443	0,702	0,025	0,957
Fettverdaulichkeit							
v(F)	0,482	0,537	0,731	0,749	0,020	0,001	0,180
Täglicher Nährstoffansatz (g / kg LM ^{0,75})							
Protein	6,84	8,08	6,11	5,95	0,061	0,001	0,022
Fett	11,27	10,59	12,32	12,04	0,062	0,001	0,395

¹ v(X): Nährstoffverdaulichkeit, u(E): Umsetzbarkeit der Energie, n(E): relative Energiebilanz, k: Gesamtwirkungsgrad der Energie; ² im Verhältnis zum N-Aufnahme

Offensichtlich war die TP-Mischung nicht geeignet, das volle Potenzial der N-Retention auszuschöpfen, was am Protein- und Fettansatz ersichtlich ist. Die TP-Mischung haben wir vergleichsweise stärker mit synthetischen Aminosäuren versetzt, damit die Empfehlungen erreicht werden

konnten. Bei einer einmaligen täglichen Fütterung, wie sie versuchsbedingt durchgeführt wurde, kann dies zu einer intermediären Verschiebung des Aminosäuren-musters geführt haben. Synthetische Aminosäuren werden zum Teil schneller als jene aus intaktem Protein absorbiert,



Unter bestimmten Futterbedingungen beeinflusst die Zulage von Chrom die Schlachtkörper-Zusammensetzung.

was dazu führt, dass die angefluteten Aminosäuren an den Syntheseorten nicht mehr der angestrebten Idealzusammensetzung entsprechen und so der maximale Proteinansatz nicht erreicht wird. Das überschüssige Energieangebot wird daraufhin vermehrt als Fett gespeichert.

Nährstoff-Verdaulichkeit: Erwartungsgemäss konnte bei den Tieren mit einer hohen RP-Versorgung eine höhere Proteinbeziehungsweise Stickstoffverdaulichkeit beobachtet werden, weil die endogenen Ausscheidungen vergleichsweise geringer werden (Tab. 6). Da Protein selbst auch einen Energiewert besitzt, stieg die Verdaulichkeit der Energie ebenfalls zwischen den RP-Stufen. Die bessere Fettverdaulichkeit der Tiere der TP-Gruppen konnte diesen Effekt nicht kompensieren.

Die Cr-Zulage bewirkte sowohl eine verbesserte Protein- als auch der Fettverdaulichkeit. Wir konnten aufgrund der angewandten Methoden aber nicht feststellen, ob dieser Effekt auf einer Erhöhung der Nährstoffabsorption oder auf einer Reduktion der endogenen Ausscheidungen beruhte. Die Energieverdaulichkeit wurde allerdings nur bei hoher Proteinzufuhr durch die Cr-Supplementierung erhöht. Möglicherweise war die Verdaulichkeit von Stärke, Zucker oder Rohfaser in der TP200 Gruppe vermindert.

Intermediäre Nährstoffverwertung: Wie zu erwarten war, fielen die Harn-N-Verluste der HP-Tiere grundsätzlich höher aus als bei den TP-Schweinen, was auf eine Überversorgung mit Aminosäuren hindeutete. Allerdings war im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollvarianten bei den HP200-Tieren ein geringerer und bei den TP200-Tieren ein höherer Harn-N-Verlust festzustellen. Dadurch wurde der Vorteil der erhöhten N-Verdaulichkeit der TP200-Schweine gegenüber den TP0-Schweinen aufgehoben. Infolgedessen gab es hinsichtlich der N-Verwertung (Verhältnis von angesetztem, retiniertem N zu aufgenommenem N), die in direktem Zusammenhang mit dem Proteinansatz steht, keinen Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen. Prinzipiell führten die gleichen Umstände auch dazu, dass es beim Energiestoffwechsel zwischen den TP-Gruppen ebenfalls keine Differenzen gab. Im Gegensatz dazu addierten sich in der HP200-Gruppe gegenüber der HP0-Variante zur höheren N-Verdaulichkeit auch noch die geringeren Harn-N-Verluste. Diese waren letztlich durch den deutlich höheren Proteinansatz bedingt. Das Resultat war eine merklich höhere N-Verwertung durch die HP200-Tiere.

Die Literatur liefert Informationen, dass Chrom die Proteinsyn-

these stimulieren kann (Okada *et al.* 1984). Ein deutlicher Zuwachs an Protein ist aber nur dann zu erwarten, wenn diese Stimulation durch eine geeignete Mischung aller Aminosäuren ausgenutzt werden kann, was scheinbar beim HP-Futter der Fall war. Hier sind offenbar auch die Menge und die Komposition der nicht-limitierenden Aminosäuren ein entscheidender Faktor. Es gibt Hinweise, dass die Insulinwirkung neben Chrom auch von bestimmten Aminosäuren wie zum Beispiel Leucin begünstigt wird (Garlick *et al.* 1998) und dass Chrom mit einigen nicht-essentiellen Aminosäuren hinsichtlich deren Einbau in bestimmte Gewebe in Wechselwirkung steht (Roginski und Mertz 1969).

Obwohl die HP200-Tiere einen bedeutend höheren Proteinansatz als die HP0-Tiere erreichten, gab es keine deutlichen Unterschiede in der Energie-Retention oder im energetischen Gesamtwirkungsgrad. Dies liegt daran, dass mit steigender Protein-Syntheseleistung auch die Energieverluste durch Stoffwechselwärme ansteigen.

Der in den Cr-Zulage-Gruppen unabhängig von der RP-Versorgung reduzierte Fettansatz mag mit den Auswirkungen auf das Hormonsystem zusammen hängen. Leider liessen die Blutuntersuchungen aufgrund der kleinen Tierzahl keine eindeutigen Folgerungen zu. In der Literatur finden sich zumindest Untersuchungen, die eine erhöhte lipolytische Aktivität im Fettgewebe beschreiben (Min *et al.* 1997).

Folgerungen

Die vorliegenden Daten zeigen, dass der Effekt von Chrom auf den Nährstoffansatz, besonders von der Rohproteinbeziehungsweise Aminosäurenversorgung beeinflusst wird. Die Cr-Zulage führte demnach zu einer Umver-

teilung der retinierten Energie. Andere Nahrungsfaktoren haben hier scheinbar eine untergeordnete Bedeutung, die aber unter bestimmten Bedingungen zum Tragen kommen können.

Literatur

- Davis C.M. and J.B. Vincent, 1997. Chromium oligopeptide activates insulin receptor tyrosine kinase activity. *Biochemistry* **36**, 4382-4385.
- Garlick P.J., M.A. McNurlan, T. Bark, C.H. Lang and M.C. Gelato, 1998. Hormonal regulation of protein metabolism in relation to nutrition and disease. *Journal of Nutrition* **128**, 356S-359S.
- Lemme A., C. Wenk, M.D. Lindemann and G. Bee, 1999a. Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass composition of growing-finishing pigs. *im Druck: Annales de Zootechnie*
- Lemme A., C. Wenk, M.D. Lindemann and G. Bee, 1999b. Chromium yeast affects growth performance but not carcass characteristics of growing-finishing pigs depending on the glycemic index. *im Druck: Archives of Animal Nutrition*
- Lemme A., C. Wenk, M.D. Lindemann and G. Bee, 1999c. Dietary chromium affected the distribution of retained energy by altering protein and fat accretion rate in finishing pigs fed two dietary protein levels. *eingereicht: Livestock Production Science*
- McCarty M.F., 1996. Chromium and other insulin sensitizers may enhance glucagon secretion: implications for hypoglycemia and weight control. *Medical Hypotheses* **46**, 77-80.
- Min J.K., W.Y. Kim, B.J. Chae, I.B. Chung, I.S. Shin, Y.J. Choi and I.K. Han, 1997. Effects of chromium picolinate (CrP) on growth performance, carcass characteristics and serum traits in growing-finishing pigs. *Asian Australian Journal of Animal Sciences* **10**, 8-14.
- Okada S., H. Tsukada and H. Ohba, 1984. Enhancement of nucleolar RNA synthesis by chromium (III) in regenerating rat liver. *Journal of Inorganic Biochemistry* **21**, 113-124.
- Roginski E.E. and W. Mertz, 1969. Effects of chromium (III) supplementation on glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. *Journal of Nutrition* **97**, 525-530.

RÉSUMÉ

Chrome trivalent - interactions avec l'alimentation

Les effets du chrome trivalent dans l'alimentation ont été évalués dans le cadre de trois essais réalisés avec des porcs en fin d'engraissement dans diverses conditions d'alimentation. Les résultats du premier essai ont montré qu'une adjonction de 200 mg de chrome par tonne d'aliment (200 ppb) a été suffisante puisque l'accroissement journalier a été amélioré comparativement au contrôle. Pas d'effets ou même des performances d'accroissement inférieures ont été constatés pour des dosages plus élevés. Le deuxième essai a montré qu'une supplémentation en chrome diminue l'accroissement journalier, du moins avec une alimentation pauvre en glucides. De plus, les deux essais ont suggéré que l'effet du chrome sur le métabolisme de l'insuline pouvait aussi influencer celui du glucagon. Le troisième essai (essai de bilans et de respiration) a clairement démontré une relation entre l'apport de matière azotée ou plutôt d'acides aminés et le chrome dans l'aliment. Indépendamment du taux protéique de l'aliment, la digestibilité de l'azote et de la graisse ont été améliorées tandis que la synthèse lipidique était réduite. La rétention et par la même, l'utilisation azotée ont été améliorées grâce au chrome, principalement avec des apports élevés de protéine.

SUMMARY

Trivalent Chromium - Interactions with the diets

Three experiments with growing-finishing pigs were performed to evaluate the effects of dietary trivalent chromium (Cr) under certain feeding conditions. The results of the first study indicated that an amount of 200 mg Cr / t feedstuff (ppb) is sufficient since daily gain was increased when 200 ppb Cr was added compared to the control treatment. Dosages higher than 200 ppb Cr showed no effect or even impaired growth performance. The second study gave evidence that Cr supplementation impairs daily gain at least in case of a low dietary carbohydrate content. Furthermore both studies suggested that the Cr-effect on insulin metabolism may also affect glucagon metabolism. The third respiration trial demonstrated a clear relationship between crude protein or rather amino acid supply and dietary chromium. Independent of the dietary protein content the nitrogen and fat digestibility was improved whereas fat accretion was reduced. Nitrogen retention and, therefore, nitrogen utilisation was improved by Cr merely in case of high protein supply.

Key words: trivalent chromium, growing-finishing pigs, glycemic index, protein supply