

*Institut für Ernährungsphysiologie der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan, Deutschland*

## **Konzentrationen an freien Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma laktierender Sauen in Abhängigkeit von der Threoninversorgung. 3 Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen**

M. KIRCHGESSNER, B. R. PAULICKS und C. WESTERMEIER

### **Einleitung**

Die Reduzierung der Umweltbelastung durch die Schweinehaltung und speziell die Verminderung der Stickstoffausscheidung erfordert genaueste Kenntnisse über den Bedarf der Tiere nicht nur an Protein, sondern vor allem auch an einzelnen Aminosäuren. Während beim Mastschwein schon Ergebnisse zu den meisten essentiellen Aminosäuren vorliegen, sind bei der Zuchtsau lediglich Lysin und Methionin eingehender untersucht worden (SPEER 1990 bzw. KIRCHGESSNER et al. 1992). Werden als Meßkriterien zur Bedarfsableitung Leistungs- oder Fruchtbarkeitsparameter verwendet, ist der Versuchsaufwand gerade bei der laktierenden Sau sehr hoch. Einfacher und schneller zu erfassen ist die Aminosäurenkonzentration im Blut oder Plasma, die grundsätzlich eng mit der Aminosäurenzufuhr über die Nahrung korreliert (LEWIS und SPEER 1973; 1974; 1975; CHEN et al. 1978; KIRCHGESSNER et al. 1993). Inwieweit dies auch für Threonin zutrifft und inwieweit die Konzentration an Harnstoff im Plasma exaktere Bedarfsangaben ermöglicht, sollte in der vorliegenden Arbeit im Vergleich zu den bereits publizierten Resultaten zootechnischer Leistungsparameter (vgl. WESTERMEIER et al. 1998; PAULICKS et al. 1998) untersucht und diskutiert werden.

### **Material und Methoden**

Zur Auswertung kamen die Daten aus 72 Laktationen von insgesamt 49 Versuchstieren (Sauen der Deutschen Landrasse mit mehr als einer Abferkelung), die in Einzelkäfigen gehalten wurden und während der gesamten 35tägigen Laktation bei einer durchschnittlichen Aufnahme der *ad libitum*-Vorlage von 4300 g/Tag ein hinsichtlich Nähr-, Wirkstoffen und Energie bedarfsdeckendes halbsynthetisches Alleinfutter erhielten, das durch entsprechende Zulagen Konzentrationen an Threonin (Thr) von 0,31% (I), 0,38% (II), 0,45% (III), 0,61% (IV), 0,75% (V) bzw. 0,89% (VI) aufwies. Jede Behandlung (I–VI) umfaßte 12 Laktationen von jeweils unterschiedlichen Tieren.

Die Entnahme von 2 × 9 ml Blut aus der Halsvene (*Vena jugularis externa*) der Sauen erfolgte jeweils am Morgen des 22. und 35. Laktationstags 3 Stunden nach der Fütterung. Die heparinisierten Blutproben wurden sofort zentrifugiert, das gewonnene Plasma dann zunächst tiefgefroren und innerhalb weniger Tage unter Verwendung von Sulfosalicylsäure enteiweißt. Die Auftrennung und die Bestimmung der Konzentrationen an den einzelnen freien Aminosäuren und an Harnstoff erfolgte direkt in den enteiweißten Plasmaproben mittels Ionenaustauschchromatographie.

Die Daten wurden varianzanalytisch mit dem Programmpaket SAS, Version 6.08 (SAS

**Tabelle 1. Essentielle und semiessentielle Aminosäuren (mg/l) im Blutplasma der Sauen am 22. Laktationstag in Abhängigkeit von der Threoninversorgung**  
 (Table 1. Essential and semiessential amino acids (mg/l) in the blood plasma of sows at day 22 of lactation in dependence of the threonine supply)

Gruppe Thr im Futter (%)	I 0,31	II 0,38	III 0,45	IV 0,61	V 0,75	VI 0,89
Lysin	69,32 ± 22,58	55,71 ± 27,27	68,02 ± 20,88	56,33 ± 26,31	60,03 ± 19,45	65,60 ± 19,45
Methionin	24,59 ± 9,25	23,54 ± 8,58	28,90 ± 7,09	26,62 ± 9,73	29,71 ± 5,80	30,11 ± 7,92
Cystin	4,97 <sup>b</sup> ± 1,81	4,04 <sup>b</sup> ± 1,55	5,86 <sup>a</sup> ± 2,09	6,21 <sup>a</sup> ± 2,27	5,19 <sup>b</sup> ± 2,01	5,94 <sup>a</sup> ± 1,90
Threonin	8,85 <sup>c</sup> ± 3,62	15,14 <sup>de</sup> ± 3,24	20,25 <sup>d</sup> ± 3,86	34,96 <sup>c</sup> ± 8,19	60,30 <sup>b</sup> ± 7,46	89,05 <sup>a</sup> ± 18,45
Tryptophan	18,59 ± 4,59	20,44 ± 3,15	19,45 ± 6,12	20,16 ± 6,14	20,05 ± 4,24	19,72 ± 6,10
Isoleucin	29,02 ± 8,58	28,61 ± 8,84	30,88 ± 7,91	27,71 ± 11,00	32,24 ± 8,96	30,03 ± 12,98
Leucin	35,36 ± 12,04	35,04 ± 11,23	35,80 ± 12,46	32,55 ± 16,31	36,66 ± 13,32	38,72 ± 11,81
Histidin	36,28 ± 5,49	36,87 ± 6,10	33,03 ± 5,72	31,91 ± 6,98	33,45 ± 4,03	33,23 ± 5,91
Phenylalanin	34,95 ± 10,08	34,80 ± 11,41	32,81 ± 7,41	26,18 ± 10,52	28,13 ± 8,26	31,79 ± 7,17
Tyrosin	20,51 ± 3,91	20,53 ± 4,17	18,10 ± 3,68	18,09 ± 5,21	19,12 ± 5,36	19,72 ± 4,85
Valin	63,05 ± 16,14	62,20 ± 17,54	66,73 ± 13,39	61,47 ± 20,90	66,11 ± 15,09	71,71 ± 13,54

<sup>a,b,c,d,e</sup> signifikant unterschiedliche Mittelwerte (Student–Newman–Keuls Test,  $p < 0,05$ )

INSTITUTE INC. 1989) unter Verwendung der als fix anzusehenden Faktoren Behandlung, Meßzeitpunkt und Tier ausgewertet. Bei signifikantem F-test ( $p < 0,05$ ) wurde für den Faktor Behandlung ein multipler Mittelwertsvergleich nach Student–Newman–Keuls durchgeführt. In den Ergebnistabellen sind die Gruppenmittelwerte mit der dazugehörigen Standardabweichung der Einzelwerte ( $\pm$ ) dargestellt. Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Die Berechnung der Korrelations- und Regressionsanalysen wurde nach Standardmethoden durchgeführt. Weitere Einzelheiten zu Versuchsplan, -durchführung und Datenauswertung sind den vorangegangenen Mitteilungen (WESTERMEIER et al. 1998; PAULICKS et al. 1998) zu entnehmen.

## Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die mittleren Konzentrationen an freien essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren im Blutplasma der Sauen am 22. Laktationstag. Die Thr-Versorgung über das Futter spiegelte sich am deutlichsten in der Thr-Konzentration des Plasmas wider, die von knapp 9 mg/l bei 0,31% Thr im Futter auf das Zehnfache bei 0,89% Thr im Futter anstieg. Für die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin sowie für Isoleucin und Valin war mit steigender Thr-Versorgung ebenfalls eine gewisse Tendenz zu erhöhten, für Histidin, Phenylalanin und Tyrosin dagegen eher zu verminderten Anteilen im Plasma zu beobachten. Bei den Konzentrationen an freien nicht-essentiellen Aminosäuren im

**Tabelle 2. Nicht-essentielle Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma (mg/l) der Sauen am 22. Laktationstag in Abhängigkeit von der Threoninversorgung**  
 (Table 2. Non essential amino acids and urea in the plasma (mg/l) of sows at day 22 of lactation in dependence of the threonine supply)

Gruppe Thr im Futter (%)	I 0,31	II 0,38	III 0,45	IV 0,61	V 0,75	VI 0,89
Alanin	49,74 <sup>c</sup> ± 16,36	49,18 <sup>c</sup> ± 12,06	54,40 <sup>bc</sup> ± 7,73	61,92 <sup>ab</sup> ± 10,29	64,16 <sup>a</sup> ± 12,49	67,08 <sup>a</sup> ± 12,90
Arginin	25,78 ± 4,96	23,86 ± 7,17	24,11 ± 8,28	23,02 ± 9,26	22,03 ± 6,14	23,75 ± 6,86
Asparaginsäure	1,58 <sup>b</sup> ± 0,80	1,50 <sup>ab</sup> ± 0,51	1,92 <sup>ab</sup> ± 0,65	2,54 <sup>a</sup> ± 1,01	2,46 <sup>a</sup> ± 1,17	2,48 <sup>a</sup> ± 1,10
Asparagin	5,72 ± 1,77	5,34 ± 1,51	4,71 ± 1,33	6,15 ± 0,88	6,36 ± 1,52	6,35 ± 1,18
Glutaminsäure	22,47 <sup>c</sup> ± 5,02	28,06 <sup>bc</sup> ± 9,17	36,06 <sup>ab</sup> ± 10,88	46,17 <sup>a</sup> ± 14,82	43,47 <sup>a</sup> ± 13,45	45,70 <sup>a</sup> ± 20,71
Glutamin	117,8 <sup>b</sup> ± 30,8	124,0 <sup>b</sup> ± 19,2	133,9 <sup>b</sup> ± 28,1	188,4 <sup>a</sup> ± 60,0	184,7 <sup>a</sup> ± 52,8	169,3 <sup>b</sup> ± 38,8
Prolin	64,43 <sup>b</sup> ± 15,70	67,86 <sup>b</sup> ± 28,04	72,80 <sup>ab</sup> ± 15,61	68,96 <sup>b</sup> ± 23,16	74,03 <sup>ab</sup> ± 18,79	87,33 <sup>a</sup> ± 14,19
Serin	12,08 ± 2,89	12,51 ± 3,08	11,33 ± 2,09	12,08 ± 2,60	12,77 ± 2,40	13,59 ± 1,94
Harnstoff	302,6 <sup>a</sup> ± 46,7	272,0 <sup>ab</sup> ± 46,6	221,8 <sup>bc</sup> ± 63,7	159,2 <sup>c</sup> ± 80,0	188,4 <sup>c</sup> ± 97,5	213,6 <sup>bc</sup> ± 66,7

<sup>a,b,c</sup> signifikant unterschiedliche Mittelwerte (Student-Newman-Keuls Test, p < 0,05)

Blutplasma (vgl. Tabelle 2) reagierten Alanin, Asparaginsäure, Asparagin, Glutaminsäure, Glutamin und Prolin mit einer zum Teil signifikanten Erhöhung auf die steigende Thr-Versorgung. Bezogen auf Lysin mit durchschnittlich 61 mg/l Plasma lagen die Relationen von Lys:Met:Cys:Trp:Ile:Leu:His:Phe:Tyr:Val:Ala:Arg:Asp:Asn:Glu:Gln:Pro:Ser im Mittel der Gruppen IV-VI bei 100:48:10:33:51:59:54:47:31:110:106:38:4:10:74:298:127:21. Die Konzentration an Harnstoff sank zunächst gegenläufig zu den Thr-Gehalten im Futter von rund 300 mg/l bei 0,31% Thr auf 160 mg/l bei 0,61% Thr ab, stieg mit weiter zunehmender Thr-Zufuhr aber wieder auf über 210 mg/l bei 0,89% Thr an.

Für den 35. Laktationstag ergaben sich weitgehend die gleichen Aminosäure-Relationen und die gleichen Reaktionen auf die erhöhte Thr-Zufuhr (vgl. Tabelle 3 und 4). Die Konzentration an freiem Threonin im Plasma stieg wiederum signifikant von 8,4 mg/l bei 0,31% Thr im Futter auf 102,5 mg/l bei 0,89% Thr im Futter an. Die essentiellen Aminosäuren Isoleucin und Valin tendierten zu höheren, Histidin, Phenylalanin und Tyrosin zu verminderten Konzentrationen mit steigender Thr-Zufuhr. Gleichzeitig waren bei den nicht-essentiellen Aminosäuren Alanin, Glutaminsäure, Glutamin und Prolin die Werte zum Teil deutlich erhöht. Auch Harnstoff zeigte am Ende der Laktation mit einem zunächst erfolgenden Abfall von über 330 mg/l auf unter 190 mg/l und einem nachfolgenden Anstieg auf über 200 mg/l einen analogen Verlauf wie in der Mitte der Laktation.

Insgesamt zeigten sich zwischen dem 22. und 35. Laktationstag (s. Tabelle 5) bei den meisten Aminosäuren Erhöhungen der Plasmakonzentrationen um bis zu 14%, die aber nur im Falle von Lysin, Methionin, Isoleucin und Valin statistisch gesichert waren (p < 0,05). Lediglich die Konzentrationen an Tyrosin und Glutaminsäure sanken deutlich um 7% bzw. 12% ab.

**Tabelle 3. Essentielle und semiessentielle Aminosäuren (mg/l) im Blutplasma der Sauen am 35. Laktationstag in Abhängigkeit von der Threoninversorgung**  
 (Table 3. Essential and semiessential amino acids (mg/l) in the blood plasma of sows at day 35 of lactation in dependence of the threonine supply)

Gruppe Thr im Futter (%)	I 0,31	II 0,38	III 0,45	IV 0,61	V 0,75	VI 0,89
Lysin	77,46 ± 25,01	77,95 ± 30,38	66,98 ± 31,31	70,58 ± 29,98	61,63 ± 17,39	70,77 ± 17,59
Methionin	29,09 ± 7,36	26,80 ± 9,25	28,38 ± 8,24	33,50 ± 7,13	29,92 ± 4,98	31,95 ± 6,84
Cystin	5,10 ± 1,25	6,11 ± 1,94	5,31 ± 2,20	6,25 ± 3,31	5,06 ± 1,86	5,41 ± 1,04
Threonin	8,43 <sup>c</sup> ± 3,84	16,59 <sup>bc</sup> ± 6,17	21,38 <sup>abc</sup> ± 11,09	40,61 <sup>ab</sup> ± 11,19	64,51 <sup>ab</sup> ± 12,51	102,47 <sup>a</sup> ± 16,12
Tryptophan	19,23 ± 5,21	19,40 ± 4,37	18,04 ± 4,89	18,46 ± 5,19	18,47 ± 4,32	19,29 ± 3,42
Isoleucin	32,96 ± 7,49	31,84 ± 10,43	29,55 ± 6,25	36,24 ± 11,75	31,54 ± 8,19	35,12 ± 8,08
Leucin	39,26 ± 9,98	37,16 ± 13,21	33,39 ± 6,88	39,99 ± 16,00	33,30 ± 11,37	38,68 ± 10,52
Histidin	36,90 ± 12,44	37,49 ± 9,26	32,75 ± 5,58	33,86 ± 4,60	32,09 ± 3,67	34,46 ± 5,02
Phenylalanin	40,29 <sup>a</sup> ± 6,37	34,92 <sup>ab</sup> ± 10,57	30,80 <sup>bc</sup> ± 7,39	32,77 <sup>bc</sup> ± 8,93	26,47 <sup>c</sup> ± 6,12	31,81 <sup>bc</sup> ± 6,83
Tyrosin	21,88 <sup>a</sup> ± 4,13	19,01 <sup>ab</sup> ± 5,03	14,53 <sup>b</sup> ± 3,71	18,99 <sup>ab</sup> ± 7,80	15,40 <sup>b</sup> ± 3,04	17,51 <sup>ab</sup> ± 4,67
Valin	69,02 ± 11,89	65,37 ± 17,45	65,46 ± 10,18	74,73 ± 20,05	66,97 ± 14,90	76,30 ± 11,92

<sup>a,b,c</sup> signifikant unterschiedliche Mittelwerte (Student–Newman–Keuls Test, p < 0,05)

## Diskussion

Die Erhöhung der Thr-Versorgung der Sauen führte zu einem deutlichen Anstieg der Thr-Konzentration im Plasma. Bei genauer Betrachtung der Meßwerte (vgl. Abb. 1) zeigt sich – in identischem Verlauf an beiden Meßtagen – kein kontinuierlicher, sondern ein zunächst flacher Anstieg bis zu Gruppe IV mit 0,61% Thr im Futter, der bei weiterer Erhöhung der Thr-Zulagen deutlich steiler verläuft. Analoge Beobachtungen wurden auch in Versuchen zur Ableitung des Bedarf an anderen essentiellen Aminosäuren wie Lysin (LEWIS und SPEER 1973; 1974; SOHAIL et al. 1978; WILKINSON et al. 1982), Methionin/Cystin (GANGULI et al. 1971; KIRCHGEßNER et al. 1993), Tryptophan (LEWIS und SPEER 1974) oder Phenylalanin (LELLIS und SPEER 1987) gemacht. Dieser funktionale Zusammenhang zwischen dem Aminosäuregehalt der Ration und deren Konzentration im Plasma läßt sich damit erklären, daß, solange die Aminosäure – im vorliegenden Fall Threonin – limitierend war, durch deren Zulage die Proteinbiosynthese sowohl in der Leber als auch in der Milchdrüse forciert werden konnte, was eine Akkumulation der Aminosäure (Thr) im Plasma verhinderte. Bei höherer Supplementierung war die Proteinsynthesekapazität des Organismus bereits erschöpft, so daß sich zusätzlich verabreichtes Threonin in verstärktem Maße im Plasma anreicherte.

Wird mittels partieller linearer Regression diejenige Threoninkonzentration im Futter ermittelt, ab der die sprunghafte Threoninanreicherung im Plasma stattfindet ('inflection-point'), ergibt sich aus den vorliegenden Versuchsergebnissen ein Wert von 0,60%. Ein

**Tabelle 4. Nicht-essentielle Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma (mg/l) der Sauen am 35. Laktationstag in Abhängigkeit von der Threoninversorgung**  
 (Table 4 Non essential amino acids and urea in the plasma (mg/l) of sows at day 35 of lactation in dependence on the threonine supply)

Gruppe Thr im Futter (%)	I 0,31	II 0,38	III 0,45	IV 0,61	V 0,75	VI 0,89
Alanin	47,25 <sup>d</sup> ± 9,76	54,28 <sup>cd</sup> ± 12,48	56,07 <sup>bcd</sup> ± 11,61	69,69 <sup>a</sup> ± 13,37	66,48 <sup>ab</sup> ± 16,18	62,16 <sup>abc</sup> ± 9,49
Arginin	27,62 <sup>a</sup> ± 5,18	27,75 <sup>a</sup> ± 9,25	22,54 <sup>ab</sup> ± 7,64	24,64 <sup>ab</sup> ± 10,64	18,23 <sup>b</sup> ± 3,69	22,31 <sup>ab</sup> ± 5,25
Asparaginsäure	1,37 <sup>b</sup> ± 0,33	2,02 <sup>ab</sup> ± 0,67	1,95 <sup>ab</sup> ± 0,76	2,88 <sup>a</sup> ± 1,90	1,82 <sup>ab</sup> ± 0,62	1,68 <sup>ab</sup> ± 0,63
Asparagin	6,36 ± 1,37	6,01 ± 1,59	5,77 ± 1,75	6,39 ± 2,18	5,81 ± 1,49	6,12 ± 1,76
Glutaminsäure	21,01 <sup>c</sup> ± 5,02	24,54 <sup>bc</sup> ± 9,17	30,74 <sup>bc</sup> ± 10,88	49,14 <sup>a</sup> ± 14,82	36,03 <sup>b</sup> ± 13,45	33,82 <sup>b</sup> ± 20,71
Glutamin	125,3 <sup>c</sup> ± 23,9	135,4 <sup>bc</sup> ± 24,3	137,9 <sup>bc</sup> ± 34,1	196,2 <sup>a</sup> ± 58,4	163,8 <sup>b</sup> ± 45,5	156,6 <sup>bc</sup> ± 35,0
Prolin	74,88 ± 23,80	70,90 ± 22,50	66,36 ± 15,61	80,57 ± 21,82	67,05 ± 17,09	79,70 ± 21,01
Serin	13,30 ± 2,49	12,89 ± 3,70	11,76 ± 1,40	13,19 ± 3,37	12,00 ± 1,46	13,55 ± 3,30
Harnstoff	332,6 <sup>a</sup> ± 63,8	245,1 <sup>b</sup> ± 61,1	235,3 <sup>b</sup> ± 58,5	189,5 <sup>b</sup> ± 71,3	185,4 <sup>b</sup> ± 72,4	204,3 <sup>b</sup> ± 48,8

<sup>a,b,c,d</sup> signifikant unterschiedliche Mittelwerte (Student-Newman-Keuls Test,  $p < 0,05$ )

solcher 'inflection-point' wurde zwar schon von vielen Autoren als Bedarf für die limitierende Aminosäure interpretiert (MITCHELL et al. 1968; BRAVO et al. 1970; GANGULI et al. 1971; HENRY et al. 1976; ROUSSELOW und SPEER 1980; WILKINSON et al. 1982), im Grunde gibt er aber lediglich Auskunft über die Verwertbarkeit der jeweiligen Aminosäure im Stoffwechsel. Der inflection-point muß also so interpretiert werden, daß ab dieser Konzentration eine Aminosäuren-Supplementierung vom Organismus bedeutend schlechter genutzt wird und so den sprunghaften Anstieg im Plasma verursacht. Die Frage, ob ab dieser Konzentration bereits die maximale Leistungskapazität des Tieres ausgeschöpft ist, muß anhand der vorliegenden Ergebnisse eher verneint werden, da Leistungsparameter wie Milchmenge oder Ferkelwachstum noch bis zu einer Thr-Konzentration im Laktationsfutter der Sau von 0,75% (PAULICKS et al. 1998) bzw. 0,71% (WESTERMEIER et al. 1998) anstiegen. Die Aminosäurenkonzentration im Plasma kann somit bei der Bedarfsableitung nur ein Hilfskriterium in Verbindung mit Leistungsparametern sein.

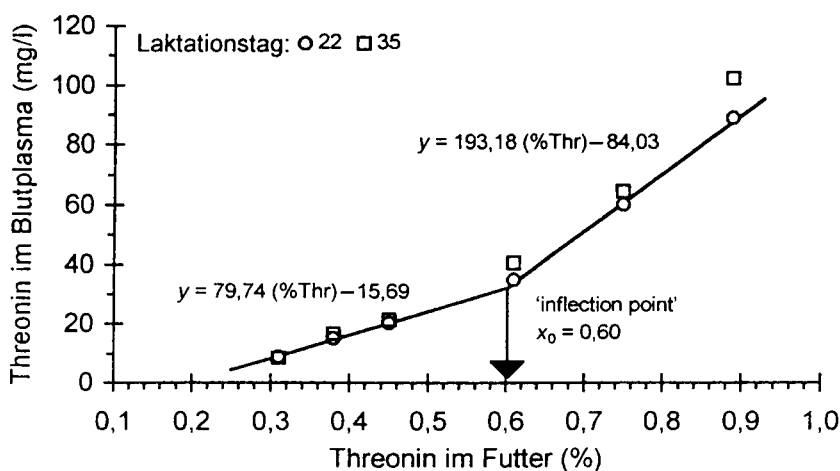
Mit steigender Threoninversorgung erhöhte sich in der vorliegenden Untersuchung auch die Konzentration einiger anderer Aminosäuren wie Glutamin, Glutaminsäure, Asparaginsäure und Alanin signifikant. Da diese nicht-essentiellen Aminosäuren glukoplastisch wirken und aufgrund der mit der Thr-Zufuhr ansteigenden Milchleistung (vgl. PAULICKS et al. 1998) mehr Glukose als Vorstufe der Milchinhaltsstoffe benötigt wurde, dürfte die Synthese dieser Aminosäuren forciert oder deren Freisetzung aus dem Muskelgewebe erhöht worden sein (vgl. ODESSEY et al. 1974; RUDERMAN und BERGER 1974; CHANG und GOLDBERG 1978; RICHERT et al. 1996). Zudem konkurrieren speziell diese Aminosäuren mit Thr um bestimmte aktive Transportmechanismen in den Körperzellen (PENG et al. 1972), so daß bei höherem Thr-Spiegel im Plasma der Abtransport anderer Aminosäuren und damit die Relation der einzelnen Aminosäuren zueinander verändert wird.

**Table 5. Mittlere Konzentrationen an Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma der Sauen am 22. und 35. Laktationstag**

(Table 5. Average concentrations of amino acids and urea in the blood plasma of sows at days 22 and 35 of lactation)

	Laktationstag			Laktationstag	
	22	35		22	35
Lysin	62,16 ± 24,13	* 71,03 ± 25,84	Alanin	57,87 ± 13,75	59,18 ± 14,17
Methionin	27,30 ± 8,26	* 29,91 ± 7,53	Arginin	23,75 ± 7,08	23,95 ± 7,88
Cystin	5,37 ± 2,02	5,54 ± 2,03	Asparaginsre	2,09 ± 0,98	2,00 ± 1,10
Threonin	38,41 ± 29,90	41,21 ± 33,97	Asparagin	5,78 ± 1,47	6,08 ± 1,67
Tryptophan	19,72 ± 5,06	18,81 ± 4,49	Glutaminsre	37,11 ± 15,76	* 32,48 ± 13,00
Isoleucin	29,76 ± 9,64	* 32,86 ± 8,88	Glutamin	153,4 ± 49,0	152,3 ± 44,3
Leucin	35,70 ± 12,66	36,99 ± 11,58	Prolin	72,63 ± 20,38	73,24 ± 20,59
Histidin	34,09 ± 5,84	34,63 ± 7,51	Serin	12,39 ± 2,53	12,78 ± 2,76
Phenylalanin	31,40 ± 9,50	32,95 ± 8,70			
Tyrosin	19,33 ± 4,53	* 17,93 ± 5,41			
Valin	65,26 ± 16,09	* 69,59 ± 14,95	Harnstoff	225,6 ± 82,9	233,1 ± 79,2

\* signifikant unterschiedliche Mittelwerte ( $p < 0,05$ )



**Abb. 1. Threoninkonzentration im Blutplasma der Sauen in Abhängigkeit vom Threoninegehalt des Laktationsfutters**

(Fig. 1. Concentration of threonine in the blood plasma of sows depending on the threonine concentration of the feed)

Bei den essentiellen Aminosäuren Histidin, Phenylalanin und Tyrosin war in vorliegender Arbeit mit höherer Threoninversorgung eine tendenzielle Abnahme im Plasma festzustellen. Die Verminderung essentieller Aminosäuren im Plasma bei Zulage der limitierenden Aminosäure wurde auch von anderen Autoren beobachtet (u.a. LEWIS und SPEER 1973; 1974; 1975; KIRCHGEßNER et al. 1993) und damit erklärt, daß diese bei steigender Milchproduktion vermehrt aus dem Plasma in die Milchdrüse aufgenommen und zur Synthese der Milchproteine verwendet werden. Einige Autoren versuchten daher, den Bedarf an einzelnen Aminosäuren anhand der Summe aller Aminosäuren im Blutplasma (KIRCHGEßNER et al. 1993) oder aller essentiellen Aminosäuren abzüglich der limitierenden zu ermitteln (LEWIS und SPEER 1973; 1974; 1975; CHEN et al. 1978). Allerdings dürften diese Verfahren angesichts der vielfältigen, zum Teil gegenläufigen Reaktionen einzelner Aminosäuren bei Mangelsituationen kaum zuverlässige Resultate liefern.

Eine enge Beziehung besteht jedoch zwischen dem Aminosäuremuster im Futterprotein und der Blutharnstoffkonzentration, da sich Harnstoff als Abbauprodukt überschüssiger Aminosäuren im Plasma anreichert (EGGUM 1970). Die Höhe der Blutharnstoffkonzentration entspricht daher der Menge der desaminierten Aminosäuren. Da diese jedoch nicht nur von der Höhe der Proteinzufuhr und der Proteinqualität, d.h. dem Aminosäuremuster, abhängig ist, sondern noch von einer Vielzahl anderer Faktoren wie Energieversorgung, Proteinsynthesekapazität oder dem Zeitpunkt der Probenahme (HERRMANN und SCHNEIDER 1981), schwanken die Literaturangaben zur Blutharnstoffkonzentration von Sauen zwischen 97 mg/l (LEWIS und SPEER 1974) und 296 mg/l (ROUSSELOW et al. 1979). Allerdings erlauben die Blutharnstoffkonzentrationen innerhalb von standardisierten Versuchen doch eine sehr gute Charakterisierung der Stoffwechsellsage.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse mit dem Abfall der Blutharnstoffkonzentrationen von durchschnittlich 320 mg/l bei 0,31% Thr im Futter auf 175 mg/l bei 0,61% Thr und dem neuerlichen Anstieg auf 210 mg/l bei 0,89% Thr konnten durch ein quadratisches Modell am besten charakterisiert werden (vgl. Abb. 2). So wurde mit steigendem Versorgungsniveau der limitierenden Aminosäure Threonin die Qualität des Futterproteins verbessert, so daß mehr Milchprotein synthetisiert werden konnte (vgl. PAULICKS et al. 1998) und weniger Aminosäuren desaminiert werden mußten. Die Harnstoffproduktion und somit deren Konzentration im Plasma gingen zurück während die Milcheiweißproduktion anstieg. Sobald das Maximum erreicht war, mußte das jetzt im Überschuß vorhandene Threonin verstoffwechselt werden, und die Blutharnstoffkonzentration stieg wieder an.

Von vielen Autoren wurde deshalb der Gehalt der limitierenden Aminosäure im Futter bei minimaler Blutharnstoffkonzentration als Bedarf interpretiert (u. a. LEWIS und SPEER 1973; 1974; 1975; CHEN et al. 1978; SOHAIL et al. 1978; ROUSSELOW et al. 1979; ROUSSELOW und SPEER 1980; WILKINSON et al. 1982; LELLIS und SPEER 1985; KIRCHGEßNER et al. 1993). Für den vorliegenden Versuch errechnete sich dabei ein Threoninegehalt von 0,69% im Futter (vgl. Abb. 2), ein Wert, der in Übereinstimmung mit den Bedarfsableitungen anhand von Gewichts-, Wachstums- und Milchleistungsparametern steht (vgl. WESTERMEIER et al. 1998; PAULICKS et al. 1998) und somit unter den gegebenen Voraussetzungen als erforderliche Threoninkonzentration im Alleinfutter laktierender Sauen angesehen werden kann.

### Zusammenfassung

Zur Bestimmung des Bedarfs laktierender Sauen an Threonin (Thr) wurde über insgesamt 72 35tägige Laktationsperioden von 49 dl-Altsauen der Einfluß der Threoninversorgung in der Laktation auf die Konzentrationen an freien Aminosäuren und Harnstoff im Blutplasma untersucht. Die Tiere wurden dazu gleichmäßig auf 6 Behandlungsgruppen (I-VI) verteilt und erhielten ein bedarfsgerecht zusammengesetztes Alleinfutter, dessen Thr-Konzentration durch Zulage von synthetischem L-Thr auf 0,31 g (I), 0,38 g (II), 0,45 g (III), 0,61 g (IV), 0,75 g (V) bzw. 0,89 g (VI) je 100 g Frischmasse abgestuft wurde. Am 22. und 35. Laktationstag wurden den Tieren Blutproben aus der Halsvene gezogen, die mittels Ionenaustauschchromatographie auf ihre Konzentrationen an freien Aminosäuren und Harnstoff im Plasma untersucht wurden.

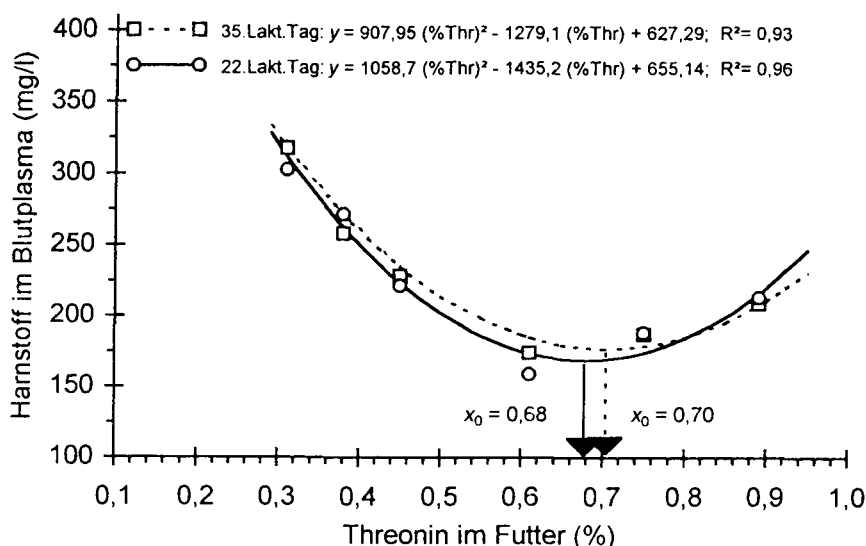


Abb. 2. Harnstoffkonzentration im Blutplasma der Sauen in Abhängigkeit vom Threoninegehalt des Laktationsfutters

(Fig. 2. Concentration of urea in the blood plasma of sows depending on the threonine concentration of the feed)

Die Thr-Versorgung über das Futter spiegelte sich in der Thr-Konzentration des Plasmas wider, die von knapp 9 mg Thr/l (I) auf 89 mg Thr/l Plasma (VI) anstieg, wobei der Anstieg bis zu Gruppe IV flacher verlief, dann steiler wurde. Auch bei Met, Cys, Ile, Val, Ala, Asp, Asn, Glu, Gln und Pro war insbesondere über 0,6 mg Thr/kg Futter eine zum Teil signifikante Erhöhung der Konzentration festzustellen. Bei His, Phe und Tyr bestand eine Tendenz zu verminderten Werten, bei allen anderen Aminosäuren zeigte die Behandlung keinen Einfluß. Das Aminosäuremuster (Gruppen IV-VI) ergab sich mit Lys (61 mg/l Plasma): Met: Cys: Trp: Ile: Leu: His: Phe: Tyr: Val: Ala: Arg: Asp: Asn: Glu: Gln: Pro: Ser wie 100: 48: 10: 33: 51: 59: 54: 47: 31: 110: 106: 38: 4: 10: 74: 298: 127: 21. Die Harnstoffkonzentration fiel von über 300 mg/l (Gruppe I) deutlich auf unter 160 mg/l (Gruppe IV) ab und stieg dann wieder leicht auf über 210 mg/l (Gruppe VI) an. Für den 35. Laktationstag ergaben sich weitgehend analoge Relationen und Reaktionen der einzelnen Aminosäuren auf die Behandlung. Die Konzentrationen an Harnstoff und den meisten Aminosäuren waren um bis zu 14% erhöht, Tyr und Glu vermindert. Anhand der Thr- und Harnstoffkonzentrationen im Plasma sowie dem Vergleich mit der Auswertung von Wachstums- und Milchleistungsdaten wird der Bedarf an Threonin im Laktationsfutter der Sau mit 0,7% abgeleitet.

### Summary

*Concentrations of free amino acids and urea in the blood plasma of suckling sows in dependence of dietary threonine supplementation. 3 Contribution about the threonine requirement of suckling sows*

To determine the requirement of suckling sows for threonine (Thr) the effects of graded threonine supplementations on the concentrations of free amino acids and urea in the blood plasma were examined using 49 multiparous sows (German Landrace) over a total of 72 lactation periods lasting 35 days each. The sows were equally distributed to six treatments (I-VI) receiving a complete feed covering their nutrient requirements with the exception of threonine which was supplemented using L-Thr to concentrations of 0.31 g (I), 0.38 g (II), 0.45 g (III), 0.61 g (IV), 0.75 g (V) and 0.89 g Thr (VI) per 100 g fresh matter. Blood samples were taken from the vena jugularis of the sows at day 22 and day 35 of lactation and were examined by ion exchange chromatography for the concentrations of free amino acids and urea in the plasma.

The Thr supply was reflected by the Thr concentration of the plasma, which increased from almost 9 mg Thr/l (I) to 89 mg Thr/l (VI) with a smooth increase up to group IV followed by a steep increase



up to group VI. Also the concentrations of methionine, cystine, isoleucine, valine, alanine, asparagine, asparagine acid, glutamine, glutamine acid, and proline showed a partly significant increase especially with more than 0.6 mg Thr/kg feed. Histidine, phenylalanine, and tyrosine tended to reduced concentrations; all the other amino acids were not influenced by the treatment. The amino acid pattern (groups IV-VI) with lys (61 mg/l plasma): met:cys:trp:ile:leu:his:phe:tyr:val:ala:arg:asp:asn:glu:gln:pro:ser was 100:48:10:33:51:59:54:47:31:110:106:38:4:10:74:298:127:21. The concentration of urea decreased significantly from more than 300 mg/l (group I) to less than 160 mg/l (group IV) and then increased again to more than 210 mg/l (group VI).

At day 35 of lactation the amino acid pattern and the reactions to the treatment were largely the same as at day 22. The concentrations of urea and of most of the amino acids were up to 14% higher, only tyr and glu concentrations were lower. Using the concentrations of thr and urea in the plasma the required concentration of thr in the feed of lactating sows is estimated with 0.7% which fits well with the results gained with growth and milk performance data.

### Danksagung

Wir danken den Firmen Degussa AG, Hanau, Eurolysine Vertriebs-GmbH, Wien, und Lohmann Animal Health GmbH & Co. KG, Cuxhaven, für die Überlassung von kristallinen Aminosäuren und die finanzielle Unterstützung der vorliegenden Untersuchung.

### References

- BRAVO, F. O.; MEADE, R. J.; STOCKLAND, W. L.; NORDSTROM, J. W., 1970: J. Anim. Sci. 31, 1137.  
 CHANG, T. W.; GOLDBERG, A. L., 1978: J. Biol. Chem. 253, 3677.  
 CHEN, S. Y.; D'MELLO, J. P. F.; ELSLEY, F. W. H.; TAYLOR, A. G., 1978: Anim. Prod. 27, 331-344.  
 EGGUM, B., 1970: Br. J. Nutr. 24, 983-988.  
 GANGULI, M. C.; SPEER, V. C.; EWAN, R. C.; ZIMMERMANN, D. R., 1971: J. Anim. Sci. 33, 394-400.  
 HERRMANN, U.; SCHNEIDER, R., 1981: Arch. Tierernährg. 31, 471-479.  
 HENRY, Y.; DUÉE, P. H.; RERAT, A., 1976: J. Anim. Sci. 42, 357.  
 KIRCHGEßNER, M.; SCHNEIDER, R.; PAULICKS, B. R.; SCHWARZ, F. J., 1993: J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 69, 194-202.  
 -; -, SCHWARZ, F. J.; PAULICKS, B. R., 1992: J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 68, 244-253.  
 LELLIS, W. A.; SPEER, V. C., 1985: J. Anim. Sci. 61(suppl. 1), 103.  
 -; -, 1987: J. Anim. Sci. 65, 1006-1012.  
 LEWIS, A. J.; SPEER, V. C., 1973: J. Anim. Sci. 37, 104-110.  
 -; -, 1974: J. Anim. Sci. 38, 778-784.  
 -; -, 1975: J. Anim. Sci. 40, 892-899.  
 MITCHELL, J. R.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; HARMON, B. G.; NORTON, H. W., 1968: J. Anim. Sci. 27, 1327-1331.  
 ODESSEY, R.; KHAIRALLAH, E. A.; GOLDBERG, A. L., 1974: J. Biol. Chem. 249, 7623.  
 PAULICKS, B. R.; WESTERMEIER, C.; KIRCHGEßNER, M., 1998: J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 79, 102-111.  
 PENG, Y.; TEWS, J. K.; HARPER, A. E., 1972: Am. J. Physiol. 222, 314-321.  
 RICHERT, B. T.; TOKACHI, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. E.; PETTIGREW, J. E.; WALKER, R. D.; JOHNSTON, L. J., 1996: J. Anim. Sci. 74, 1307-1313.  
 ROUSSELOW, D. L.; SPEER, V. C., 1980: J. Anim. Sci. 50, 472-478.  
 -; -, HAUGHT, D. G., 1979: J. Anim. Sci. 49, 498-506.  
 RUDERMAN, N. B.; BERGER, M., 1974: J. Biol. Chem. 249, 5500.  
 SAS INSTITUTE INC., 1989: Version 6.08. SAS Cary, NC, USA.  
 SOHAIL, M. A.; COLE, D. J. A.; LEWIS, D., 1978: Br. J. Nutr. 40, 369-376.  
 SPEER, V. C., 1990: J. Anim. Sci. 68, 553-561.  
 WESTERMEIER, C.; PAULICKS, B. R.; KIRCHGEßNER, M., 1998: J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 79, 33-45.  
 WILKINSON, R.; COLE, D. J. A.; LEWIS, D., 1982: Anim. Prod. 35, 15-23.

*Anschrift der Autoren:* Prof. Dr Dr h. c. mult. M. KIRCHGEßNER, Dr C. WESTERMEIER und Dr B. R. PAULICKS, Institut für Ernährungsphysiologie der Technischen Universität München, D-85350 Freising-Weihenstephan, Deutschland