

Aus der Universität Rostock, Institut für umweltgerechte Tierhaltung¹, Rostock und dem Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Dummerstorf²

HOLGER KLUTH¹, MARTIN GABEL¹, JÜRGEN VOIGT² und ULRIKE SCHÖNHUSEN²

Verwertung der im Intestinum wachsender Bullen absorbierten essentiellen Aminosäuren

Herrn Professor Dr. habil. agr. H. Hagemeister zum 65. Geburtstag gewidmet

Summary

Title of the paper: The efficiency of utilization of intestinal digestible indispensable amino acids in growing bulls

There are problems to determine the efficiency of protein deposition of intestinal absorbed amino acids, because it cannot be excluded that the amount of single or some indispensable amino acid (IAA) can influence the growing performance of the animal. The dependence of amino acid gain on the flux of essential absorbable amino acids into the duodenum was studied in growing bulls to calculate the utilization rate of these amino acids. Four growing bulls (Schwarzbuntes Milchrind, BW: 240 - 310 kg) with duodenal T-type cannulas were fed diets varying in crude protein content. Energy level was 11,2 MJ ME/kg DM. The efficiency for the different absorbable IAA was decreased with increasing nutritional level. This is in contrast with the constant utilization factor of the protein evaluation system (AfB, 1995; 1997). The efficiency of utilization of apparently digestible IAA for protein retention was highest for His and Met and amounted to 33 (Ile), 34 (Phe and Thr), 38 (Lys and Val), 41 (Leu), 52 (Met) und 76 (His) %, respectively. The intersection of the regression curve (AA-deposition against apparently digestible AA) with the abscissae resulted in the maintenance requirement of absorbable amino acid. For growing bulls (BW: 300 kg) a value of 4,7 g/d histidine and 4,2 g/d methionine was determined, but more investigations are necessary in this field.

Key Words: bulls, growing, amino acids, intestine, utilization, maintenance requirement

Zusammenfassung

Die Bestimmung der Verwertung der im Intestinum scheinbar absorbierten Aminosäuren (AA) gestaltet sich schwierig, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Angebot an einzelnen essentiellen Aminosäuren den Erhaltungs- und/oder Leistungsbedarf beeinflusst. Die Abhängigkeit zwischen dem Aminosäurenansatz und dem Fluss essentieller absorbierbarer Aminosäuren ins Duodenum wurde an vier wachsenden Bullen (LM: 240-310 kg) untersucht, um die Verwertungsraten dieser Aminosäuren zu kalkulieren. Die Tiere waren mit einer duodenalen T-Kanüle versehen. Es wurden Rationen mit unterschiedlichen RP-Gehalten jedoch gleichbleibendem Energieniveau (11,2 MJ/kg DM) verfüttert. Die Verwertung der im Intestinum scheinbar absorbierten essentiellen Aminosäuren verringerte sich mit zunehmendem Ernährungsniveau. Dieses steht im Gegensatz zum gegenwärtig konstanten Verwertungsquotient des AfB (1995; 1997). Beim zweifachen Erhaltungsbedarf betrug die Verwertung für Erhaltung und Ansatz 33 (Ile), 34 (Phe und Thr), 38 (Lys und Val), 41 (Leu), 52 (Met) und 76 (His) %. Anhand der regressiven Auswertung der Abhängigkeit zwischen dem AA-Ansatz und der Menge an scheinbar absorbierten essentiellen AA im Intestinum lassen sich Aussagen zum Erhaltungsbedarf dieser Aminosäuren treffen. Für einen Bullen (LM: 300 kg) wurde ein Erhaltungsbedarf von 4,7 g Histidin sowie 4,2 g Methionin je Tag errechnet.

Schlüsselwörter: Bullen, Wachstum, Aminosäuren, Intestinum, Verwertung, Erhaltungsbedarf

1. Einleitung

Die Effizienz der tierischen Leistung wird maßgeblich durch die Höhe der Verwertung der im Darm absorbierten Aminosäuren (AA) für Erhaltung und Leistung bestimmt. Eine exakte Quantifizierung dieser Größe ist aufgrund ungenügender Kenntnisse der komplexen Verwertungsprozesse wie der Beziehung zwischen Bedarf und Angebot einzelner AA oder der Wirkung limitierender AA für die Erhaltung bzw. das entsprechende Leistungsprodukt (Milch, Fleisch, Wolle, Konzeption) sowie der Wechselwirkung zur Energieversorgung schwierig. Diese Schwierigkeiten erklären die große Schwankungsbreite dieser Größe von 50 bis 80 % in verschiedenen Proteinbewertungssystemen für Wiederkäuer (ALDERMAN, 1987).

Die Mehrzahl der Autoren, die unterschiedlichste experimentelle Methoden mit dem Ziel der Bestimmung dieses Parameters anwandten, gehen vorwiegend auf Untersuchungen mit Schafen und Kühen zurück (STORM und ØRSKOV, 1982; SMITH, 1984; WHITELAW et al., 1986; OLDHAM, 1987; ØRSKOV und CHEN, 1989). Eine Literaturzusammenstellung von ROHR und LEBZIN (1991) ergab eine Verwertung des AA-N für die Milchproduktion von 75 bis 80 %. Für wachsende Bullen wurde ein Wert von 67 % abgeleitet. GABEL und POPPE (1988) ermittelten an ruminierenden Jungbullen im Lebendmasse- (LM) Abschnitt von 150 bis 200 kg eine abnehmende Verwertung der essentiellen Aminosäuren mit zunehmendem Ernährungsniveau von 76 % beim Erhaltungsbedarf (EB) 1 auf 48 % beim EB 4. Beim präruminanten Kalb zwischen 80 und 240 kg LM fanden GERRITS et al. (1998) nur eine Verwertung der ileal verdaulichen essentiellen AA von unter 30 %.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen bestand darin, die Verwertung der im Darm scheinbar absorbierten essentiellen AA bei wachsenden Bullen, die isoenergetisch mit variierenden Proteinmengen versorgt wurden, zu berechnen.

2. Material und Methoden

Die Versuche wurden an vier Jungbullen der Rasse Schwarzbuntes Milchrind, die am Duodenum mit einer T-Kanüle aus Silikon (25 mm Ø, ca. 10 cm distal zum *D. pancreaticus* und *D. choledochus*) ausgerüstet waren, in einem LM-Abschnitt von 240-310 kg durchgeführt. Die Tiere befanden sich auf Stoffwechselständen, die die quantitative Messung von Futteraufnahme sowie der Kot- und Harnausscheidungen ermöglichten. Die Umgebungstemperatur betrug 19 bis 22 °C. Die Fütterung der Tiere erfolgte zweimal täglich um 7.00 Uhr morgens und 16.00 Uhr nachmittags. Die Energiekonzentration der Ration betrug im Mittel $11,2 \pm 0,4$ MJ Umsetzbare Energie (ME)/kg DM. Die Zusammensetzung der im Rohprotein(CP)-Gehalt variierenden Rationen ist in der Tabelle 1 aufgeführt.

Jede Versuchsperiode umfasste eine Vorperiode von 16 d als Adaptationsphase an das entsprechende RP-Fütterungsniveau, eine 7-tägige N-Bilanzmessung sowie eine anschließende Digestasammlung von 4 d, in der Proben zur Bestimmung der Digestaflussraten am Duodenum genommen wurden. Das als Marker genutzte TiO_2 wurde in pelletierter Form (5 % im Gerstenschrot) zweimal täglich vor Beginn der Fütterung zu je 5 g verabreicht.

Die N-Bilanzmessung wurde auf der Grundlage der Richtlinien zur Verdaulichkeitsmessung (AfB, 1991) durchgeführt. Dabei wurde der Harn in Vorlagen gesammelt, deren pH-Wert durch den Zusatz von 6 N HCL unter 2.5 lag. Von der homogenisierten Tagesprobe wurden 5 % für die Sammelprobe gepoolt, die der N-Bestimmung diente. Zur Messung des Digestaflusses wurden an 4 Tagen im Abstand von 4 h ca. 1000 g Digesta derartig entnommen, dass insgesamt zu jeder vollen Stunde eine Probe vorlag. Nach der Homogenisation der Probe wurden jeweils 100 g zu einer Sammelprobe gepoolt und bei 0 – 4 °C aufbewahrt. Der Rest der Probe wurde auf 37 – 39 °C erwärmt und in das Duodenum zurückgeführt. Am Ende der Sammelperiode wurde die gepoolte Probe homogenisiert und ein Teil wurde für die Bestimmung von N, NH₃ und der DM verwendet. 1500 g wurden lyophilisiert und durch ein 1-mm-Sieb gemahlen.

Die N-Bestimmung erfolgte nach der Kjeldahl-Methode (VON LENDERKEN und ZIMMERMANN, 1991). TiO₂ wurde in Kot und Digesta im Kjeldahlaufschluß (Aufschlußdauer von 3 h) photometrisch (Spekol 221, ZEISS, Jena) bei 405 nm bestimmt.

Tabelle 1

Zusammensetzung der Futterration (g/kg DM) (Composition of experimental diets, g/kg DM)

Ration	1	2	3	4
Winterweizen	169	289	200	-
Wintergerste	164	118	158	83
Tapiokamehl	-	-	173	489
Sojaextraktionsschrot	172	89	-	-
Trockenschnitzel	38	147	206	200
Trockengrünpellets	58	46	23	-
Wiesenheu	196	193	40	-
Gerstestroh	-	109	188	216
Weizenstroh	195	-	-	-
Mineralstoffgemisch	8	9	12	12
Energie (MJ ME/kg DM)	11,1	11,5	11,1	10,7
Rohprotein (g/kg DM)	200	156	102	63
Rohfaser (g/kg DM)	181	172	156	158

Als Standards dienten schwefelsaure Lösungen mit 20 und 60 mg TiO₂ je Liter (BRANDT und ALLAM, 1987).

Die Bestimmung der Aminosäuren erfolgte nach dreistündiger saurer Hydrolyse bei $19,6 \cdot 10^4$ Pa und 134 °C säulenchromatographisch mittels HPLC (Kationentrennsäule LCA-K06 (Grom Analytik + Analytic GmbH; Herrenberg-Kayh), 9 min bei 57 °C, 7 min bei 60 °C, 32 min bei 80 °C; Flussrate 0,4 ml/min). Die für die schwefelhaltigen Aminosäuren erforderliche Oxidation erfolgte durch ein Gemisch von H₂O₂ und Ameisensäure im Verhältnis 9:1.

Die Versuchsergebnisse wurden aufgrund der sich ändernden Lebendmassen der Tiere zum Zweck der Vergleichbarkeit auf die metabolische Lebendmasse bezogen und durch die Anpassung an die Funktion $y = a + b \cdot e^x$ (y: AA-Ansatz; x: im Intestinum scheinbar verdaute (sv) AA) verallgemeinert. Aus dem Schnittpunkt des AA-Ansatzes mit der Abszisse ergibt sich der AA-Erhaltungsbedarf der entsprechenden essentiellen AA. Anhand des gemessenen N-Ansatzes, der im Intestinum svAA (Passage am Duo-

denum minus Exkretion im Kot) sowie unter Nutzung der AA-Zusammensetzung des Körperproteinzuwachses nach GABEL et al. (1988) wurde die Verwertung der einzelnen AA wie folgt berechnet:

$$\text{Verwertung 1 (\%)} = \frac{\text{AA - Ansatz}}{\text{sv AA im Intestinum}} \times 100$$

$$\text{Verwertung 2 (\%)} = \frac{\text{AA - Ansatz}}{\text{sv AA im Intestinum} - \text{sv AA im Intestinum für Erhaltung}} \times 100$$

Differenzen zwischen den Mittelwerten wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse auf Signifikanz geprüft. Dafür und für die Berechnung der nichtlinearen Regression (Modell I) wurde das Programm SPSS (KÄHLER, 1992) herangezogen.

3. Ergebnisse

Der N- und AA-Ansatz ($\text{g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$) sowie die im Intestinum scheinbar verdauten essentiellen AA ($\text{mg} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$) sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben. Der N-Ansatz unterschied sich signifikant zwischen allen Rationen und lag in einem Bereich von $0,65 \text{ g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ (156 g CP/kg DM) bis $0,10 \text{ g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ (63 g CP/kg DM). Der geringere N-Ansatz bei Ration 1 mit nur $0,51 \text{ g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ war im Vergleich zum N-Ansatz bei Ration 2 mit $0,65 \text{ g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ auf die höhere LM der Tiere während dieser Messperiode zurückzuführen. Der mit dem N-Ansatz in enger Beziehung stehende AA-Ansatz ergab für alle acht essentiellen AA bei Ration 2 die signifikant höchsten und bei Ration 4 die signifikant niedrigsten Werte, wobei Leu und Lys mit 279 bzw. 261 mg/kg $\text{LM}^{-0,75}$ am meisten angesetzt wurden. Im Gegensatz dazu wurde Met über alle Rationen in einem Bereich von 88 (Ration 2) bis 13 mg $\cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ (Ration 4) am geringsten angesetzt. Die Menge der im Intestinum scheinbar verdauten Aminosäuren nahm ab Ration 2 (156 g CP/kg DM) tendenziell ab. In der Periode der Niedrig-Protein-Ration (Ration 4, 63 g CP/kg DM) wurden bei allen Aminosäuren die geringsten AA-Mengen scheinbar verdaut.

Tabelle 2
N- und Aminosäurenansatz ($y \pm s$; $n = 4$) (Retention of N and AA; mean \pm SD; $n = 4$)

Ration	1	2	3	4
CP (g/kg DM)	200	156	102	63
DM-Aufnahme (kg/100 kg LM)	$1,90^a \pm 0,05$	$2,29^b \pm 0,10$	$2,04^b \pm 0,15$	$1,83^b \pm 0,11$
N-Ansatz ($\text{g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$)	$0,51^a \pm 0,06$	$0,65^b \pm 0,05$	$0,40^b \pm 0,02$	$0,10^a \pm 0,03$
AA	AA-Ansatz ($\text{g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$)			
His	$111^a \pm 13$	$143^{ab} \pm 12$	$87^b \pm 4$	$22^{ab} \pm 6$
Lys	$202^a \pm 24$	$261^{ab} \pm 22$	$159^b \pm 8$	$40^{ab} \pm 12$
Leu	$216^a \pm 25$	$279^{ab} \pm 23$	$170^b \pm 9$	$43^{ab} \pm 12$
Phe	$111^a \pm 13$	$143^{ab} \pm 12$	$87^b \pm 4$	$22^{ab} \pm 6$
Met	$69^a \pm 8$	$88^{ab} \pm 7$	$54^b \pm 3$	$13^{ab} \pm 4$
Thr	$125^a \pm 15$	$162^{ab} \pm 13$	$98^b \pm 5$	$25^{ab} \pm 7$
Val	$145^a \pm 17$	$187^{ab} \pm 16$	$114^b \pm 6$	$29^{ab} \pm 8$
Ile	$99^a \pm 12$	$128^{ab} \pm 11$	$78^b \pm 4$	$19^{ab} \pm 6$

a,b,c: gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen zwischen den Behandlungen ($p < 0,05$)

Tabelle 3

Im Intestinum scheinbar verdauliche AA ($\text{g} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$; $y \pm s$; $n = 4$) (Apparent intestinal digestible AA; $\text{g} \cdot \text{kg BW}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$; Mean \pm SD; $n = 4$)

AA/Ration	1	2	3	4
His	180 ^{ac} \pm 21	183 ^{bd} \pm 25	115 ^{ab} \pm 15	79 ^{cd} \pm 12
Lys	164 ^a \pm 65	646 \pm 84	430 ^{ab} \pm 40	301 ^{ab} \pm 23
Leu	667 ^{ac} \pm 103	632 ^{bd} \pm 73	425 ^{ab} \pm 47	300 ^{cd} \pm 25
Phe	418 ^a \pm 60	341 \pm 41	302 ^a \pm 33	160 ^{ab} \pm 29
Met	188 ^{ac} \pm 29	158 ^{bd} \pm 20	105 ^{ab} \pm 19	72 ^{cd} \pm 12
Thr	449 ^{ac} \pm 44	461 \pm 63	277 ^{ab} \pm 36	215 ^{cd} \pm 28
Val	456 ^{ac} \pm 53	479 \pm 52	294 ^{ab} \pm 50	222 ^{cd} \pm 31
Ile	407 ^{ac} \pm 65	382 \pm 59	222 ^{ab} \pm 32	180 ^{cd} \pm 18

a,b,c,d, : gleiche kleine Buchstabenkennzeichen signifikante Differenzen ($p < 0,05$)

4. Diskussion

Die Abhängigkeit des AA-Ansatzes und ihrer Verwertung (1 und 2) von der entsprechenden AA-Menge, die im Intestinum scheinbar verdaut wurde, ist für das Lys in der Abbildung beispielgebend dargestellt. Der Schnittpunkt des Lysinansatzes mit der Abzisse kennzeichnet den Erhaltungsbedarf an im Darm scheinbar verdaulichem Lysin. Er beträgt $266 \text{ mg} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$. Die Verwertung 1 steigt mit zunehmendem Lysinansatz zunächst an, erreicht bei einem Lysinansatz von $205 \text{ mg} \cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ und bei einer Menge von Lysin 532 mg sv Lys $\cdot \text{kg LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ einen Wert von 38 % und fällt danach wieder ab. Die Verwertung 2 erreicht beim Niveau des Erhaltungsbedarfes Werte von über 100 % und nimmt mit zunehmendem Lysinansatz degressiv ab. Für die acht zu betrachtenden Aminosäuren sind in der Tabelle 4 alle Angaben zum Erhaltungsbedarf, Ansatz sowie für die Verwertung 1 und 2 zusammengestellt. Für praktische Belange ist der AA-Ansatz und die AA-Verwertung bei einem Vielfachen des AA-Erhaltungsbedarfes (EB) von 1,5 bis 2,5 von Bedeutung.

Die Verwertung 1 steigt mit dem AA-Ansatz der jeweiligen AA und erreicht bei einem Ernährungsniveau EB \cdot 2 das Maximum. Dieses trifft für alle acht essentiellen AA zu. Nach dem Erreichen dieses Maximums fällt die Verwertung 1 ab. Die höchste Verwertung wiesen His und Met mit 76 bzw. 52 % auf. Auffällig ist, dass das His bzw. Met im Gegensatz zu den übrigen AA durch einen wesentlich stärkeren Anstieg der Verwertung 1 im Vergleich zum entsprechenden His- bzw. Met-Ansatz gekennzeichnet ist. Für die Verwertung 2 ergibt sich bei EB \cdot 1 bei allen AA ein Wert von über 100 %, was die Aussagekraft dieser Werte einschränkt, weil offensichtlich Wechselwirkungen im Stoffwechsel dieser AA auf der Ebene des Erhaltungsbedarfes und des Ansatzes bestehen, die mit der angewandten Methode nicht erfasst werden können.

Für His bzw. Met ergibt sich die höchste Verwertung beim EB \cdot 1,5 mit 195 bzw. 137 %. Mit zunehmendem Ernährungsniveau nimmt die Verwertung 2 ab und erreicht erst bei EB \cdot 1,5 bei Phe, Thr, Val und Ile eine Verwertung von unter 100 %. Ausnahmen bilden das His und Met, die trotz einer weiteren Abnahme der Verwertung 2 bei einem Ernährungsniveau von EB \cdot 2 im Gegensatz zu den übrigen AA weiterhin eine Verwertung von über 100 % aufweisen.

Zu ähnlich hohen Verwertungsraten von über 100 % beim His und Met gelangten SCHOOF et al. (2000) bei Untersuchungen an wachsenden Jungbulln in einem Le-

Tabelle 4

Verwertung der im Intestinum scheinbar verdauten essentiellen AA (Efficiency of deposition of intestinal apparently digested IAA)

Histidin (65) ¹				Lysin (266)			Leucin (265)			Phenylalanin (128)		
	Ansatz ²	Verwertung 1 ³	Verwertung 2 ⁴	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2
EB x 1,5	63	65	195	141	35	106	154	39	116	55	29	86
EB x 2	99	76	152	205	38	77	220	41	83	88	34	69
EB x 2,5	118	73	121	233	35	59	248	37	62	108	34	56

Methionin (58)			Threonin (173)			Valin (176)			Isoleucin (152)			
	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2	Ansatz	Verwertung 1	Verwertung 2
EB x 1,5	40	46	137	76	29	88	84	32	95	74	32	97
EB x 2	60	52	104	117	34	68	132	38	75	101	33	67
EB x 2,5	71	49	82	140	32	54	160	36	61	112	29	49

¹ Erhaltungsbedarf der jeweiligen AA in Klammern(mg AA · kg LM^{-0,75} · d⁻¹)
² mg AA · kg LM^{-0,75} · d⁻¹
³Verwertung 1: Verhältnis zwischen AA-Ansatz und sv AA im Intestinum (mg AA · kg LM^{-0,75} · d⁻¹)
⁴Verwertung 2: Verhältnis zwischen AS-Ansatz und der Differenz zwischen sv AA im Intestinum minus sv AA im Intestinum für Erhaltung

AS	AA-Ansatz	S _R	AA	AS-Ansatz	S _R	AA	AS-Ansatz	S _R	AA	AA-Ansatz	S _R
His	y = 144 - 451 e ^{-0,017649x}	22	Lys	y = 257 - 271 e ^{-0,006x}	35	Leu	y = 269 - 1462 e ^{-0,006389 x}	39	Phe	y = 136-387 e ^{-0,008158 x}	16
Met	y = 83 - 303 e ^{-0,022401x}	16	Thr	y = 166 - 566 e ^{-0,0071 x}	26	Val	y = 198 - 599 e ^{-0,006278 x}	30	Ile	y = 118-820 e ^{-0,012786 x}	23

KLUTH u.a.: Verwertung der im Intestinum wachsender Bullen absorbieren essentiellen Aminosäuren

bendmasseabschnitt von 150 bis 200 kg. Aus Untersuchungen von GABEL und POPPE (1988), die die Verwertung der einzelnen essentiellen scheinbar verdaulichen AA in Abhängigkeit vom Ernährungsniveau (Vielfache des energetischen Erhaltungsbedarfes) ermittelten, ergab sich gleichfalls eine abnehmende Verwertung dieser AA mit zunehmendem Ernährungsniveau, wobei His gefolgt von Lys und Leu die höchsten Verwertungsraten aufwiesen.

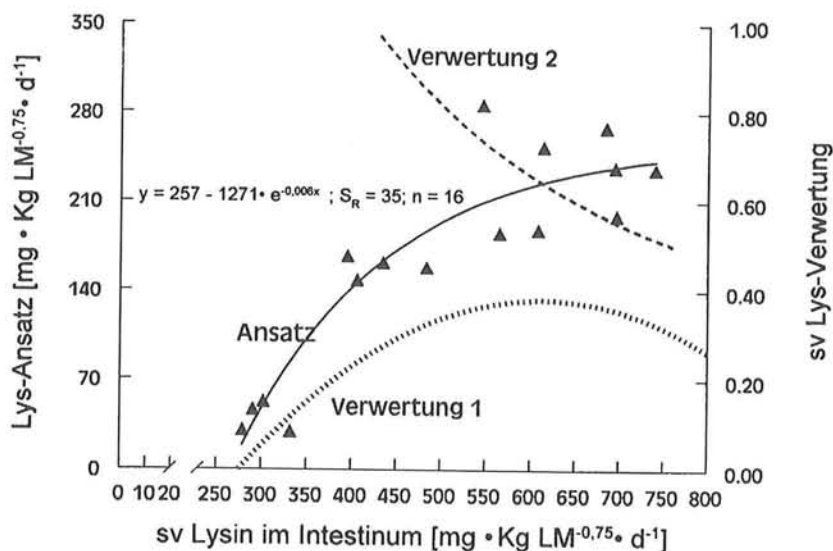


Abb.: Abhängigkeit des Lysinansatzes vom scheinbar verdauten Lysin im Intestinum (Relationship between lysine deposition and intestinal apparently digested lysine)

VERITÉ et al. (1987) konnten aus Versuchen mit unterschiedlichen Rassen eine veränderliche Verwertung des absorbierten AA-N feststellen, die für Holstein-Friesian-Bullen (LM: 150-600 kg) bzw. Charolais-Bullen (LM: 400-750 kg) eine abnehmende Verwertung mit zunehmender Lebendmasse von 68 auf 28 % bzw. 64 auf 30 % ergab. Eine Ursache für die abnehmende Verwertung scheint die zunehmende AA-Überversorgung in höheren LM-Abschnitten zu sein (AfB, 1995).

Aus der höchsten für His und Met abgeleiteten Verwertung für den Proteinansatz ist zu folgern, dass His (GABEL und POPPE, 1986; TITGEMEYER et al., 1988; BLACK et al., 1990; MERCHEN und TITGEMEYER, 1992) und Met (GIBB et al., 1992) für das Wachstum eine colimitierende Wirkung besitzen.

Von SCHOOF et al. (2000) konnte diese limitierende Wirkung des His durch die N-Bilanztechnik (duodenale Infusion) nicht nachgewiesen werden. Eine Beeinflussung des intermediären Proteinumsatzes durch die duodenale Histidininfusion konnte dagegen mit der ¹⁵N-Tracertechnik deutlich sichtbar gemacht werden (VOIGT et al., 1997),

was die These des Vorhandenseins und der Wirkung von physiologischen Puffern wahrscheinlich erscheinen läßt. Entsprechende Puffer wären Hämoglobin, Anserin (β -Alanyl-1-Methylhistidin), Balanin (β -Alanyl-3-Methylhistidin) und Carnosin (β -Alanyl-Histidin), die während Phasen einer Histidinunterversorgung durch Histidinabgabe kompensierend auf die Mangelsituation im Stoffwechsel des Tieres wirken.

Die ermittelte abnehmende Verwertung der scheinbar verdaulichen essentiellen AA mit der Zunahme des Ernährungsniveaus steht im Gegensatz zur gegenwärtig vom AfB (1995, 1997) praktizierten Proteinbedarfskalkulation.

Durch die Beziehung zwischen dem AA-Ansatz und der jeweiligen im Intestinum scheinbar verdaulichen AA-Menge lassen sich unter dem Vorbehalt, dass andere spezifische Wirkungen der AA im Stoffwechsel des Tieres nicht beachtet werden, Aussagen zum Erhaltungsbedarf der einzelnen essentiellen AA treffen.

Da aus der Literatur nur wenige Angaben zum Erhaltungsbedarf verfügbar sind sollen die eigenen und die Ergebnisse von GABEL und POPPE (1988) sowie die Angaben von OWENS (1987), kalkuliert wurden, auf der Basis der metabolischen Lebendmasse verglichen werden (Tab. 5).

Tabelle 5

Erhaltungsbedarf an im Intestinum scheinbar verdaulicher essentieller AA ($\text{mg} \cdot \text{LM}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$) (Requirement of intestinal apparently digestible IAA; $\text{mg} \cdot \text{BW}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$)

AS	OWENS (1987) ¹	GABEL & POPPE (1988)	eigene Untersuchungen ²	Durchschnitt Spalte 3 und 4
His	62	76	65	71
Lys	147	208	266	237
Leu	147	255	265	260
Phe	75	110	128	119
Met	75	76	58	67
Thr	75	155	173	164
Val	87	168	176	172
Ile	87	129	152	140

¹ Berechnet nach CHALUPA (1974)

Der höchste Erhaltungsbedarf besteht laut Untersuchungen von GABEL und POPPE (1988) bei Leu mit $255 \text{ mg/kg LM}^{0,75}$ gefolgt von Lys mit $208 \text{ mg/kg LM}^{0,75}$, der niedrigste Erhaltungsbedarf bei His und Met mit jeweils $76 \text{ mg} \cdot \text{LM}^{0,75} \cdot \text{d}^{-1}$. Aus den eigenen Untersuchungen ergeben sich gleichfalls für erstgenannte AA die höchsten Angaben, wobei Lys mit $266 \text{ mg} \cdot \text{LM}^{0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ nur geringfügig über dem Wert für Leu mit $265 \text{ mg} \cdot \text{LM}^{0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ liegt.

Während zwischen den Angaben von GABEL und POPPE (1988) und den eigenen Untersuchungen eine relativ gute Übereinstimmung besteht, werden bei einer Zusammenfassung beider Versuche erhebliche Unterschiede zu den Werten von OWENS (1987) offensichtlich.

Ausnahme bilden His und Met mit 62 bzw. 75 $\text{mg} \cdot \text{kg LM}^{0,75} \cdot \text{d}^{-1}$, die gegenüber den zusammengefassten Ergebnissen mit 71 bzw. 67 $\text{mg} \cdot \text{kg LM}^{0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ noch vergleichbar sind. Hingegen umfassen die Angaben von OWENS (1987) z. T. weniger als 50 % der zusammengefassten Werte, wie es beim Thr deutlich wird. Die Ursachen für diese Dif-

ferenzen dürften im unterschiedlichen methodischen Vorgehen zu suchen sein. In den vorliegenden Untersuchungen wurden die im Dün- und Dickdarm (Duodenum bis Rectum) scheinbar verdaulichen AA gemessen und für die Berechnung der AA-Verwertung für den Körperproteinzuwachs zu Grunde gelegt. Infolge von unverdaulichem endogenen Protein am Ileum und Rectum (VAN BRUCHEM et al., 1997) ist die wahr absorbierte AA-Menge größer als die gemessene scheinbar verdauliche AA-Menge. Diese Unterbestimmung der absorbierten AA führt zu einer Überschätzung der AA-Verwertung. Dem wirkt jedoch der mikrobielle Abbau der am Ileum vorhandenen AA im Enddarm entgegen.

Für die als limitierend wirkend in Betracht kommenden AA His und Met wurden Angaben für den Erhaltungsbedarf von 65 und 58 mg · kg LM^{-0,75} · d⁻¹ ermittelt, die absoluten Mengen bei einem 300 kg schweren Bullen von 4,7 g His und 4,2 g Met je Tag entsprechen.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, dass die Verwertung der essentiellen AA für Erhaltung plus Proteinansatz mit Ausnahme der von His und Met unter 40 % liegt. Die Ursachen dieser geringen Verwertungshöhe sind weiter zu untersuchen. Die Verwertung für den Proteinansatz sinkt mit dem Ernährungsniveau. His und Met sind für das Wachstum als colimitierende AA anzusehen.

Literatur

- AfB: Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Phys. a. Anim. Nutr. 65 (1991), 229-234
- AfB: Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Masttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt (Main) (1995)
- AfB: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchttrindern. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6 (1997) 217-236
- ALDERMAN, G.: Comparison of rations calculated in different systems. In: JARRIGE, R. and G. ALDERMANN (Eds.): Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Proc. CEC Seminar Brussels, 25 to 27 June 1986, ECSC-EEC-EAEC, Brussels (1987), 283-297
- BLACK, A.; ANAUD, R. S.; BRUSS, M. L.; BROWN, A.; NAKAGIRI, J. A.: Partitioning of amino acids in lactating cows: oxidation to carbon dioxide. J. Nutr. 120 (1990), 700-710
- BRANDT, M.; ALLAM, S.M.: Analytik von TiO₂ im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. Arch. Anim. Nutr. 37, 5 (1987), 453-454
- CHALUPA, W.: Amino acid nutrition of growing cattle. In: Tracer studies on non-protein-nitrogen for ruminants. Vienna 2 (1974), 175-194
- GABEL, M.; POPPE, S.: Intestinal amino acid supply in relation to the amino acid requirement in growing bulls. Arch. Anim. Nutr. 36; 2-3 (1986), 227-234

- GABEL, M.; POPPE, S.; PIEPER, B.:
Amino acid deposition in dependence on energy level of the diet in fattening bulls (SMR). *Wiss. Z. Uni. Rostock, N-Reihe* 37, 2 (1988), 115
- GABEL, M.; POPPE, S.:
Untersuchungen über die Verwertung der einzelnen essentiellen absorbierbaren Aminosäuren am Duodenum beim wachsenden männlichen Jungrind. *Wiss. Z. Uni. Rostock, N-Reihe* 37, 6 (1988), 3-7
- GERRITS, W.J., SCHRAMA, J.W.; TAMMINGA, S.:
The marginal efficiency of utilization of all ileal digestible indispensable amino acids for protein gain is lower than 30 % in preruminant calves between 80 and 240 kg live weight. *J. Nutr.* 128 (1998) 1774-1785
- GIBB, D.J.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A.; LEWIS, A.J.:
Plasma amino acid response to graded levels of escape protein. *J. Anim. Sci.* 70 (1992), 2885-2892
- KÄHLER, W. M.:
Statistische Datenanalyse mit SPSS/PC+Version 4.0, 2. Aufl., Vieweg-Verlag (1992)
- LENGERKEN v., J.; ZIMMERMANN, K.:
Handbuch Futtermittelprüfung. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin; (1991), 172-176
- MERCHEN, N. R.; TITGEMEYER, E.C.:
Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70 (1992), 3238-3247
- OLDHAM, J. D.:
Efficiencies at amino acid utilization. In: JARRIGE, R. and G. ALDERMAN (Eds.): Feed evaluation and protein requirement for ruminants. *Proc. CEC Seminar Brüssel*, 25.-27. June 1986 (1987), 171-186
- ØRSKOV, E. R.; B. CHEN, B.:
Assessment of amino acid requirement in ruminants. *Proc. Satellite Symp. of the 7th Intern. Symp. Ruminant Physiology*. Hakone, Japan (1989), 161-167
- OWENS, F. N.:
Maintenance protein requirements. In: JARRIGE, R. and G. ALDERMAN (Eds.): Feed evaluation and protein requirement for ruminants. *Proc. CEC Seminar Brüssel*, 25.-27. June 1986 (1987), 187-211
- ROHR, K.; LEBZIN, P.:
Present knowledge of amino acid requirement for maintenance and production. 6th Intern. Symp. Protein Metabolism and Nutrition. Herning, Denmark (1991), 127-137
- SCHOOF, Ä.; GABEL, M.; VOIGT, J.; SCHÖNHUSEN, U.; KLUTH, H.:
Investigations on the influence of duodenal histidine infusion on nitrogen and amino acid turnover of growing German Holstein bulls. *Arch. Anim. Nutr.* 53 (2000) in press
- SMITH, R. H.:
Essential amino acid requirements and rationing systems for ruminants. *Proc. 6th Intern. Symp. On Amino Acid*. Polish Academy of Sci., Polish Scientific Publishers (1984), 319-329
- STORM, E.; ØRSKOV, E.R.:
Biological value and digestibility of rumen microbial protein in lamb small intestine. *Proc. Nutr. Soc.* 41 (1982), 78A
- TITGEMEYER, E. C.; MERCHEN, N.R.; BERGER, L.L.; E. DEETZ, L.E.:
Estimation of lysine and methionine requirements of growing steers fed corn silage-based or corn-based diet. *J. Dairy Sci.* 71 (1988), 421-434
- VAN BRUCHEM, J., VOIGT, J.; LAMMERS-WIENHOVEN, T.S.C.W.; SCHÖNHUSEN, U.; KETELAARS, J.J.M.H.; S. TAMMINGA, S.:
Secretion and reabsorption of endogenous protein along the small intestine of sheep: estimates derived from ¹⁵N dilution of plasma non-protein-N. *Brit. J. Nutr.* 77 (1997) 273-286
- VERITÉ, R.; MICHALET-DOREAU, B.; CHAPOUTOT, P.; PEYRAND, J.L.; POUCEY, C.:
Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (P.D.I.). *Bull. Tech., C.R.Z.V. Theix, INRA*, 70 (1987), 19-34
- VOIGT, J.; SCHOOF, Ä.; KRAWIELITZKI, K.; GABEL, M.; KLUTH, H.; HAGEMEISTER, H.:
Stickstoff-Turnover beim wachsenden Rind – Einfluß einer duodenalen Histidin-Infusion. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6 (1997) 81
- WHITELAW, F.G.; MILNE, J.S.; ØRSKOV, E.R.; SMITH, J.S.:
The nitrogen and energy metabolism of lactating cows given abomasal infusions of casein. *Br. J. Nutr.* 55 (1986), 537-556

Eingegangen: 19.09.2000

Akzeptiert: 11.10.2000

Anschriften der Verfasser

Dr. HOLGER KLUTH

Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg

Landwirtschaftliche Fakultät

Institut für Ernährungswissenschaften

Emil-Abderhaldenstraße 26

D-06108 Halle/Saale

E-Mail: Kluth@landw.uni-halle.de

Prof. Dr. MARTIN GABEL

Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Institut für umweltgerechte Tierhaltung

Justus-von-Liebig-Weg 8

D-18059 Rostock

E-Mail: martin.gabel@agrarfak.uni-rostock.de

Dr. JÜRGEN VOIGT

Dr. ULRIKE SCHÖNHUSEN

Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere

Wilhelm-Stahl-Allee 2

D-18196 Dummerstorf

E-Mail: voigt@fhn-dummerstorf.de

E-Mail: schoenhu@fhn-dummerstorf.de

Buchbesprechung

Ultrasonography and Reproduction in Swine Principles and practical applications

F. MARTINAT-BOTTE, G. RENAUD, F. MADEC, P. COSTIOU, M. TERQUI

104 Seiten, zahlreiche Abbildungen, INRA-Editions RD 10, 78026 Versailles cedex, France, 2000,
ISBN 2-7380-0887-9, Preis 300 F (ca. 92,00 DM oder 46 Euro)
INRA-Editions@versailles.inra.fr

Durch die Verfügbarkeit kleinerer und stärkerer Ultraschallsonden in Verbindung mit kleinen tragbaren Ultraschallgeräten werden detaillierte Untersuchungen der verschiedenen Organsysteme auch beim Nutztier unter Praxisbedingungen möglich. Das Buch aus der Reproduktionsforschungsgruppe der INRA in Frankreich hat dazu einen hervorragenden Beitrag in Form dieses reich illustrierten Buches für das Fortpflanzungssystem beim weiblichen Schwein abgeliefert. Neben den Grundlagen der Ultraschalltechnik und einem kurzen Abriss der Anatomie und Physiologie der Reproduktion werden die Ultraschallbefunde während Brunstzyklus, Trächtigkeit sowie der post partum und Laktationsphase im Vergleich mit Skizze und anatomischem Bild dargestellt. Weiterhin wird ausführlich auf Abnormalitäten und die Anwendung im Herdenmanagement eingegangen. Auch die wichtigsten Artefakte von Ultraschallbildern werden im Detail besprochen und dargestellt, so dass insgesamt auch für den Anfänger eine solide Grundlage für einen Einstieg in diese Technologie gegeben wird. Sehr wertvoll sind die kurzen Zusammenfassungen und Schlußfolgerungen sowie die kurze, aber informative Liste mit weiterführender Literatur am Ende eines jeden Kapitels für ein vertiefendes Studium der jeweiligen Detailspekte. Das aus dem Französischen ins Englische übersetzte Buch ist gut lesbar und stellt sowohl für den Anfänger als auch für den Fortgeschrittenen in diesem zukunftsreichen Bereich einen wertvollen und deshalb sehr empfehlenswerten Beitrag dar, zumal die Kosten für ein Buch in dieser hohen Qualitätsaufmachung akzeptabel sind.

HEINER NIEMANN, Mariensee