

Neuere Erkenntnisse zur Aminosäurenversorgung laktierender Sauen

Dr. Brigitte R. Paulicks, Prof. Dr. Franz X. Roth, Prof. Dr. Dora A. Roth-Maier (Freising-Weihenstephan)

1. Einleitung

Umweltbelastungen, wachsende Leistungsansprüche in der Tierhaltung und nicht zuletzt ökonomische Aspekte verlangen immer mehr nach einer exakt auf den jeweiligen Bedarf der Tiere abgestimmten Nährstoffversorgung, wobei insbesondere die Protein- und Aminosäurezufuhr im Mittelpunkt des Interesses steht. Nicht erst seit dem Verbot bzw. der Einschränkung des Einsatzes von Eiweißfuttermitteln tierischer Herkunft muss der bedarfsgerechten Aminosäurenversorgung von Schwein und Geflügel besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, da diese durch rein pflanzliche Futtermittel schwieriger zu gewährleisten ist. Notwendige Voraussetzung sind allerdings möglichst genaue Kenntnisse über den Bedarf der Tiere an einzelnen Aminosäuren.

Während für wachsende Ferkel und Mastschweine bereits eine Vielzahl von neueren Untersuchungen mit zuverlässigen Bedarfsableitungen zu den meisten essentiellen Aminosäuren vorliegen, sind die bislang verfügbaren Daten zum Aminosäurebedarf von Zuchtsauen in der Gravidität und/oder Laktation eher älteren Datums und lückenhaft. Im folgenden sollen die Ergebnisse neuerer Untersuchungen insbesondere über den Bedarf laktierender Sauen an den häufig limitierend wirkenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Valin vorgestellt und die Bedeutung dieser Ergebnisse für die Fütterungspraxis aufgezeigt werden.

2. Bedarfsableitungen

Grundsätzlich kommen zwei Methoden zur Ableitung des Bedarfs an Nährstoffen, wie etwa den Aminosäuren (AS), in Frage: die faktorielle Methode, bei der der Bedarf für die verschiedenen „Leistungen“ (Erhaltung, Wachstum, Milchbildung etc.) getrennt bestimmt und aufsummiert wird, oder die empirische Methode, bei der der betreffende Nährstoff in verschiedenen Stufen verabreicht und die Wirkung auf Leistungs- oder physiologische Parameter ermittelt wird. Zweifellos ist erstgenannte Methode die auf Dauer flexiblere, da ihre Ergebnisse an die verschiedenen Bedingungen der Fütterungspraxis (Rasse, Leistungsniveau, Haltungsbedingung) weitgehend angepasst werden können. Voraussetzung ist allerdings die Kenntnis der jeweiligen Nährstoff-(AS-)verwertung für die verschiedenen Leistungen.

Ein weiteres Problem tritt bei der Schätzung des AS-Bedarfs für laktierende Sauen auf. Während beim wachsenden Ferkel und beim Mastschwein die Bilanzierung (AS-Aufnahme minus AS-Ausscheidung gleich AS-Retention) ausreicht, sind bei der Zuchtsau zusätzlich die Umsetzungen für die reproduktiven Funktionen (Trächtigkeit, Laktation) zu berücksichtigen. Neben den Funktionen von AS als Bestandteil von Gewebe-(Muskel-)protein, Enzymen und Hormonen ist beim laktierenden Tier auch die Bereitstellung von AS für die Bildung von Milchprotein, aber auch von Laktose und Milchfett über glykogene AS zu berücksichtigen. Da hier die Kenntnisse noch lückenhaft sind, liefert die Bedarfsermittlung mittels empirischer Versuchsanstellungen zunächst noch zuverlässigere Aussagen, vor allem auch deshalb, weil sie als Daten- und Kontrollbasis weiterer Kalkulationsmodelle dienen kann.

2.1 Lysin

Als zumeist erstlimitierende AS in der Schweinemast wurde Lysin auch bei der laktierenden Sau schon relativ intensiv untersucht. Die ermittelten Bedarfsangaben schwanken allerdings zwischen 20 g/Tag (BOOMGARDT et al., 1972) und 50 g/Tag (JOHNSTON et al., 1993). PETTIGREW (1993) stellte anhand einer Literaturlauswertung die folgende Regressionsgleichung zwischen dem täglichen Lysinbedarf der Sau und dem Wurfzuwachs auf:

$$\text{Lysin (g/Tag)} = -6,71 + 0,026 \times \text{Wurfzuwachs (g/Tag)}; \\ R^2 = 0,77.$$

Der negative Intercept (- 6,71) gibt dabei die homeorhetische Mobilisierung von Körperprotein als Beitrag zur Milchsynthese an, während der Regressionskoeffizient (0,026) zeigt, dass für 1 kg Anstieg im täglichen Wurfzuwachs zusätzlich 26 g Lys über das Futter aufgenommen werden müssen.

Einen mit den Daten von PETTIGREW (1993) vergleichbaren Bedarf von 22 g scheinbar verdaulichem Lysin je kg Wurfzuwachs berücksichtigen die Versorgungsempfehlungen des NRC (1998), wobei nach der folgenden Gleichung ein täglicher Körperverlust von 6,39 g Lys abgezogen wird:

$$\text{Lysin (g/Tag)} = -6,39 + 0,022 \times \text{Wurfzuwachs (g/Tag)}; \\ R^2 = 0,80.$$

Entsprechend dieser beiden Gleichungen wird zur Unterstützung der Milchleistung ein Lysin- und Masseverlust des Körpers akzeptiert, der natürlich in der folgenden Reproduktionsphase durch eine entsprechende Körpermassezunahme wieder ersetzt werden muss. Einer ähnlichen Konzeption für die Ableitung des Lysinbedarfs der laktierenden Sau (25 g Brutto-Lysin je kg Wurfzuwachs) folgen auch die deutschen Versorgungsempfehlungen (GfE, 1987). Als entscheidendes Kriterium für den Lysinbedarf dient somit die auch ökonomisch wichtige Zuwachsleistung des Wurfs, die wesentlich von der Milchleistung bestimmt wird.

Der Vergleich der (älteren) deutschen (GfE, 1987) mit den aktuellen amerikanischen Versorgungsempfehlungen (NRC, 1998) zeigt unter analogen Voraussetzungen eine weitgehende Übereinstimmung der Werte (vgl. Tab. 1). Bei einer um 25 kg höheren Lebendmasse der Sau steigt der tägliche Bedarf um 0,25 g Lysin bzw. 0,20 g scheinbar ileal verdauliches Lysin an.

Tabelle 1: Lysinbedarf laktierender Sauen

Ferkel je Wurf	Wurfzuwachs (g/Tag)	Lysin (g/Tag)	scheinb. ileal verd. Lysin (g/Tag)
GfE (1987)			
8	1650	35	-
10	2060	45	-
12	2470	54	-
NRC (1998)*			
10	1500	31,6	25,5
10	2000	44,5	36,5
10	2500	58,2	47,5

* Sauengewicht 175 kg, Gewichtsverlust 10 kg in 21 Tagen bei 10 Ferkeln

Da für die praktische Fütterung aber weniger die tägliche Aufnahme als vielmehr die Konzentration an Lysin im Futter maßgeblich ist, errechnete NELSEN (1999) unter Berücksichtigung eines täglichen Erhaltungsbedarfs von 2 g Lys bei 150 kg Lebendmasse die in Tabelle 2 aufgeführten, erforderlichen Lysin-Konzentrationen im Futter laktierender Sauen in Abhängigkeit von Säugedauer, Absetzgewicht und täglicher Futtermenge. Unter hiesigen Verhältnissen mit einer Laktationsdauer von 4 Wochen, 12 Ferkeln pro Wurf und einer täglichen Futtermenge der Sau von 5,5 bis 6 kg wäre somit im Laktationsfutter eine Lysinkonzentration von 9 bis 10 g/kg erforderlich. Allerdings geht NELSEN (1999) von einem Sauengewicht von 150 kg aus, so dass sich bei den hiesigen meist schwereren Tieren (200 kg Lebendmasse) die erforderliche Lysinkonzentration in Futter um etwa 0,5 g/kg erhöhen müsste.

Tabelle 2: Bedeutung von Absetzgewicht und Futtermenge für die Lysin-Konzentration im Futter

Laktationsdauer/ Wurf- gewicht (kg)	Aufnahme an Laktationsfutter (kg/Tag)								Lysin (g/ Tag)		
	21 Tg.	28 Tg.	3,5	4	4,5	5	5,5	6		6,5	7
45	55	1,05	0,90	0,80	0,70						36
50	61	1,20	1,05	0,95	0,85	0,75					42
55	68		1,20	1,05	0,95	0,85	0,80				48
60	75			1,20	1,10	1,00	0,90	0,85			55
65	81				1,20	1,10	1,00	0,92	0,85		60
70	88					1,20	1,10	1,05	0,95		67

Eine noch größere Bedeutung der Lysinversorgung wird bei erstlaktierenden Sauen beschrieben, da nach Untersuchungen von KING und Mitarbeitern (1993) der Lysinbedarf für maximales Wurfwachstum (40,5 g/Tag) niedriger ist als für die Vermeidung von Muskelabbau während der Laktation (48,8 g/Tag). Eine starke Mobilisierung von Körpersubstanz verbunden mit Energiemangel ist aber nach Ergebnissen von TOKACH und Mitarbeitern (1992) oder auch von JONES und STAHL (1994) mit einer verminderten LH-Sekretion und einer verlängerten Günstzeit verbunden. Darin liegt auch eine teilweise Erklärung für die in der Praxis beobachtete „Hungersterilität“ von Erstlings-sauen. Neben einer verminderten Wurffrequenz kann auch die Ferkelzahl im folgenden Wurf vermindert sein (NELSEN, 1999). Für erstlaktierende Sauen sollte daher die Lysinkonzentration im Laktationsfutter auf 1,3 % angehoben werden. Damit liegen beide Empfehlungen über den Mindestanforderungen, die nach Normtyp für die Alleinfutter für säugende Sauen und für säugende Jung-sauen gestellt werden.

2.2 Andere Aminosäuren

Die bisherigen, zumeist kalkulatorisch ermittelten Empfehlungen zur Versorgung laktierender Sauen mit weiteren essentiellen AS basieren auf

- dem AS-Bedarf zum Ausgleich der unvermeidbaren Verluste,
- dem AS-Bedarf für die Milchproduktion,
- der AS-Lieferung aus der Mobilisierung von Körperprotein.

Für die anderen AS werden dabei in der Regel dieselben Verwertungsfaktoren wie für Lysin (entsprechend der Regressionsgleichung von PETTIGREW (1993) unterstellt, sowohl was Bedarfs- (Punkt a und b) als auch was Mobilisierungswerte (Punkt c) betrifft. Dies ist aber nicht unbedingt zutreffend, wie sich im weiteren zeigen wird.

Zur empirischen Ermittlung des Bedarfs laktierender Zucht-sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein), Threonin und Valin wurden im Rahmen einer umfangreichen Versuchsreihe bislang insgesamt 3 Fütterungsversuche (Met, Thr, Val) mit laktierenden Zuchtsauen unter praxisnahen Haltungs- und Fütterungsbedingungen durchgeführt.

In jedem Versuch wurden insgesamt 96 (Met) bzw. 72 (Thr, Val) Laktationen von Zuchtsauen (Deutsche Land-rasse) aus dem Bestand der Versuchsstation Hirschau ausgewertet, wobei nur Tiere verwendet wurden, die mindestens in der 2. Laktation standen. Die Sauen wurden gleichmäßig nach Alter, Wurfnummer, Besamungseber, Abferkeldatum und Körpergewicht auf eine von 7 (Met) bzw. 6 (Thr, Val) Versuchsgruppen verteilt. Die Wurfgröße wurde auf 9 bis 10 (Met, Thr) bzw. 10 bis 12 (Val) Ferkel standardisiert. Die Sauen standen während der gesamten Reproduktionsphase in Einzeltierhaltung, so dass eine individuelle Betreuung und Fütterung gewährleistet war.

Die zunächst kombiniert (Maissilage und Kraftfutter auf Getreide-Soja-Basis) gefütterten Sauen erhielten ab dem 60. Trächtigkeitstag ein hinsichtlich sämtlicher Nähr- und Wirkstoffe bedarfsgerecht zusammengesetztes Alleinfutter für die Trächtigkeit entsprechend ihres Energiebedarfes zugeteilt. Ab dem 110. Trächtigkeitstag wurden die Tiere auf das eigentliche Versuchsfutter umgestellt, das aus einer Basismischung mit möglichst niedrigem nativem Gehalt der zu untersuchenden Aminosäure (2,1 g Met+Cys/kg; 3,1 g Thr/kg bzw. 4,5 g Val/kg), ansonsten aber bedarfsdeckenden Konzentrationen aller anderen Aminosäuren (10 % über den Empfehlungen) sowie aller Nähr- und Wirkstoffe bestand. Diese Basismischungen wurden durch abgestufte Zulagen an kristallinen AS (Met, Thr bzw. Val) auf bis zu 8,4 g Met+Cys, 8,9 g Thr bzw. 14,5 g Val pro kg Futtermischung deutlich über die gültigen Versorgungsempfehlungen der jeweiligen AS ange-reichert.

Über eine 5-wöchige Laktation hinweg wurde die Lebendmasse von Sauen und Ferkeln zu mehreren Zeitpunkten, der Futtermittelverbrauch, die Milchleistung der Sau (nach der weigh-suckle-weigh-Methode), verschiedene Milchhaltsstoffe (Eiweiß, Fett, Harnstoff, Aminosäuren-muster) sowie einige Blutparameter der Sau (Harnstoff, Aminosäurenmuster) bestimmt. Alle erhobenen Daten wurden statistisch ausgewertet und zur Ermittlung des jeweils optimalen AS-Gehaltes im Laktationsfutter einer Regressionsanalyse in Form des broken-line-Modells unterzogen. Die umfangreichen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind detailliert in einer Reihe von Arbeiten publiziert (KIRCHGESSNER et al., 1992, 1993, 1998; PAULICKS et al., 1998, 2001; SCHNEIDER et al., 1992a, 1992b; SCHWARZ et al., 1993; WESTERMEIER et al., 1998; OTT et al., 2001). Die wesentlichsten Resultate sind im Folgenden kurz beschrieben.

2.2.1 Methionin

Wie Tabelle 3 zeigt, hatte die Abstufung der Met-Konzentration im Laktationsfutter (2,1-8,4 g/kg) keinen Ein-

fluss auf die Futtermittelaufnahme der Sau (durchschnittlich 4,7 kg/Tag), so dass die Energie- und Nährstoffaufnahme ebenfalls bei allen Versuchsgruppen gleich war. Die Lebendmasseverluste der Sauen im Verlauf der Laktation waren aber mit 7,2 g Met/kg Futter deutlich geringer als bei 5,1 g Met/kg und weniger. Die tägliche Milchleistung zeigte einen kontinuierlichen Anstieg von 6,5 auf 8,5 kg, wenn der Met-Gehalt im Futter von 2,1 auf 6,3 g/kg angehoben wurde. Dies wirkte sich auch auf das Ferkelwachstum aus, das von 130 auf 200 g tägliche Zunahmen anstieg. Die Fett- und Eiweißgehalte der Milch waren mit 8,3 % bzw. 4,4 % ebenso wie das Aminosäuremuster der Milch über alle Gruppen konstant; die Konzentrationen an Met und Harnstoff im Blut ergaben regressionsanalytisch ebenso wie die übrigen Parameter einen erforderlichen Mindestgehalt an Met+Cys im Laktationsfutter von 6,5 g/kg.

Tabelle 3: Ergebnisse Methionin-Versuch

	Methionin/Cystin im Futter (g/kg)						
	2,1	3,5	5,1	5,7	6,3	7,2	8,4
Futtermittelaufnahme (kg/Tag)	4,69	4,69	4,72	4,67	4,64	4,76	4,68
Milchmenge (kg/Tag)	6,52 ^a	7,04 ^b	7,63 ^c	8,08 ^d	8,57 ^e	8,50 ^e	8,54 ^e
Met (mg/100 ml Blut)	1,1 ^a	1,3 ^b	1,6 ^c	1,8 ^d	2,9 ^e	7,1 ^f	9,8 ^g
andere AS (mg/100 ml Blut)	71,1 ^e	66,6 ^d	63,7 ^c	60,5 ^b	56,8 ^a	57,6 ^a	57,0 ^a
Harnstoff (mg/100 ml Blut)	30,0 ^e	25,4 ^d	21,3 ^c	18,0 ^b	14,6 ^a	15,4 ^a	15,7 ^{ab}
Ferkelzunahmen (g/Tag)	133 ^a	162 ^b	174 ^b	193 ^c	209 ^c	205 ^c	201 ^c

2.2.2 Threonin

Mit Ausnahme der Futtermittelaufnahme, die gleichmäßig bei durchschnittlich 4,3 kg/Tier und Laktationstag lag, zeigten die meisten anderen Parameter eine deutliche Abhängigkeit von der Höhe der Thr-Konzentration im Laktationsfutter (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4: Ergebnisse Threonin-Versuch

	Threonin im Futter (g/kg)					
	3,1	3,8	4,5	6,1	7,5	8,9
Futtermittelaufnahme (kg/Tag)	4,34	4,08	4,42	4,31	4,28	4,37
Milchmenge (kg/Tag)	6,71 ^a	6,83 ^a	6,92 ^a	7,83 ^b	8,29 ^b	7,94 ^b
Harnstoff (mg/100 ml Milch)	24,5 ^d	19,0 ^c	16,0 ^b	12,4 ^a	12,5 ^a	15,2 ^c
Threonin (mg/100 ml Blut)	0,86 ^a	1,59 ^b	2,08 ^b	3,79 ^c	6,23 ^d	9,55 ^e
Harnstoff (mg/100 ml Blut)	31,8 ^d	25,8 ^c	22,9 ^{bc}	17,4 ^a	18,7 ^a	20,9 ^{ab}
Ferkelzunahmen (g/Tag)	174 ^a	184 ^{ab}	187 ^{ab}	197 ^b	193 ^b	192 ^b

Sauen, die Futter mit 4,5 g Thr/kg und weniger erhielten hatten besonders hohe Lebendmasseverluste während der Laktation (1250 g/Tag in den ersten 3 Wochen), wohingegen Sauen mit 6,1 g Thr/kg Futter und darüber pro Tag lediglich 980 g Lebendmasse verloren. Bei der täglichen Milchleistung waren erst mit 7,5 g Thr/kg Futter die höchsten Werte zu beobachten. Da bei den Milchinhaltsstoffen Eiweiß und Fett keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auftraten, war das Wachstum der Ferkel von niedrig mit Thr versorgten Sauen (unter 6 g Thr/kg) mit 181 g Zuwachs/Tag erheblich unter dem der Ferkel von höher versorgten Tiere (195 g/Tag im Durchschnitt der ersten 3 Lebenswochen) und auch das Absetzgewicht war trotz Ferkelbeifütterung ab dem 22. Tag dementsprechend vermindert. Die Harnstoffkonzentrationen in der Milch und im Blutplasma waren bei unter 6 g Thr/kg Futter auf etwa das Doppelte erhöht. Die Thr-Konzentration in der Milch bildete ab 7,5 g Thr je kg Futter ein gewisses Plateau aus, bei der Thr-Konzentration im Blutplasma der Sauen war bei 7,5 g Thr/kg Futter ein sprunghafter Anstieg zu beobachten.

Die regressionsanalytische Auswertung mittels o. g. Statistikmodelle ergab aus den physiologischen Kriterien (Milch- und Blut-Harnstoffgehalt, Threoninkonzentration im Plasma) eine mindestens erforderliche Thr-Konzentration im Laktationsfutter von 7 g Thr/kg, wohingegen die zootechnischen Parameter wie Milchleistung, Ferkelzuwachs oder Gewichtsverlust der Sau erst bei einer Höhe von 7,5 g Thr/kg Futter ihr Maximum erreichten.

2.2.3 Valin

Während sich in den vorher beschriebenen Versuchen kein Effekt der AS-Versorgung auf die Futtermittelaufnahme zeigte, war bei reduziertem Val-Gehalt im Futter der Verzehr mit täglich 2,9 kg (bei 4,5 g Val/kg) gegenüber mehr als 4,7 kg bei mindestens 6,5 g Val/kg deutlich eingeschränkt (vgl. Tab. 5) und auch mit 4,3 kg Futtermittelaufnahme bei 5,5 g Val/kg noch tendenziell vermindert. Die gleichzeitig reduzierte Energie- und Nährstoffaufnahme erhöhte die Lebendmasseverluste der Sauen während der Laktation und senkte gleichzeitig die Milchleistung, den Milcheiweißgehalt und die Konzentration der meisten AS in der Milch signifikant, während der Milchlaktatgehalt aufgrund der Mobilisierung von Körperfett erhöht war.

Tabelle 5: Ergebnisse Valin-Versuch

	Valin im Futter (g/kg)					
	4,5	5,5	6,5	8,5	10,5	14,5
Futtermittelaufnahme (kg/Tag)	2,92 ^a	4,30 ^b	4,59 ^b	4,55 ^b	4,85 ^b	5,07 ^b
Milchmenge (kg/Tag)	7,37 ^a	8,76 ^b	9,01 ^b	8,64 ^b	8,76 ^b	9,62 ^b
Milcheiweiß (%)	3,8 ^a	4,2 ^b	4,5 ^{bc}	4,7 ^c	4,7 ^c	4,4 ^{bc}
Val (mg/100 ml Blut)	0,73 ^a	1,13 ^b	1,78 ^c	4,58 ^d	9,23 ^e	13,22 ^f
Harnstoff (mg/100 ml Blut)	27,6	27,7	25,9	27,6	30,7	30,6
Ferkelzunahmen (g/Tag)	146 ^a	171 ^b	195 ^c	196 ^c	199 ^c	210 ^c

Das Ferkelwachstum war infolge der geringeren Nährstoffversorgung über die Milch reduziert, so dass auch die Absetzgewichte vermindert waren. Das Blutplasma spiegelte in seinem Val-Gehalt die Versorgung wider; bei den meisten anderen AS wurden verminderte Werte bei 4,5 g Val im kg Futter gefunden, ansonsten aber keine Effekte der steigenden Val-Versorgung. Die Harnstoffkonzentration im Blutplasma war bei 10,5 und 14,5 g Val/kg Futter etwas erhöht. Insgesamt ergab die regressionsanalytische Auswertung der wichtigsten Versuchsparameter wie beispielsweise „Futteraufnahme der Sau“, „Ferkelzuwachs“, „Eiweiß- oder Harnstoffgehalt der Milch“ sowie „Valin- oder Harnstoffgehalt im Blutplasma der Sau“ einen erforderlichen Mindestgehalt von 6,5 g Valin je kg Laktationsfutter.

2.3 Beurteilung der vorliegenden Ergebnisse

Mit 6,5 g Methionin+Cystein, 7,5 g Threonin und 6,5 g Valin (jeweils pro kg Futter mit 13,3 MJ ME/kg) bestätigen die vorliegenden Ergebnisse nur teilweise die bisherigen Fütterungsempfehlungen für laktierende Sauen. Da es sich aber lediglich um empirische Werte handelt, sind sie - wie eingangs schon erwähnt - nicht in jedem Fall gültig, sondern genaugenommen nur für die vorliegenden Versuchsbedingungen (Rasse, Alter, Wurfgröße, Haltung), eine einzige Laktation und die jeweilige Rationszusammensetzung anwendbar. Zudem handelt es sich bei den hier vorgestellten Werten um die Bruttozufuhr. Wesentlich für das Tier sind aber die Mengen an verfügbaren, zumindest aber an scheinbar ileal verdaulichen Aminosäuren. Die ileale Verdaulichkeit ist aber nicht nur zwischen einzelnen Futtermitteln, sondern auch zwischen einzelnen Aminosäuren stark unterschiedlich (DEGUSSA, 1999). Konstante Umrechnungsfaktoren zwischen den Bruttogehalten und den Gehalten an verfügbaren AS gibt es daher nicht und die Rationszusammensetzung, d. h. die Komponentenauswahl kann ausschlaggebende Bedeutung für die Bedarfsdeckung einer Ration haben.

Aus der Zusammensetzung der vorliegenden Versuchsrationen konnten mit Hilfe von Tabellenwerten zur Aminosäureverdaulichkeit (DEGUSSA, 1999) in den verschiedenen Rationskomponenten die experimentell ermittelten Bruttoangaben in scheinbar verdauliche Bedarfswerte umgerechnet bzw. beim Valin-Versuch mit ileorektostomierten Tieren bestimmt werden. Wird bei industriell hergestellten Aminosäuren von einer ilealen Verdaulichkeit von 100 % ausgegangen (die sich im Verdauungsversuch bestätigte), so entsprechen die ermittelten, erforderlichen Mindestgehalte bei einem Energiegehalt des Futters von 13,3 MJ ME/kg scheinbar ileal verdaulichen Mengen von 5,9 g Met, 6,9 g Thr und 5,6 g Val/kg Futter. Mit 7,3 g scheinbar ileal verdaulichem Lys je kg Futter (NRC, 1998) ergibt sich daraus eine Relation von Lys:Met:Thr:Val von 1:0,80:0,95:0,80. Diese stimmt weder mit den aufgrund des „idealen Proteins“ (WANG und FULLER, 1989) geforderten Verhältnissen von 1:0,60:0,66:0,75, noch mit der AS-Relation in der Sauenmilch (1:0,49:0,59:0,66; SCHNEIDER et al., 1992b) oder im Ferkelzuwachs (1:0,47:0,56:0,70; STAUDACHER et al., 1982) überein und bestätigt die Forderung nach weitergehenden Untersuchungen an laktierenden Sauen.

3. Bedeutung für die Fütterungspraxis

Werden die vorliegenden Ergebnisse auf die praktische Sauenfütterung übertragen, so zeigt sich, dass hinsichtlich der schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cy-

stein (wobei Met als essentielle AS mindestens einen Anteil von 55 % einnehmen sollte (vgl. ROTH und KIRCHGESSNER, 1987)) der Bedarf laktierender Sauen mit herkömmlichen Rationen auf der Basis von Weizen und Sojaextraktionsschrot zumindest knapp gedeckt sein dürfte. Werden jedoch lediglich 10 % Ackerbohnen, Erbsen oder Lupinen isonitrogen anstelle von Sojaextraktionsschrot verwendet, ist eine Unterversorgung der Tiere mit schwefelhaltigen Aminosäuren zu erwarten und daher eine Ergänzung zum Futter notwendig.

Beim Threonin werden die erforderlichen Gehalte an scheinbar ileal verdaulichem Thr mit Getreide/Soja-Rationen nur knapp erreicht (5,5 bis 6 g i.v. Thr/kg). Dies gilt allerdings nur dann, wenn Fischmehl (etwa 5 %) mit seinem hohen Gehalt an ileal verdaulichem Threonin (20,3 g/kg) Rationskomponente ist. Ohne Fischmehl ist eine bedarfsdeckende Thr-Versorgung laktierender Sauen nur mit Hilfe supplementierter AS zu gewährleisten.

Die Überprüfung praktischer Rationen auf ihre Gehalte an scheinbar ileal verdaulichem Valin zeigt, dass die Mindestanforderungen wohl zumeist gedeckt werden. Nachdem im vorliegenden Versuch allerdings bereits eine relativ geringfügige Unterschreitung dieser Werte um 15 % nur eine einzige Laktation lang gravierende Auswirkungen auf die Laktationsleistung der Sau und das Wachstum der Ferkel hatte, sollte die Valinversorgung aber nicht völlig außer Acht gelassen werden.

4. Fazit

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass eine bedarfsgerechte Aminosäureversorgung für die Aufzucht- (und Reproduktions-) Leistung der Sau von größter Bedeutung ist und beachtet werden muss. Auch wenn in vielen Fällen mit herkömmlichen Rationen eine ausreichende Bedarfsdeckung gewährleistet sein mag, können Veränderungen in der Komponentenauswahl zu Mangelsituationen führen. Die Übertragung von empirischen Ergebnissen anderer Leistungsrichtungen oder theoretische Kalkulationsmodelle können zwar Hinweise geben, erfordern aber dennoch die Überprüfung im praktischen Fütterungsversuch mit exakter Erfassung von Leistungsparametern, auch wenn diese mit einem großen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden sind.

5. Literatur

- BOOMGAARDT, J., D.H. BAKER, A.H. JENSEN, B.G. HARMON (1972): Effect of dietary lysine levels on 21-day lactation performance of first litter sows. *J. Anim. Sci.* 34, 408-410
- DEGUSSA (1999): Standardisierte ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren für Schweine. Das Neue System. Degussa-Hüls AG, Frankfurt/Main
- GfE - Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- JOHNSTON, L.J., J.E. PETTIGREW, J.W. RUST (1993): Response of maternal-line sows to dietary protein concentration during lactation. *J. Anim. Sci.* 71, 2151-2156
- JONES, D.B., T.S. STAHLY (1994): Impact of amino acid nutrition during lactation on subsequent reproductive function of sows. *Iowa State Univ. 1994 Swine Res. Rep.* pp 56
- KING, R.H., M.S. TONER, H. DOVE, C.S. ATWOOD, W.G. BROWN (1993): The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation. *J. Anim. Sci.* 71, 2457-2463
- KIRCHGESSNER, M., R. SCHNEIDER, F. J. SCHWARZ, Brigitte R. PAULICKS (1992): Milchleistung sowie Milchfett- und -energiegehalte bei Sauen mit unterschiedlicher Methioninversorgung. 2. Mitteilung zum Bedarf laktierender Sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 68, 244-253

- KIRCHGESSNER, M., R. SCHNEIDER, Brigitte R. PAULICKS, F. J. SCHWARZ (1993): Aminosäuren- und Harnstoffgehalte im Blutplasma laktierender Sauen bei unterschiedlicher Methioninzufuhr. 5. Mitteilung zum Bedarf laktierender Sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 69, 194-202
- KIRCHGESSNER, M., Brigitte R. PAULICKS, C. WESTERMEIER (1998): Konzentration an freien Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma laktierender Sauen in Abhängigkeit von der Threoninversorgung. 3. Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 80, 31-39
- NELSEN, J. (1999): New developments in sow nutrition in the USA. In: Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredelungswirtschaft, Lohmann Animal Health GmbH, Tagung vom 27. und 28. Oktober 1999, Nordwestdeutsche Verlagsges. MbH, Bremerhaven pp. 58-70
- NRC - National Research Council (1998): Nutrient requirement of swine. National academy press, Washington, DC, USA
- OTT, Heike, Brigitte R. PAULICKS, Dora A. ROTH-MAIER (2001): Amino acids and urea concentrations in milk and blood of lactating sows in response to the dietary valine supply. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 10, 79
- PAULICKS, Brigitte R., C. WESTERMEIER, M. KIRCHGESSNER (1998): Milchmenge und Milchinhaltsstoffe bei Sauen in Abhängigkeit von der Threoninversorgung. 2. Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 79, 102-11
- PAULICKS, Brigitte R., Heike OTT, Dora A. ROTH-MAIER (2001): Influence of the dietary valine concentration on the performance of lactating sows and on the growth of their piglets. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 10, 74
- PETTIGREW, J.E. (1993): Amino acid nutrition of gestating and lactating sows. *Biokyowa Techn. Rev.* - 5. Chesterfield, MO: Nutri-Quest Inc.
- ROTH, F.X., M. KIRCHGESSNER (1987): Biological efficiency of dietary methionine or cystine supplementation with growing pigs. - A contribution to the requirement for S-containing amino acids. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 58, 267-280
- SCHNEIDER, R., M. KIRCHGESSNER, F. J. SCHWARZ, Brigitte R. PAULICKS (1992a): Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung von Sauen während der Laktation in Abhängigkeit von der Methioninversorgung. 1. Mitteilung zum Bedarf laktierender Sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 68, 235-243
- SCHNEIDER, R., M. KIRCHGESSNER, Brigitte R. PAULICKS, F. J. SCHWARZ (1992b): Eiweiß- und Aminosäuregehalte in der Sauenmilch bei unterschiedlicher Methioninversorgung. 3. Mitteilung zum Bedarf laktierender Sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 68, 254-262
- SCHWARZ, F.J., R. SCHNEIDER, Brigitte R. PAULICKS, M. KIRCHGESSNER (1993): Lebendgewichtsentwicklung und Beifutteraufnahme von Saugferkeln in Abhängigkeit von der Methioninversorgung der Sau. 4. Mitteilung zum Bedarf laktierender Sauen an schwefelhaltigen Aminosäuren. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 69, 156-161
- STAUDACHER, W., M. KIRCHGESSNER, H. STEINHART (1982): Aminosäuregehalt früh abgesetzter Ferkel mit 4 und 11 kg Lebendmasse. *Zbl. Vet. Med. A* 29, 223-229
- TOKACH, M.D., J.E. PETTIGREW, G.D. DIAL, J.E. WHEATON, B.A. CROOKER, L.J. JOHNSTON (1992): Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous, lactating sow: relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. *J. Anim. Sci.* 70, 2195-2201
- WANG, T.C., M.F. FULLER (1989): The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiment by amino acid deletion. *Brit. J. Nutr.* 62, 77-89
- WESTERMEIER, C., Brigitte R. PAULICKS, M. KIRCHGESSNER (1998): Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung von Sauen und Ferkeln während der Laktation in Abhängigkeit von der Threoninversorgung der Sau. 1. Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 79, 33-45

Prof. Dr. Franz X. Roth
 Fachgebiet Tierernährung und Leistungsphysiologie,
 Technische Universität München
 Hochfeldweg 6
 D-85350-Freising-Weihenstephan

Die vorliegenden Untersuchungen zum Methionin-, Threonin- und Valin-Bedarf laktierender Sauen wurden mit finanzieller Unterstützung der Lohmann-Animal-Health GmbH, Cuxhaven, sowie der Degussa AG, Hanau, und der Eurolysine Vertriebs-GmbH, Wien, durchgeführt.

Anschrift der Verfasser:
 Prof. Dr. Dora A. Roth-Maier
 Dr. Brigitte R. Paulicks
 Fachgebiet Tierernährung und Ernährungswissenschaft,
 Technische Universität München
 Hochfeldweg 6
 D-85350-Freising-Weihenstephan