

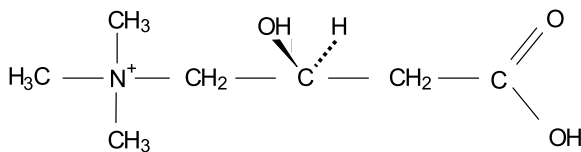
Die Wirkung einer Supplementierung des Futters mit L-Carnitin auf die Leistung von Sauen

Prof. Dr. Klaus Eder, Aleh Ramanau und Dr. Holger Kluge (Halle/Saale)

Einleitung

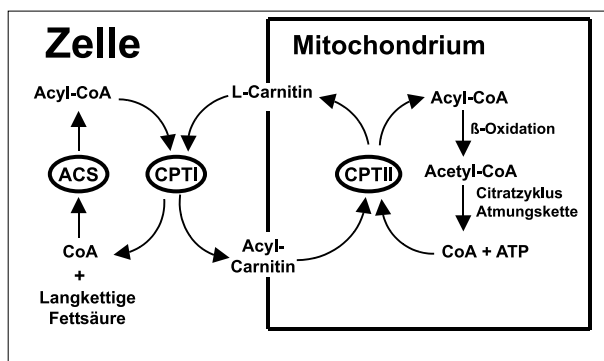
L-Carnitin ist eine chemische Verbindung, die in ihrer Struktur der einer Aminosäure ähnlich ist (Abb. 1).

Abbildung 1: Chemische Struktur von L-Carnitin



L-Carnitin kann im tierischen Organismus gebildet werden. Als Vorstufen fungieren die Aminosäuren Lysin und Methionin. Auch die Vitamine B₆, B₁₂, C, Folsäure und Niacin sowie das Spurenelement Eisen sind als Katalysatoren der endogenen Synthesen von L-Carnitin notwendig. Die höchste Synthesekapazität findet sich in der Leber. Die primäre biochemische Funktion von L-Carnitin besteht darin, dass es mit langkettigen aktivierten Fettsäuren im Cytosol von Zellen unter Mitwirkung der L-Carnitin Palmitoyltransferase Typ I Ester bildet, die membrangängig sind und die Mitochondrienmembran passieren können. Innerhalb des Mitochondriums werden die Ester aus L-Carnitin und Fettsäuren unter Katalyse des Typs II der L-Carnitin Palmitoyltransferase wieder gespalten. Die im Mitochondrium freigesetzten aktivierten Fettsäuren können über die β -Oxidation energetisch genutzt werden. Als energetisch verwertbares Endprodukt entsteht ATP (siehe Abb. 2).

Abbildung 2: Die Funktion von L-Carnitin bei der Bereitstellung von Energie aus Fettsäuren in tierischen Zellen (ACS=Acyl-CoA Synthetase, CPTI=L-Carnitin-Palmitoyltransferase Typ I, CPTII=L-Carnitin-Palmitoyltransferase Typ II, CoA=Coenzym A)



Andere Funktionen von L-Carnitin, die in der Literatur weniger beachtet werden, liegen in einer Pufferung von Acetylresten (siehe HARMEYER und SCHLUMBOHM, 1997). Neben einer Versorgung des Organismus durch die endogene Synthese wird L-Carnitin dem tierischen Organismus auch über das Futter zugeführt. Während tieri-

sche Futtermittel relativ reich an L-Carnitin sind, enthalten pflanzliche Futtermittel wenig L-Carnitin (siehe Tab. 1). Typische Rationen, die keine tierischen Komponenten aufweisen, enthalten in der Regel zwischen 5 und 10 mg L-Carnitin pro kg.

Tabelle 1: L-Carnitin Gehalte in Futtermitteln

Futtermittel	Gehalt (mg/kg)	Futtermittel	Gehalt (mg/kg)
Gerste	10	Vollmilch	20
Mais	5	Magermilch	10-30
Weizen	5	Magermilchpulver	100-300
Triticale	5	Molkenpulver	300-500
Weizenkleie	15	Fischmehl	60-120
Sojaschrot	20	Fleischknochenmehl	50-80

Quelle: M. Baumgartner, R. Blum (LONZA-Mitteilung)

In den letzten Jahren wurden vermehrt Versuche durchgeführt, die der Frage nachgingen, ob eine Supplementierung des Futters mit L-Carnitin die Leistung bei landwirtschaftlichen Nutztieren steigern kann. Vor allem bei Sauen gab es in letzter Zeit einige Versuche, die auf positive Wirkungen einer L-Carnitin Zulage zum Futter auf die Reproduktionsleistung deuteten. In einer Untersuchung von HARMEYER (1993) führte eine L-Carnitin Supplementierung des Sauenfutters während der Laktation zu einer Verbesserung der Zunahmen der Ferkel während der Säugeperiode. In einer anderen Untersuchung von MUSSER und Mitarbeitern (1999) führte eine L-Carnitin Supplementierung während der Trächtigkeit zu einer verbesserten reproduktiven Leistung von Sauen, eine Supplementierung während der Laktation erbrachte hingegen keine Leistungsverbesserung. Die Wirkungen einer L-Carnitin Zulage zum Futter von Sauen auf deren reproduktive Leistung sind somit noch nicht eindeutig beschrieben. Insbesondere ist bislang auch nicht klar, ob positive Effekte einer L-Carnitin Zulage über mehrere Reproduktionszyklen bestehen bleiben. Das Anliegen des vorliegenden Versuches bestand deshalb darin, die Wirkung einer L-Carnitin Zulage während Trächtigkeit und Laktation auf die Reproduktionsleistung von Sauen über mehrere Zyklen zu testen.

Material und Methodik

Es wurden zwei Versuche mit Sauen in einer Agrargesellschaft durchgeführt, die über einen Bestand von 300 Sauen verfügte. Aus diesem Sauenbestand (Rasse Leicoma) wurden im ersten Versuch 127 und im zweiten Versuch 100 Tiere ausgewählt und unter Berücksichtigung von Lebendmasse sowie Anzahl an Trächtigkeiten in zwei Gruppen (Kontrollgruppe vs. Behandlungsgruppe) eingeteilt. Beide Versuche waren hinsichtlich Design und Versuchsdurchführung identisch angelegt, wurden aber mit unterschiedlichen Tieren durchgeführt (Tab. 2).

Die Tiere wurden einzeln gehalten und gefüttert. Vom ersten bis zum 84. Trächtigkeitstag erhielten sie ein kommerzielles Trächtigkeitfutter, ab Tag 85 der Trächtigkeit

Tabelle 2: Versuchsansätze zur Untersuchung der Wirkung von L-Carnitin auf die Leistung von Sauen

Versuchstiere	1. Versuch: 127 Sauen (Leicoma) 2. Versuch: 100 Sauen (Leicoma)
Fütterung	Restriktiv kommerzielles Trächtigkeits-, bzw. Laktationsfutter
Haltung	Einzel, in Ständen
Kriterien	Wurfparameter Wurfentwicklung
Behandlung	Basisfutter + 125 mg L-Carnitin/d/Tier (Gravidität) + 250 mg L-Carnitin/d/Tier (Laktation)

bis zum Ende der Laktation ein kommerzielles Laktationsfutter. Die Nährstoffgehalte dieser Futtermischungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Inhaltsstoffe der verwendeten Futtermischungen

Inhaltsstoff	Trächtigkeitsfutter	Laktationsfutter
Energie (MJ ME/kg)	12,0 ¹	12,9 ¹
Rohprotein (g/kg)	136 ¹	178 ¹
Rohfett (g/kg)	39 ¹	38 ¹
Rohfaser (g/kg)	64 ¹	59 ¹
Rohasche (g/kg)	55 ¹	62 ¹
Lysin (g/kg)	7,0 ²	10,0 ²
L-Carnitin (mg/kg)	4,7 ¹	12,5 ¹ / _{<5}

¹ Analysenwert, ² Herstellerangabe

Die Fütterung während der Trächtigkeit erfolgte restriktiv; die Futtermengenzuteilung während der Laktation erfolgte in Abhängigkeit der Anzahl der geführten Ferkel (Tab. 4). Bis Tag 108 der Trächtigkeit wurden die Tiere einmal täglich gefüttert, anschließend dreimal täglich. Der native L-Carnitin Gehalt des Trächtigkeitsfutters lag unter 5 mg pro kg, der des Laktationsfutters im ersten Versuch bei 12 mg pro kg und im zweiten Versuch bei 5 mg pro kg. Die Tiere der Behandlungsgruppe erhielten während der Trächtigkeit 125 mg und während der Laktation 250 mg L-Carnitin pro Tier und Tag, das dem Futter in Form einer Vormischung (in Weizenkleie) zugesetzt wurde. Wasser stand allen Tieren ad libitum zur Verfügung. Am 7. Tag nach der Abferkelung erhielten die Saugferkel ein Saugferkelbeifutter zur freien Aufnahme. Leistungsdaten wurden in beiden Versuchen über drei komplette Reproduktionszyklen erhoben. Die Daten wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet.

Ergebnisse

Daten zu den Wurfgrößen und der Wurfentwicklung sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Ergebnisse waren in beiden Versuchen sehr ähnlich. Die L-Carnitin Behandlung hatte zwar in beiden Versuchen keinen Einfluss auf die Anzahl geborener Ferkel, die Anzahl totgeborener Ferkel war aber in beiden Versuchen bei den mit L-Carnitin be-

Tabelle 4: Fütterung der Sauen

Leistungsstadium	Futter/Futtermenge
Niederträchtigkeit (Tag 1-85)	Trächtigkeitsfutter 2,5 kg täglich
Hochträchtigkeit (Tag 86-114)	Laktationsfutter 2,5 kg täglich
Laktation Tag 1 bis 4	Laktationsfutter 1,5 bis 4,5 kg
Tag 5 bis 28	5 bis 6 kg

handelten Sauen tendenziell niedriger als bei den Kontrollsauen. Die Anzahl lebensschwacher Ferkel war bei Sauen mit L-Carnitin Gabe in beiden Versuchen sogar nur halb so hoch wie bei den Kontrollsauen. Dies wirkte sich auch in einer leichten Steigerung der Anzahl aufzuchtwürdiger Ferkel je Sau aus. Da auch die Verluste während der Säugeperiode niedriger waren, war die Anzahl abgesetzter Ferkel bei den mit L-Carnitin behandelten Sauen im ersten Versuch um 0,6 Tiere und im zweiten Versuch um 0,4 Tiere höher als bei den Kontrollsauen. Dieser positive Effekt der L-Carnitin Supplementierung war über alle drei untersuchten Reproduktionszyklen hinweg zu erkennen. Im ersten Versuch war die Anzahl abgesetzter Ferkel in den drei Reproduktionszyklen durch L-Carnitin Supplementierung um 0,4, 0,3 und 1,2 Tiere pro Sau erhöht, im zweiten Versuch um 0,4, 0,3 und 0,5 Ferkel je Sau.

Tabelle 5: Einfluss einer Supplementierung des Futters von Sauen mit L-Carnitin auf Wurfgrößen und Wurfentwicklung in zwei Versuchen (Ferkel pro Sau, Mittelwerte aus drei Reproduktionszyklen)

Parameter	Kontrolle (-L-Carnitin)	Behandlung (+L-Carnitin)	Differenz (%)	p-Wert
1. Versuch	n=109	n=103		
Geburt	12,1	11,8	-3	0,444
Lebendgeboren	10,5	10,6	+1	0,983
Totgeboren	1,6	1,2	-25	0,250
Lebensschwach	0,6	0,3	-50	0,002
Aufzuchtwürdig	9,9	10,3	+4	0,381
Abgesetzt	8,3	8,9	+7	0,056
Verluste	1,6	1,4	-13	0,211
2. Versuch	n=86	n=87		
Geburt	12,0	12,0	0	0,953
Lebendgeboren	11,3	11,5	+2	0,399
Totgeboren	0,7	0,5	-29	0,075
Lebensschwach	0,4	0,2	-50	0,083
Aufzuchtwürdig	10,9	11,3	+4	0,180
Abgesetzt	9,0	9,4	+4	0,056
Verluste	1,9	1,9	0	0,490

Eine L-Carnitin Zulage während der Trächtigkeit bei Sauen führte zu einer signifikanten Erhöhung der Geburtmassen der Ferkel (Tab. 6). Dieser Effekt war in beiden Versuchen zu sehen und in seiner Größe auch ähnlich stark ausgeprägt (+5 % im ersten Versuch, +6 % im zweiten Versuch). Ebenso waren die Wurfmassen bei den Sauen, deren Futter mit L-Carnitin supplementiert war, um 5 % bzw. um 9 % höher als bei den Kontrollsauen.

Auffällig war weiterhin, dass die Ferkel der mit L-Carnitin behandelten Mütter während der Säugeperiode deutlich

Tabelle 6: Einfluss einer Supplementierung des Futters von Sauen mit L-Carnitin auf die Lebendmasse der Ferkel und die Masse der Würfe bei der Geburt in zwei Versuchen (kg, Mittelwerte aus drei Reproduktionszyklen)

Parameter	Kontrolle (-L-Carnitin)	Behandlung (+L-Carnitin)	Differenz (%)	p-Wert
1. Versuch	n=109	n=103		
Ferkelmasse	1,44	1,51	+5	0,033
Wurfmasse	15,0	15,8	+5	0,122
2. Versuch	n=86	n=87		
Ferkelmasse	1,45	1,53	+6	0,027
Wurfmasse	16,0	17,5	+9	0,007

mehr an Lebendmasse zunahm als die Ferkel der Kontrollsau (Tab. 7). Dieser Unterschied betrug für die Einzeltiere im ersten Versuch 2 % und im zweiten Versuch 6 %. Noch größer waren die Unterschiede der Entwicklung der Wurfmassen während der Säugeperiode. Da in den Würfen der mit L-Carnitin behandelten Mütter weniger Ausfälle auftraten, betrug die Unterschiede in den Zunahmen der Wurfmassen während der Säugeperiode sogar 10 % (erster Versuch) bzw. 11 % (zweiter Versuch). Folglich waren die Würfe der mit L-Carnitin supplementierten Sauen nach einer einheitlichen Säugeperiode von 28 Tagen auch deutlich schwerer (um 9 % bzw. 11 %) als die Würfe der Kontrollsau.

Tabelle 7: Einfluss einer Supplementierung des Futters von Sauen mit L-Carnitin auf die Zunahmen der Ferkel während der Säugeperiode und die Lebendmasse beim Absetzen in zwei Versuchen (kg, Mittelwerte aus drei Reproduktionszyklen)

Parameter	Kontrolle (-L-Carnitin)	Behandlung (+L-Carnitin)	Differenz (%)	p-Wert
1. Versuch	n=109	n=103		
Zuwachs des Einzeltiers	6,67	6,79	+2	0,256
Zuwachs des Wurfs	54,4	60,0	+10	0,026
Ferkelmasse (Absetzen)	8,11	8,30	+2	0,484
Wurfmasse (Absetzen)	69,4	75,8	+9	0,029
2. Versuch	n=109	n=103		
Zuwachs des Einzeltiers	6,10	6,45	+6	0,018
Zuwachs des Wurfs	51,8	57,4	+11	0,019
Ferkelmasse (Absetzen)	7,55	7,98	+6	0,007
Wurfmasse (Absetzen)	67,8	74,9	+11	0,001

Auch die Wirkungen des L-Carnitins auf Geburtmassen und die Lebendmasseszunahmen ließen sich über alle drei Reproduktionszyklen erkennen, wenn sie auch nicht in allen drei Zyklen gleich stark waren (Tab. 8). Im zweiten Reproduktionszyklus des ersten Versuches waren die

positiven Effekte einer L-Carnitin Zulage nur schwach zu erkennen, im dritten hingegen umso deutlicher ausgeprägt. Möglicherweise kommen hier Kompensationsmechanismen zum Tragen. Im zweiten Versuch waren die positiven Effekte der L-Carnitin Zulage durchweg über alle drei Reproduktionszyklen einheitlich ausgeprägt.

Tabelle 8: Wirkungen der Supplementierung des Futters von Sauen mit L-Carnitin auf die Leistungsparameter in den einzelnen Reproduktionszyklen

Parameter	1. Versuch		2. Versuch			
Ferkelmasse, Geburt (Verbesserung, %)	6	1	8	2	10	6
Wurfmasse, Geburt (Verbesserung, %)	7	1	8	6	10	12
Wurfmasse, Absetzen (Verbesserung, %)	14	1	24	8	11	14
Abgesetzte Ferkel (Verbesserung, Anzahl Tiere)	0,4	0,3	1,2	0,4	0,3	0,5

Aus beiden Sauengruppen wurden abgesetzte Ferkel entnommen und in ihrer weiteren Entwicklung während der Aufzucht beobachtet (Tab. 9). Dabei wurde für beide Gruppen ein identisches Standardfutter für die Ferkelaufzucht verwendet. Die abgesetzten Ferkel der mit L-Carnitin behandelten Sauen waren bei der Einstellung geringfügig schwerer, sie nahmen aber deutlich mehr an Masse zu und erreichten das Zielgewicht von 25 kg etwa fünf Tage früher als die Ferkel der Kontrollsau. Diese Befunde deuten darauf hin, dass die Ferkel der mit L-Carnitin behandelten Sauen auch postnatal eine schnellere Entwicklung aufweisen.

Tabelle 9: Einfluss einer Supplementierung des Futters von Sauen mit L-Carnitin auf die Zuwachslleistung der Absatzferkel

Parameter	Kontrolle (-L-Carnitin) (n=297)	Behandlung (+L-Carnitin) (n=335)	Differenz (%)
Lebendmasse, Einnistung (kg)	7,35	7,61	+ 4
Lebendmasse, Ausnistung (kg)	25,9	25,0	- 3
Futtertage im Flatdeck	47,2	42,0*	- 10
Tägliche Zunahmen (g)	394	415*	+ 5

* Statistisch signifikant (P<0.05) unterschiedlich zur Kontrollgruppe

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung zeigt sehr eindrucksvoll, dass L-Carnitin Zulagen zum Futter von Sauen zu einer deutlichen Verbesserung der reproduktiven Leistung führen. Damit wird auch eine Untersuchung von MUSSER und Mitarbeitern (1999) bestätigt, bei der eine L-Carnitin Zulage während der Trächtigkeit ebenfalls zu erhöhten Geburtmassen der Ferkel führte. Momentan ist noch ungeklärt, welche biochemischen Mechanismen den höheren Massen der Ferkel zum Geburtszeitpunkt zugrunde liegen. Es erscheint eher unwahrscheinlich, dass die Wirkung des L-Carnitins auf seine klassische Funktion als Carrier von Fettsäuren in das Mitochondrium zu sehen ist. Die Untersuchung von MUSSER und Mitarbeitern (1999)

zeigte nämlich, dass Sauen während der Trächtigkeit unter dem Einfluss einer L-Carnitin Supplementierung vermehrt Fettgewebe ansetzen. Auch in der eigenen Untersuchung (EDER et al., 2001) führte eine L-Carnitin Supplementierung bei Sauen zu höheren Lebendmassezunahmen während der Trächtigkeit. Bei Mastschweinen hingegen wurde durch L-Carnitin Supplementierung ein verminderter Anteil an Körperfett festgestellt, der auf eine gesteigerte β -Oxidation zurückgeführt wird (OWEN et al., 1997).

Die Beobachtung, dass durch eine Behandlung von Sauen mit L-Carnitin schwerere Ferkel geboren werden und gleichzeitig der Anteil sehr leichter, lebensschwacher Ferkel vermindert war, deutet auf eine verbesserte intrauterine Versorgung mit Nährstoffen hin. MUSSER und Mitarbeiter (1999) zeigten, dass Sauen, deren Futter mit L-Carnitin supplementiert war, während der Trächtigkeit höhere Konzentrationen an Insulin und IGF-1 im Blut aufweisen. Diese Ergebnisse deuten auf eine Beeinflussung des Glukosestoffwechsels durch L-Carnitin Gaben hin. Glukose ist der wichtigste Energielieferant für den Foetus; eine erhöhte Glukosekonzentration im Blut, die Folge einer vermehrten Sekretion an IGF-1 sein könnte, wäre eine hypothetische Begründung für die bessere intrauterine Entwicklung der Foeten. Eine Behandlung von Sauen während der Trächtigkeit mit porcinem Wachstumshormon führt ebenfalls zu erhöhten Geburtsmassen der Ferkel. Dieser Effekt ist auf eine gesteigerte Freisetzung von IGF-1 zurückzuführen (REHFELDT et al., 1993). Die höheren Geburtsmassen der Ferkel von Sauen mit L-Carnitin Supplementierung ließen sich somit durchaus durch höhere Konzentrationen an IGF-1 im Blut erklären. Eine vermehrte Freisetzung an IGF-1 während der Trächtigkeit, wie sie durch eine exogene Gabe an porcinem Wachstumshormon induziert wird, führt auch zu einer Stimulierung der Muskelzellbildung der Foeten (REHFELDT et al., 1993). Interessanterweise zeigte die vorliegende Untersuchung auch eine bessere postnatale Entwicklung der Ferkel bei L-Carnitin Einsatz. Diese Beobachtung könnte durchaus auf eine höhere Anzahl an Muskelfasern zurückzuführen sein. Ob derartige Zusammenhänge allerdings tatsächlich existieren, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Zusammenfassung

Es wurden zwei Versuche zur Wirkung von L-Carnitin Zulagen zum Futter auf die reproduktive Leistung von Sauen durchgeführt. Durch die Zulage von 125 mg L-Carnitin pro Tier und Tag während der Trächtigkeit und 250 mg L-Carnitin pro Tier und Tag während der Laktation war die Anzahl geborener Ferkel zwar nicht verändert, aber die Anzahl totgeborener und lebensschwacher Ferkel geringer als bei den unbehandelten Kontrollsauen. Die Anzahl abgesetzter Ferkel war deshalb bei den mit L-Carnitin behandelten Müttern im Mittel um ein halbes Tier höher. Die Ferkel der Behandlungsgruppe waren bereits zum Geburtszeitpunkt signifikant schwerer als die der Kontrollsauen, sie zeigten aber auch während Säugezeit und Aufzuchtphase eine schnellere Entwicklung als die Ferkel der Kontrollsauen. Die Effekte der L-Carnitin Behandlung zeigten sich einheitlich in beiden Versuchen; sie blieben über mehrere Reproduktionszyklen bestehen. Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass L-Carnitin Zulagen zum Sauenfutter starke positive Effekte auf die reproduktive Leistung von Sauen erbringen. Die biochemischen Mechanismen, die den Leistungssteigerungen zugrunde liegen, müssen in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Literatur

- EDER, K., A. RAMANAU, H. KLUGE (2001): Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 85, 73-80
- HARMEYER, J. (1993): In: *Feed Additive News*, Lonza, Inc., Fair Lawn, NJ, 20-39
- HARMEYER, J., C. SCHLUMBOHM (1997): Die physiologische Bedeutung von L-Carnitin und Effekte von Carnitinzulagen bei Haustieren. In: 6. Symposium „Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier“, (R. SCHUBERT, G. FLACHOWSKY, R. BITSCH, G. JAHREIS, Herausgeber), 42-61
- MUSSER, R.E., R.D. GOODBAND, M.D. TOKACH, K.Q. OWEN, J.L. NELSEN, S.A. BLUM, S.S. DRITZ, C.A. CIVIS (1999): Effects of L-carnitine fed during gestation and lactation on sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 77, 3289-3295
- OWEN, K.Q., H. JI, C.V. MAXWELL, J.L. NELSEN, R.D. GOODBAND, M.D. TOKACH, G.C. TREMBLAY, S.I. KOO, S.A. BLUM (1997): Effect of dietary L-carnitine on growth, metabolism and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl.1), 63 (Abstr.)
- REHFELDT, CH., I. FIEDLER, R. WEIKARD, E. KANITZ, K. ENDER (1993): It is possible to increase skeletal muscle fibre number in utero. *Biosci. Rep.* 13, 213-219