

Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Fleckviehbullen

Investigations on crude protein requirements of Simmental bulls

Thomas Ettle¹, Anton Obermaier¹, Wilhelm Windisch² und Hubert Spiekers¹

Zusammenfassung

Die derzeit in Deutschland und Österreich gültigen Normen zur Rohproteinversorgung von Fleckviehbullen (GfE 1995) wurden vor über 20 Jahren veröffentlicht und gehen von relativ niedrigen täglichen Zuwachsraten und Schlachtgewichten aus, so dass diese Empfehlungen für die heutigen Bedingungen in der intensiven Bullenmast unter Umständen nicht mehr anwendbar sind. Da aus den letzten Jahren jedoch kaum gezielte Untersuchungen zur XP-Versorgung in der Mast mit Fleckviehbullen vorliegen, wurden drei Dosis-Wirkungsversuche zu den Auswirkungen unterschiedlicher XP-Gehalte der Ration in der Anfangs-, Mittel- und Endmast durchgeführt.

In allen Versuchen zeigten sich zunächst deutliche Effekte eines geringen XP-Gehaltes der Ration auf Futteraufnahme und Zuwachsraten. Darüber hinaus wurden durchgängig negative Effekte einer leicht überhöhten XP-Versorgung auf Leistungskriterien beobachtet, die jedoch nicht in allen Versuchen und bei jedem Kriterium signifikant waren. Auf eine XP-Versorgung im Normbereich nach vorhergehender marginaler Versorgung reagierten die Mastbullen mit stark kompensatorischen Effekten.

Aus den Daten lässt sich ableiten, dass der XP-Bedarf vor allem im Bereich der Anfangsmast niedriger liegt als in den derzeit gültigen Empfehlungen abgebildet. Auf Grund des Einflusses des XP-Gehaltes der Ration empfiehlt es sich für die Praxis, den XP-Gehalt der Ration und die Futteraufnahme in die Empfehlungen zur XP-Versorgung von Mastbullen mit einzubeziehen.

Schlüsselwörter: Rohproteinbedarf, Mast, Bullen, Fleckvieh

Summary

The officially valid standards for crude protein (CP) supply to fattening bulls in Germany were published 1995 (GfE 1995) and imply relatively low daily gains and slaughter weights. Over the past years, however, the level of growth performance, as well as the final weight of fattening bulls has increased. This implies that CP requirements may have changed and need to be adjusted. Because in recent years there was a lack of specific research on CP-requirement of Simmental bulls, three dose-response studies with varying dietary CP concentrations in different stages of growth were conducted.

In all studies there was a significant effect of marginal CP supply on feed intake and growth. Moreover, a slight CP oversupply lead consistently to visible negative effects on performance. Obvious compensatory effects were observed when bulls were supplied adequate CP levels after a phase of marginal CP supply.

It can be concluded, that especially in younger animals CP requirements are lower than described in current recommendations. Because of the high impact of dietary CP concentration, recommendations for CP supply in fattening bulls should also involve CP concentration of diets and feed intake.

Keywords: Crude protein requirement, fattening bulls, Simmental

Einleitung

Die Mast von Fleckviehbullen ist eine relativ effiziente Form der Rindfleischerzeugung. Beim Standardverfahren auf Basis Silomais wird eine N-Effizienz von 23 % unterstellt (SPIEKERS 2015). Im Vergleich zu anderen Formen der Fleischerzeugung (Geflügel und Schwein) ist dennoch ein relativ hoher Aufwand an Futterprotein gegeben. Ein Ansatzpunkt zur Minderung ist die Phasenfütterung. Darüber hinaus wird insbesondere der Einsatz von Sojaextraktionsschrot aus Übersee kritisch diskutiert. Neben dem Ersatz von

Sojaextraktionsschrot durch andere rohprotein-(XP)-reiche Futtermittel, wie z.B. Rapsextraktionsschrot, ist der Abbau von Proteinüberhängen in der Gesamtration ein wirksamer Ansatzpunkt, um den Einsatz von Sojaextraktionsschrot und somit den Import aus Übersee für die Rinderfütterung zu reduzieren. Vor allem in der Mast besteht über den tatsächlichen Rohproteinbedarf der Rinder allerdings Unklarheit. Die sehr alten bundesweit gültigen Normen zur Rohproteinversorgung (GfE 1995) gehen von relativ niedrigen täglichen Zuwachsraten und Schlachtgewichten aus, sodass diese Daten für die heutigen Bedingungen in

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwächter-Platz 3, D-85586 Grub

² TU München/Weihenstephan, Lehrstuhl für Tierernährung, Liesel-Beckmann-Straße 6, D-85354 Freising

* Ansprechpartner: Dr. Thomas Ettle, email: thomas.ettle@lfl.bayern.de



der intensiven Bullenmast (insbesondere Genetik) unter Umständen nicht mehr passen. Aus diesem Grund sollte an Hand von mehreren dose-response-Versuchen abgeklärt und dargestellt werden, wie weit die Rohproteinversorgung in der Rindermast ohne negative Effekte auf die Leistung abgesenkt werden kann und wie der Rohproteinbedarf in der Bullenmast unter derzeitigen Bedingungen einzuschätzen ist. In einem ersten Versuch wurde dabei die Rohproteinversorgung über den gesamten Mastbereich von etwa 200 bis 750 kg Lebendgewicht stark variiert und für die Bedarfsableitung eine rechnerische Aufteilung in Anfangs-, Mittel- und Endmast vorgenommen. Da aber zu vermuten ist, dass eine Fehlversorgung in der Anfangsmast zu einer Fehleinschätzung des Bedarfes in der Mittel- oder Endmast führt, wurden in weiteren Versuchsansätzen die Auswirkungen einer variierenden Rohproteinversorgung in der Mittel- und Endmast nach vorhergehender bedarfsorientierter Fütterung separat untersucht. Hierdurch sollten konkrete Empfehlungen zur Rohproteinversorgung in der dreiphasigen Mast von Fleckviehbullen abgeleitet werden. Die Untersuchungen waren Teil des bayrischen Aktionsprogrammes „Heimische Eiweißfuttermittel“.

Material und Methoden

Für Versuch 1 (Gesamtmast) standen 60 Fleckvieh-Jungbullen zur Verfügung, die auf fünf Gruppen mit je 12 Tieren, nach Alter und Gewicht aufgeteilt wurden. Die Jungbullen wurden mit einem Anfangsgewicht von etwa 216 ± 17 kg Lebendgewicht bei einem Alter von 148 ± 7 Tagen aufgestellt. Die Tiere wurden während des Versuchs im nicht wärmeisolierten Tretmistbereich des Bullenstalls in Grub gehalten. Die Bullen wurden über eine Totale Mischration (TMR), basierend auf Maissilage (68 % i.d. TM), Kraftfutter (29 % i.d. TM) und Gerstenstroh (3 % i.d. TM) versorgt. Die Rohproteinversorgung in den Gruppen blieb nach Rationsplanung über den gesamten Versuch bestehen. Es wurden fünf Proteinstufen gebildet, sodass der Bereich von deutlich unterhalb der Norm bis hin zur Überversorgung abgedeckt wurde. Um die unterschiedlichen Rohproteinstufen zwischen den Gruppen erzielen zu können, wurden durch Austausch von Sojaextraktionsschrot durch Trockenschnitzel und Weizen zwei Kraftfuttermischungen mit unterschiedlichen Rohproteingehalten erstellt. Diese beiden Kraftfutter wurden den Gesamtrationen im Verhältnis **0:100, 25:75, 50:50, 75:25** und **100:0** beigemischt, so dass der Rohproteingehalt der TMR in den Fütterungsgruppen in den Stufen 8,3; 10,3; 12,3; 14,4 und 16,4 % XP der TM (analysierte Gehalte im Mittel des gesamten Versuches) gestaffelt wurde. Die fünf Rationen waren hinsichtlich aller anderen Nährstoffe und dem Energiegehalt (11,5 MJ ME/kg TM) miteinander vergleichbar. Die Bullen wurden alle vier Wochen gewogen. Die Futterraufnahme wurde täglich über Wiegetröge mit automatischer Tiererkennung erfasst. Die Schlachtung erfolgte im LfL-eigenen Schlachthaus in Grub, wobei immer jeweils Einzeltiere aus einer Bucht bei Erreichen eines Alters von etwa 500 Tagen im Versuchsschlachthaus der LfL in Grub (Schlachttermine im Abstand von 1 Woche) geschlachtet wurden. Für die weiteren Auswertungen erfolgte eine Unterteilung in Anfangs-, Mittel-, und Endmast, welche die Lebendmassebereiche 200 - 350 kg, 350 - 550 kg und 550 bis 780 kg repräsentieren sollen. Das Ende eines Mastabschnittes ist durch das Erreichen des definierten Endge-

wichtes in der Gruppe mit maximalem Wachstum (Stufe 4, 14,4 % XP in der TM) definiert. Die Dauer der jeweiligen Mastabschnitte (68, 112 und 170 Tage) ist dementsprechend für alle Gruppen gleich.

Die Vorgehensweise in den weiteren Fütterungsversuchen war prinzipiell dem oben dargestellten Versuch vergleichbar. Im Versuch 2 (Mittelmast) wurden abweichend davon 72 Fleckvieh-Jungbullen bis zu einem Alter von 263 ± 10 Tagen (Anfangsmast, 100 Tage Dauer) einheitlich mit einer TMR (11,7 MJ ME/kg TM, 141 g XP/kg TM; Maissilage, Kraftfutter und Stroh) versorgt und dann gleichmäßig auf 6 Versuchsgruppen verteilt. Anschließend wurden die Gruppen 1 bis 5 über die Mittelmast (123 Tage Dauer) hinweg mit TMR mit XP-Gehalten von 9,2; 11,1; 13,1; 15,1 und 17,2 % in der TM gefüttert. Die Tiere der sechsten Versuchsgruppe (Gruppe H13) erhielten die TMR der Gruppe 11,1 % XP, die jedoch mit Futterharnstoff im Kraftfutter so ergänzt wurde, dass ein XP-Gehalt der TMR von 13,4 % in der TM erreicht wurde. Der Energiegehalt der TMR in der Mittelmast betrug 11,7 MJ ME/kg TM. Ab Beginn der Endmast bis zum Versuchsende (durchschnittlich 115 Tage Dauer) wurden die Gruppen 1 - 5 wieder einheitlich versorgt (TMR 12,2 % XP und 11,5 MJ ME/kg TM), in der sechsten Versuchsgruppe wurde weiterhin die harnstoffergänzte TMR vorgelegt, wobei hier ebenfalls Gehalte von 12,2 % XP und 11,5 MJ ME/kg in der TM erreicht wurden.

Im 3. Versuch zur XP-Versorgung von Fleckviehbullen (Endmast) erfolgte die differenzierte Rohproteinversorgung erst ab einem mittleren Gewicht von 490 ± 31 kg und einem Alter von 320 ± 9 Tagen. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden alle Bullen einheitlich über eine TMR mit einem XP-Gehalt von 13 % der TM und einem Energiegehalt von 11,2 MJ ME/kg TM versorgt. Weiterhin wurde in der Endmast eine 6. Versuchsgruppe (Versuchsgruppe H10) mitgeführt, in der die TMR bzw. das Kraftfutter mit dem niedrigsten XP-Gehalt so mit Futterharnstoff ergänzt wurde, dass der XP-Gehalt dem der 2. XP-Versorgungsstufe (9,8 % XP in der TM) entsprechen sollte. Abweichend von den oben dargestellten Bedingungen wurden die Bullen in diesem Versuch im Spaltenbodenbereich des Rinderstalles Grub aufgestellt. Die Schlachtung der Tiere erfolgte bei einem mittleren Alter von 514 ± 3 Tagen. Für die Versuchsgruppen 1 - 6 kamen Daten von 10, 10, 9, 11, 10, und 10 Tieren zur Auswertung. Die Rohnährstoffgehalte in den Futtermitteln wurden an Mischproben der Maissilage (wöchentlich), Kraftfutter (monatlich) und Stroh (alle 2 Monate) nach Weender analysiert (VDLUFA 1976); aus den Analysenwerten wurden die Energiegehalte nach GfE (1995) unter Nutzung der Verdaulichkeitswerte in den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) errechnet. Aus den Rohnährstoff- und Energiegehalten der Einzelkomponenten und der Zusammensetzung der TMR wurden die Rohnährstoff- und Energiegehalte der TMR ermittelt. Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SAS mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen den Gruppen sind mit unterschiedlichen Hochbuchstaben (SNK-Test) gekennzeichnet. Es kamen die Daten aller Tiere zur Auswertung. Eine Ableitung des Rohproteinbedarfes erfolgte mit Hilfe des broken-line-Modells (Prozedur NLIN in SAS) nach ROBBINS et al. (1979) und den Daten zu den täglichen Zuwachsleistungen. Weitere Angaben zu den Versuchen finden sich bei AICHNER et al. (2013a, b, c) und ETTLE et al. (2015a, b).

Ergebnisse

Versuch 1 (Gesamtmast)

In allen drei Mastabschnitten und damit auch in der Gesamtmast zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Versorgung auf die tägliche Futteraufnahme, wobei maximale Aufnahmen jeweils in der Stufe 14,4 % XP erreicht wurden (Tabelle 1). Neben der deutlich reduzierten Futteraufnahme bei niedrigen XP-Gehalten der Ration zeigte sich auch in der Stufe 16,4 % XP gegenüber der Gruppe 14,4 % XP ein Rückgang in der Futteraufnahme, wobei dieser Effekt in der Endmast am deutlichsten wurde. Die XP-Aufnahme stieg in allen 3 Mastabschnitten mit steigendem XP-Gehalt der Rationen an, während die tägliche ME-Aufnahme auf Grund der erniedrigten Futteraufnahme in der Gruppe 16,4 % XP nur bis zu einem XP-Gehalt der Ration von 14,4 % anstieg.

In der Anfangsmast (Versuchstag 1 - 68) zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Versorgung auf die Gewichtsentwicklung und die täglichen Zunahmen (Tabelle 2). Maximale Zunahmen wurden in der Stufe 14,4 % XP erreicht, eine weitere Steigerung des XP-Gehaltes der Ration

führte zu keiner weiteren Steigerung der Zuwachsraten. In der Mittelmast (Versuchstag 69 - 180) zeigten sich ähnliche Effekte des XP-Gehaltes der Ration auf die täglichen Zunahmen wie in der Anfangsmast. Allerdings wurde hier der Effekt einer XP-Übersorgung durch ein signifikantes ($p < 0,05$) Absinken der täglichen Zunahmen in der Gruppe 16,4 % XP gegenüber der Gruppe 14,4 % XP sichtbar. Auch in der Endmast waren die täglichen Zunahmen durch den XP-Gehalt der Rationen stark ($p < 0,05$) beeinflusst, wobei sich ein Plateau ab der Stufe 12,3 % XP abzeichnete. Im Mittel der gesamten Mast wurden in der Gruppe 16,4 % XP bei einem Endgewicht von 780 kg tägliche Zunahmen von etwa 1.600 g erreicht.

Versuch 2 (Mittelmast)

Dem Versuchsplan entsprechend war die tägliche Futter-, XP- und ME-Aufnahme während der Anfangsmast zwischen den Versuchsgruppen vergleichbar. Im Mittel wurde eine TM-, XP und ME-Aufnahme von 7,3 kg, 1.031 g und 85 MJ je Tag erreicht. In der Mittelmast stieg die Futteraufnahme mit steigendem XP-Gehalt der Ration an ($p < 0,05$), wobei in der Gruppe 15,1 % XP ein Maximum

Tabelle 1: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 1 (Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Anfangsmast (68 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	86 ± 2	106 ± 2	125 ± 2	145 ± 2	165 ± 2
TM-Aufnahme	kg/d	5,6 ± 0,4 ^a	5,9 ± 0,7 ^a	6,5 ± 0,6 ^b	7,1 ± 0,6 ^c	6,8 ± 0,5 ^{bc}
XP-Aufnahme	g/d	483 ± 33 ^a	626 ± 76 ^b	817 ± 79 ^c	1.026 ± 90 ^d	1.119 ± 76 ^c
ME-Aufnahme	MJ/d	64,6 ± 4,4 ^a	68,3 ± 8,3 ^a	75,3 ± 7,3 ^b	81,9 ± 7,1 ^c	78,8 ± 5,3 ^{bc}
Mittelmast (112 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	81 ± 3	101 ± 2	121 ± 2	141 ± 1	161 ± 2
TM-Aufnahme	kg/d	6,9 ± 0,6 ^a	7,7 ± 0,9 ^b	8,3 ± 0,4 ^c	9,1 ± 0,4 ^d	8,7 ± 0,6 ^{cd}
XP-Aufnahme	g/d	554 ± 45 ^a	775 ± 90 ^b	1.005 ± 50 ^c	1.282 ± 55 ^d	1.394 ± 94 ^e
ME-Aufnahme	MJ/d	78,1 ± 6,3 ^a	87,7 ± 10,2 ^b	95,2 ± 4,8 ^c	104,4 ± 4,4 ^d	99,6 ± 6,7 ^{cd}
Endmast (170 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	83 ± 5	103 ± 5	124 ± 5	144 ± 6	164 ± 6
TM-Aufnahme	kg/d	7,8 ± 0,8 ^a	9,7 ± 0,9 ^b	10,3 ± 0,9 ^{bc}	10,9 ± 0,9 ^c	10,0 ± 0,8 ^b
XP-Aufnahme	g/d	649 ± 64 ^a	1.001 ± 98 ^b	1.276 ± 108 ^c	1.576 ± 132 ^d	1.643 ± 131 ^d
ME-Aufnahme	MJ/d	89,1 ± 8,9 ^a	110,8 ± 10,8 ^b	118,0 ± 10,0 ^{bc}	125,2 ± 10,6 ^c	114,5 ± 9,2 ^b
Gesamtmast						
TM-Aufnahme	kg/d	7,1 ± 0,6 ^c	8,3 ± 0,8 ^b	8,9 ± 0,6 ^b	9,6 ± 0,6 ^a	8,9 ± 0,6 ^b
XP-Aufnahme	g/d	587 ± 45 ^c	857 ± 83 ^d	1.101 ± 77 ^c	1.377 ± 86 ^b	1.463 ± 102 ^a
ME-Aufnahme	MJ/d	80,9 ± 6,3 ^d	95,3 ± 9,3 ^c	102,6 ± 7,12 ^b	110,3 ± 6,9 ^a	102,9 ± 7,2 ^b

Tabelle 2: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf die Gewichtsentwicklung und tägliche Zunahmen in Versuch 1 (Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Anfangsmast						
Anfangsgewicht	kg	216 ± 13	216 ± 13	216 ± 16	216 ± 25	216 ± 17
Endgewicht	kg	279 ± 10 ^a	302 ± 18 ^b	327 ± 24 ^c	342 ± 26 ^c	339 ± 24 ^c
Zunahmen	g/d	925 ± 105 ^a	1.266 ± 152 ^b	1.623 ± 273 ^c	1.853 ± 254 ^d	1.811 ± 200 ^d
Mittelmast						
Endgewicht	kg	379 ± 18 ^a	449 ± 29 ^b	506 ± 23 ^c	552 ± 26 ^d	521 ± 34 ^c
Zunahmen	g/d	894 ± 112 ^a	1.311 ± 185 ^b	1.604 ± 159 ^c	1.878 ± 112 ^d	1.618 ± 227 ^c
Endmast						
Endgewicht	kg	543 ± 45 ^a	674 ± 34 ^b	741 ± 43 ^c	780 ± 45 ^d	741 ± 58 ^c
Zunahmen	g/d	920 ± 162 ^a	1.274 ± 173 ^b	1.324 ± 165 ^b	1.322 ± 273 ^b	1.253 ± 235 ^b
Gesamtmast						
Zunahmen	g/d	941 ± 115 ^c	1.307 ± 92 ^b	1.496 ± 118 ^a	1.607 ± 141 ^a	1.499 ± 142 ^a

erreicht wurde (Tabelle 3). Die Futteraufnahme in der mit Harnstoff supplementierten Gruppe ordnet sich im mittleren Bereich ein. In der Endmast lag die Futteraufnahme in jenen Gruppen niedriger, die während der Mittelmast Rationen mit höheren XP-Gehalten erhielten ($p < 0,05$) als die Vergleichsgruppen. Vor allem die Tiere in der Gruppe 9,2 % XP reagierten mit einem starken Anstieg der Futteraufnahme auf die Rationsumstellung. Die Tiere der harnstoffsupplementierten Gruppe lagen mit der TM-Aufnahme im unteren Bereich. Obwohl die XP- und ME-Gehalte der TMR in der Endmast zwischen den Gruppen gleich waren, ergaben sich aus den unterschiedlichen Futteraufnahmen auch deutliche ($p < 0,05$) Effekte auf die XP- und ME-Aufnahme in der Endmast.

Während der Anfangsmast zeigten sich nur zufällige Effekte auf die täglichen Zunahmen (durchschnittlich 1.624 g/Tag) und das Gewicht am Ende der Mastperiode (durchschnittlich 390 kg), was sich mit dem Versuchsplan und der einheitlichen Nährstoffversorgung deckt. In der Versuchsphase (Mittelmast) zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Konzentration der Ration auf die Gewichte am Ende dieser Phase und auf die täglichen Zunahmen (Tabelle 4). Das niedrigste Endgewicht wurde mit 530 kg in der Gruppe 9,2 % XP erreicht, das höchste Endgewicht mit 605 kg in der Gruppe 15,1 % XP. Die täglichen Zunahmen in der harnstoffsupplementierten Gruppe lagen in der Mittelmast auf demselben Niveau wie in der Gruppe 15,1 % XP. Während der Endmast sanken die täglichen Zunahmen von der Gruppe 9,2 % XP bis hin zur Gruppe 17,2 % XP in linearer Weise ab ($p < 0,05$). In der Gruppe 9,2 % XP und – weniger ausgeprägt – in der Gruppe 11,1 % XP stiegen die Zunahmen in Folge der Rationsumstellung (Erhöhung der XP-Gehalte in der Endmast)

stark an, was sich auch gut an der Gewichtsentwicklung nachverfolgen lässt.

Im Mittel der gesamten Mast ergaben sich in Abhängigkeit des XP-Gehaltes der Ration tägliche Zunahmen im Bereich von etwa 1.500 bis 1.590 g. Die hohen Zuwachsraten bei optimaler XP-Versorgung zeigen, dass in vorliegendem Versuch das Potential für hohe Leistungen insgesamt gegeben war. Bei der Schlachtung wurden verschiedene Schlachtleistungskriterien und Fleischparameter erfasst. Die Schlachtgewichte verliefen weitgehend analog den Endgewichten. Bei den übrigen Merkmalen zeigten sich nur leichte Effekte der XP-Versorgung in der Mittelmast. Lediglich die erhobenen Kenngrößen zum Fettgehalt der Tiere weisen auf eine stärkere Verfettung bei höheren XP-Gehalten der Ration bis zu 15,2 % XP in der TM hin, was in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen ist.

Versuch 3 (Endmast)

Die Futteraufnahme stieg zunächst in ähnlicher Weise wie in Versuch 1 mit zunehmendem XP-Gehalt der Ration an ($p < 0,05$), in der höchsten Versorgungsstufe ist wiederum ein tendenzieller Abfall im Vergleich zur Gruppe 13,6 % XP zu erkennen (Tabelle 5). Die Futteraufnahme in der Gruppe H10 unterschied sich nicht von der Futteraufnahme in der Gruppe 9,8 % XP. Während die XP-Aufnahme bis zur höchsten XP-Versorgungsstufe deutlich ($p < 0,05$) anstieg, ging die ME-Aufnahme aufgrund der verringerten Futteraufnahme in der höchsten XP-Versorgungsstufe im Vergleich zur Gruppe 13,6 % XP tendenziell wieder zurück.

Nach einer mittleren Versuchsdauer von 192 Tagen erreichten die Bullen in der Gruppe 7,9 % XP ein Stallendgewicht von 706 kg (Tabelle 6). Das Endgewicht stieg mit steigen-

Tabelle 3: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 2 (Mittelmast)

		9,2 % XP	11,1 % XP	Versuchsgruppe (XP in der TM)		17,2 % XP	H13
				13,1 % XP	15,1 % XP		
Mittelmast (123 Tage)							
TM-Aufnahme	kg/d	8,39 ± 0,75 ^b	9,01 ± 0,76 ^{ab}	9,43 ± 0,79 ^a	9,64 ± 0,56 ^a	9,09 ± 1,17 ^{ab}	8,74 ± 0,55 ^{ab}
XP-Aufnahme	g/d	764 ± 67 ^e	993 ± 84 ^d	1.229 ± 103 ^c	1.441 ± 82 ^b	1.548 ± 197 ^a	1.168 ± 73 ^c
ME-Aufnahme	MJ/d	97,8 ± 8,7 ^b	105,0 ± 8,8 ^{ab}	110,0 ± 9,2 ^a	112,0 ± 6,5 ^a	106,2 ± 13,6 ^{ab}	102,2 ± 6,5 ^{ab}
Endmast (98 Tage)							
TM-Aufnahme	kg/d	11,66 ± 1,06 ^a	11,07 ± 0,98 ^{ab}	11,26 ± 1,02 ^{ab}	10,61 ± 0,77 ^{ab}	10,02 ± 0,99 ^c	10,47 ± 0,91 ^{bc}
XP-Aufnahme	g/d	1.424 ± 130 ^a	1.352 ± 121 ^{abc}	1.376 ± 124 ^{ab}	1.295 ± 94 ^{abc}	1.225 ± 123 ^c	1.281 ± 113
ME-Aufnahme	MJ/d	133,7 ± 12,2 ^a	126,9 ± 11,3 ^{ab}	129,1 ± 11,7 ^a	121,6 ± 8,9 ^{ab}	114,9 ± 11,4 ^b	121,5 ± 10,6 ^{ab}
Gesamtmast							
TM-Aufnahme	kg/d	9,08 ± 0,67	8,68 ± 1,1	9,32 ± 0,76	9,22 ± 0,47	8,8 ± 0,79	8,72 ± 0,58
XP-Aufnahme	g/d	1.062 ± 76 ^d	1.090 ± 103 ^{cd}	1.211 ± 97 ^{ab}	1.268 ± 62 ^a	1.278 ± 118 ^a	1.153 ± 66 ^{bc}
ME-Aufnahme	MJ/d	105,2 ± 7,7	100,8 ± 12,5	108 ± 8,8	106,9 ± 5,4	102,2 ± 9,2	101,7 ± 6,7

Tabelle 4: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf die Gewichtsentwicklung und Zunahmen in Versuch 2 (Mittelmast)

		9,2 % XP	11,1 % XP	Versuchsgruppe (XP in der TM)		17,2 % XP	H13
				13,1 % XP	15,1 % XP		
Mittelmast							
Anfangsgewicht	kg	394 ± 30	391 ± 26	388 ± 32	392 ± 19	389 ± 30	389 ± 28
Endgewicht	kg	530 ± 48 ^b	566 ± 32 ^a	590 ± 40 ^a	605 ± 33 ^a	580 ± 49 ^a	602 ± 29 ^a
Zunahmen	g/d	1.107 ± 174 ^c	1.422 ± 171 ^b	1.644 ± 89 ^a	1.733 ± 155 ^a	1.554 ± 238 ^{ab}	1.727 ± 135 ^a
Endmast							
Endgewicht	kg	731 ± 69	752 ± 44	763 ± 55	759 ± 59	724 ± 64	771 ± 38
Zunahmen	g/d	1.783 ± 264 ^a	1.585 ± 144 ^{ab}	1.495 ± 200 ^{bc}	1.321 ± 288 ^{bc}	1.255 ± 232 ^c	1.382 ± 232 ^{bc}
Gesamtmast							
Zunahmen	g/d	1.495 ± 166	1.546 ± 98	1.579 ± 109	1.572 ± 159	1.469 ± 141	1.589 ± 121

dem XP-Gehalt der Ration deutlich ($p < 0,05$) an, wobei die Differenz von der niedrigsten zur „optimalen Versorgungsstufe“ 13,6 % XP 86 kg beträgt. Ähnlich verhielten sich auch die täglichen Zunahmen, wobei auch hier deutlich wird, dass sich eine Überversorgung an XP negativ auswirkt.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass in den höheren XP-Versorgungsstufen mit Zuwachsraten von über 1.600 g/Tier und Tag über die gesamte Mastperiode hinweg, auch im Vergleich zu früheren Versuchen sehr hohe Leistungen beobachtet wurden, was darauf hindeutet, dass im Versuch lediglich die XP-Versorgung das Wachstum limitierte. Obwohl der supplementierte Harnstoff in der Gruppe H10 analytisch wiedergefunden wurde, konnte die Gruppe H10 die in der Versuchsgruppe 9,8 % XP realisierten Futteraufnahmen und Zuwachsleistungen nicht erreichen, sondern ordnete sich bei beiden Parametern auf dem Niveau der Gruppe 7,9 % XP ein.

In den Tabellen 7 und 8 sind die zur Optimierung der täglichen Zuwachsleistung abgeleiteten notwendigen XP-Gehalte der Ration bzw. täglichen XP-Aufnahmen dargestellt. Der entsprechende XP-Gehalt lag in Abhängigkeit des jeweiligen Mastabschnittes bei 10,4 bis 13,7 % der TM, wobei sich besonders bei der Endmast erhebliche Un-

terschiede zwischen den beiden Versuchsansätzen ergaben. Grundsätzlich sank der optimale XP-Gehalt der Ration im Mastverlauf ab. Die zur Optimierung der täglichen Zunahmen notwendigen täglichen XP-Aufnahmen bewegten sich im Bereich von 900 bis 1.300g.

Diskussion

In allen vorgestellten Versuchen und Mastabschnitten zeigt sich innerhalb eines bestimmten Bereiches zunächst ein positiver Einfluss steigender XP-Gehalte der Ration auf die Futteraufnahme. Vergleichbare Effekte einer steigenden XP-Zufuhr auf die Futteraufnahme bei einer Steigerung der XP-Gehalte der Ration von 10,6 auf 16,4 % der TM ergaben sich auch in einer Untersuchung von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995) bei Fleckviehbullen, wobei darauf hingewiesen wird, dass deutliche Effekte auf die Futteraufnahme nur bei sehr niedrigen XP-Gehalten bzw. sehr weiter Spreizung der XP-Gehalte zwischen den Fütterungsgruppen zu erwarten sind. In vergleichbarer Weise wurde die Futteraufnahme in einer Untersuchung von STEINWIDDER et al. (2006) bei steigenden XP-Gehalten der Ration angehoben. Als ursächlich für den verzehrssteigernden Effekt steigender XP-Gehalte der Ration werden

Tabelle 5: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 3 (Endmast)

		7,9 % XP	9,8 % XP	Versuchsgruppe (XP in der TM)			H10
				11,7 % XP	13,6 % XP	15,5 % XP	
TM-Aufnahme	kg/d	9,46 ± 0,85 ^c	10,04 ± 0,77 ^{bc}	10,61 ± 0,84 ^{ab}	11,22 ± 0,67 ^a	10,53 ± 0,68 ^{ab}	9,55 ± 0,84 ^c
XP-Aufnahme	g/d	752 ± 71 ^c	989 ± 76 ^d	1.242 ± 99 ^c	1.520 ± 91 ^b	1.628 ± 105 ^a	964 ± 84 ^d
ME-Aufnahme	MJ/d	105 ± 9 ^c	112 ± 9 ^{bc}	119 ± 9 ^{ab}	126 ± 8 ^a	119 ± 8 ^{ab}	105 ± 9 ^c

Tabelle 6: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Gewichtsentwicklung und Zunahmen in Versuch 3 (Endmast)

		7,9 % XP	9,8 % XP	Versuchsgruppe (XP in der TM)			H10
				11,7 % XP	13,6 % XP	15,5 % XP	
Endmast							
Anfangsgewicht	kg	502 ± 35	505 ± 33	494 ± 29	489 ± 34	488 ± 22	501 ± 38
Endgewicht	kg	706 ± 49 ^b	742 ± 57 ^{ab}	780 ± 42 ^a	792 ± 50 ^a	777 ± 43 ^a	710 ± 52 ^b
Zunahmen	g/d	1.053 ± 156 ^b	1.231 ± 290 ^b	1.491 ± 130 ^a	1.584 ± 203 ^a	1.498 ± 135 ^a	1.083 ± 174 ^b
Gesamtmast							
Zunahmen	g/d	1.416 ± 112 ^c	1.526 ± 140 ^{bc}	1.649 ± 94 ^{ab}	1.683 ± 152 ^a	1.648 ± 115 ^{ab}	1.427 ± 135 ^c

Tabelle 7: Parameter der Bedarfsableitung zum optimalen XP-Gehalt der Ration (% der TM) nach dem broken-line Modell (Y = Zuwachs, g/Tag; x = XP-Gehalt, % der TM; X₀ = XP-Bedarf, % der TM)

Versuch	Mastabschnitt	Response-Bereich (Y=Zuwachs, g/d; X = XP, % TM)	Plateau (Zuwachs)	R ²	X ₀	± s.e.
1	Anfangsmast	Y = -619 + 179x	1.832 g/d	1,00	13,7 % XP d. TM	0,2
1	Mittelmast	Y = -521 + 177x	1.748 g/d	0,93	12,8 % XP d. TM	0,4
1	Endmast	Y = -549 + 177x	1.300 g/d	0,97	10,4 % XP d. TM	0,3
2	Mittelmast	Y = -350 + 159x	1.644 g/d	0,93	12,5 % XP d. TM	1,1
3	Endmast	Y = 119 + 116x	1.541 g/d	0,98	12,2 % XP d. TM	0,6

Tabelle 8: Parameter der Bedarfsableitung zur optimalen XP-Aufnahme (g/Tag) nach dem broken-line Modell (Y = Zuwachs, g/Tag; x = XP-Aufnahme, g/d; X₀ = XP-Bedarf, g/Tag)

Versuch	Mastabschnitt	Response-Bereich	Plateau	R ²	X ₀	± s.e.
1	Anfangsmast	Y = -61,7 + 2,10x	1.832 g/d	1,00	911 g XP/d	22
1	Mittelmast	Y = 47,9 + 1,57x	1.748 g/d	0,93	1.083 g XP/d	115
1	Endmast	Y = 267,0 + 1,00x	1.300 g/d	0,97	1.027 g XP/d	49
2	Mittelmast	Y = 56,0 + 1,37x	1.644 g/d	0,93	1.154 g XP/d	126
3	Endmast	Y = 369,0 + 0,90x	1.541 g/d	0,98	1.310 g XP/d	68

positive Effekte auf die Verdaulichkeit diskutiert, wie sie bei Hammeln im Bereich von 5 - 11 % XP in der TM deutlich nachgewiesen wurden (KREUZER et al. 1986). In vorliegender Arbeit zeigten sich entsprechende Effekte beim Hammel bei Verfütterung der Ration aus dem Versuch zur Endmast, nicht aber bei den Rationen aus dem Versuch zur Gesamtmast (Daten nicht dargestellt). In den hier dargestellten Versuchen zeigte sich durchgängig eine tendenziell sinkende Futteraufnahme in der höchsten XP-Versorgungsstufe im Vergleich zur optimalen Stufe. Diese Befunde decken sich nicht mit der zitierten Literatur, führen jedoch dazu, dass die ME-Aufnahme jeweils nicht bei der höchsten XP-Aufnahme maximiert ist.

Ausgehend von einem sehr geringen XP-Gehalt der Ration steigen die Endgewichte und die täglichen Zunahmen mit steigenden XP-Gehalten der Ration zunächst sehr stark an, was sich mit den Arbeiten von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995) und STEINWIDDER et al. (2006) deckt. Dieser Einfluss der XP-Versorgung auf die Mastleistung ist zunächst als direkter Einfluss der XP-Versorgung bzw. der Aminosäurenversorgung am Duodenum zu diskutieren. Darüber hinaus ergeben sich jedoch über den Einfluss auf die Futteraufnahme und die Energieversorgung weitere Effekte, die nur indirekt als Frage des XP-Bedarfes von Mastbulen zu sehen sind. Jeweils von der 4. zur höchsten XP-Versorgungsstufe zeigt sich ein Rückgang in den täglichen Zunahmen. Dieser Effekt ist zwar jeweils nicht signifikant, aber vom numerischen Wert teils doch beträchtlich und darüber hinaus in allen dargestellten Versuchen ersichtlich. Negative Auswirkungen hoher XP-Gehalte in der Ration von Fleckviehbulen auf die Zuwachsraten ergeben sich in Abhängigkeit der Energieversorgung auch bei SCHWARZ et al. (1995), wobei die Effekte deutlich geringer ausgeprägt sind als in vorliegender Arbeit. Leistungsdepressionen bei zu hoher XP-Versorgung sind durch den energieaufwändigen Prozess der Harnstoffsynthese zu erklären, der letztendlich auch eine verstärkte Leberbelastung darstellen kann. Stellvertretend für alle 3 Versuche sind dazu in *Tabelle 9* die Serumharnstoffgehalte der Bullen in Versuch 1 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Werte nicht nur bei marginaler Versorgung ansteigen, sondern bis zur höchsten XP-Versorgungsstufe. Der Serumharnstoffgehalt und der N-Gehalt im Harn sind nach Daten von KREUZER et al. (1986) eng korreliert. Dementsprechend zeigen die vorliegenden Daten auch, dass eine XP-Versorgung oberhalb des für das Wachstum benötigten Niveaus letztlich nur noch die N-Ausscheidungen erhöhen werden und dementsprechend negative Umweltwirkung haben können. Interessanterweise steigen die Harnstoffgehalte im Speichel nur bis zu einer XP-Konzentration der Ration von 14,4 % der TM an und stagnieren bei weiterer Steigerung des XP-Gehaltes der Ration. Dies kann dahingehend interpretiert

werden, dass der ruminohepatische Kreislauf bei noch steigenden Serumharnstoffgehalten übersättigt ist. Insgesamt ist ersichtlich, dass die Variation in der XP-Versorgung starke Umverteilungsreaktionen im Organismus bedingen. Die Verteilung des Harnstoffs auf verschiedene Organe bzw. Gewebe wird dadurch spezifisch durch die Regulation der Expression verschiedener Harnstofftransporter gesteuert, wie an Gewebeproben aus den vorliegenden Untersuchungen bei BRUGGER et al. (2014) gezeigt wird.

In vorliegender Arbeit wurde der Rohproteinbedarf in der Mast mit Fleckvieh mit Hilfe des broken-line-Modells (ROBBINS et al. 1979) abgeleitet. Die jeweiligen Modelle zur Bedarfsableitung werden kontrovers diskutiert. Beim broken-line-Modell entspricht der scharfe Knick in der response-Kurve nicht den physiologischen Gegebenheiten. Darüber hinaus liefert dieses Modell im Gegensatz zu anderen Verfahren, wie z.B. dem „Reading-Modell“ (FISHER et al. 1973) eher niedrigere Werte. SCHWARZ et al. (1995) stellen die Ergebnisse der Bedarfsableitung mit beiden Modellen nebeneinander, was es erlaubt, mittlere Werte anzunehmen. Bei vorliegendem Datenmaterial führte die Anwendung des Reading-Modells wiederholt zu Bedarfswerten jenseits des untersuchten Bereiches an XP-Konzentrationen. Aus diesem Grund wurde im Sinne der Vergleichbarkeit konsequent mit dem broken-line-Modell gearbeitet.

Zur vergleichenden Einordnung der aus der Bedarfsableitung resultierenden Werte wurden die Versorgungsempfehlungen der GfE (1995) herangezogen. Da in diesen Empfehlungen die vorliegend hohen Zuwachsraten und im Bereich der Endmast die hohen Endgewichte nicht abgebildet sind, wurde der Versuch unternommen, die Angaben der GfE (1995) zu extrapolieren (*Tabelle 10*), was kontrovers diskutiert werden kann. Im Bereich der Anfangsmast wurde der XP-Bedarf zur Maximierung der täglichen Zunahmen auf etwa 900 g/Tier und Tag geschätzt, was erheblich niedriger liegt, als die Versorgungsempfehlungen vermuten lassen. Die gültigen Versorgungsempfehlungen (GfE 1995) enthalten keine Angaben zum optimalen XP-Gehalt der Ration. Aus den Abschätzungen zur Futteraufnahme bei GfE (1995) und den Empfehlungen zur täglichen Rohproteinzufuhr im Bereich der Anfangsmast errechnet sich jedoch ein XP-Gehalt, der weit über den vorliegend abgeleiteten 13,7 % der TM liegt. Unabhängig von der bei GfE (1995) unterstellten und der im Versuch erreichten Energieversorgung ergibt sich vorliegend auch ein verhältnismäßig niedriges optimales XP/ME-Verhältnis.

Im Bereich der Mittelmast ergibt sich aus Versuch 2 eine erforderlich tägliche Aufnahme an XP von etwa 1.150 g zur Maximierung der täglichen Zunahmen im Bereich von 1.600 g, was gut mit den in Deutschland gültigen Versorgungsempfehlungen übereinstimmt. Da im Versuch

Tabelle 9: Einfluss des XP-Gehaltes der Ration auf die Serumharnstoffgehalte und den Gehalt an Harnstoff im Speichel (Versuch 1, Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Harnstoff	mg/dl, Tag 0	14,3 ± 4,5	13,0 ± 3,2	13,3 ± 8,0	14,6 ± 4,0	13,2 ± 5,6
Harnstoff	mg/dl, Tag 70	3,92 ± 2,47 ^d	5,55 ± 1,97 ^d	9,73 ± 4,72 ^c	17,99 ± 5,21 ^b	23,13 ± 4,25 ^a
Harnstoff	mg/dl, Tag 152	2,21 ± 1,14 ^e	5,79 ± 3,11 ^d	13,28 ± 4,59 ^c	22,35 ± 4,93 ^b	26,04 ± 4,06 ^a
Harnstoff	mg/dl, Tag 320	5,11 ± 3,03 ^d	7,44 ± 2,85 ^d	14,85 ± 4,11 ^c	24,25 ± 3,70 ^b	33,37 ± 4,34 ^a
Harnstoff im Speichel	mg/dl	6,3 ± 1,8 ^c	11,0 ± 3,4 ^c	20,0 ± 6,2 ^b	35,7 ± 9,6 ^a	34,0 ± 5,1 ^a

Tabelle 10: Gegenüberstellung des aus den Versuchen resultierenden XP-Bedarfes mit aus den Empfehlungen der GfE (1995) abgeleiteten Werten (nach GfE (1995) teils hochgerechnet, da tatsächliche Zunahmen und Endmastgewicht höher als tabelliert)

	XP g/Tag	TM kg/Tag	XP % TM	XP/ME g/MJ
Anfangsmast				
GfE, 1.800 g Zuwachs	1.098	6,0	18,2	13,5
Versuch 1, 1.830 g Zuwachs	911	6,4	13,7	11,7
Mittelmast				
GfE, 1.600 g Zuwachs	1.155	8,2	14,1	11,5
Versuch 2, 1.644 g Zuwachs	1.154	9,1	12,5	10,7
Endmast				
GfE, 1.500 g Zuwachs	1.260	10,0	12,2	10,7
Versuch 3, 1.540 g Zuwachs	1.310	10,4	12,2	10,9

jedoch sehr hohe Futteraufnahmen erreicht wurden, liegt der optimale XP-Gehalt der Ration mit 12,5 % der TM jedoch deutlich geringer als nach den aus GfE (1995) abgeleiteten Daten. Das aus vorliegendem Versuch abgeleitete anzustrebende XP/ME-Verhältnis von 10,7 g/MJ ME, liegt unter den Angaben bei GfE (1995) für die Mittelmast. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Energiekonzentration vorliegend mit 11,7 MJ ME/kg TM sehr hoch liegt. Aus dem Versuch zur Endmast lassen sich Versorgungsempfehlungen ableiten, die mit den Angaben bei GfE (1995) weitgehend in Einklang zu bringen sind. Zu berücksichtigen ist, dass die Angaben zur Endmast bei GfE (1995) einen anderen Gewichtsbereich umschreiben, als in vorliegender Untersuchung überprüft wurde. Insgesamt ergibt sich, dass für die Praxis die Futteraufnahme und der XP-Gehalt der Ration in die Versorgungsempfehlungen miteinzubeziehen sind. Dies ist auch deshalb von Bedeutung, da der XP-Gehalt der Ration wie gezeigt die Futteraufnahme stark beeinflusst. Für die Versuchsanstellung lässt sich ableiten, dass der XP-Bedarf für die verschiedenen Mastbereiche in separaten Untersuchungen abgeleitet werden sollte. Dies wird durch die starken kompensatorischen Wachstumseffekte im Versuch zur Mittelmast unterstrichen.

Empfehlungen für die Fütterungspraxis

Die aufgeführten Versuchsergebnisse wurden dem Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE zur Überprüfung und Weiterentwicklung der Empfehlungen von 1995 zur Verfügung gestellt. Eine Arbeitsgruppe fasst aktuell die insgesamt vorliegenden Ergebnisse zusammen, um für die aktuelle Situation mit höheren Endgewichten und höheren Zunahmen konkrete Empfehlungen abzuleiten. Die von der LfL für die Beratung genutzten „Gruber Tabellen“ stehen in ihren Empfehlungen zur konkreten Rationsgestaltung in weitgehender Übereinstimmung mit den hier dargestellten Versuchsergebnissen und werden daher bis zur Vorlage neuerer Empfehlungen der GfE genutzt.

Literatur

AICHNER, V.S., T. ETTLE, A. OBERMAIER, H. SPIEKERS und W. WINDISCH, 2013a: Effects of a varying crude protein supply on fattening performance of Simmental bulls. Proc. Soc. Nutr. Phys. 22, 116.

AICHNER, V.S., T. ETTLE, A. OBERMAIER, H. SPIEKERS und W. WINDISCH, 2013b: Untersuchungen zum Rohproteinbedarf in der intensiven Mast von Fleckviehbullen. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, Hrsg.: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 70-73.

AICHNER, V.S., T. ETTLE und W. WINDISCH, 2013c: Einfluss variierender XP-Versorgung auf leberspezifische Enzyme im Blutplasma, Abbauprodukte des Purinstoffwechsels und Morphologie der Pansenwand. Tagungsband 12. BOKU-Symposium Tierernährung, 48-52.

BRUGGER, D., S. FESER, T. ETTLE, W. WINDISCH und C. FAHN, 2014: Zum Einfluss einer variierenden Rohproteinversorgung von Mastbullen der Rasse Bayerisches Fleckvieh auf die gewebeübergreifende Genexpression spezifischer Harnstofftransporter. Tagungsband zur 52. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. (BAT), 83-88.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

ETTLE, T., A. OBERMAIER, V. AICHNER und W. WINDISCH, 2015a: Effects of a varying crude protein supply on fattening performance of finishing Simmental bulls. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 24, 170.

ETTLE, T., A. OBERMAIER und P. EDELMANN, 2015b: Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Mastbullen der Rasse Fleckvieh in der Mittelmast. 127. VDLUFA-Kongress, Kurzfassung der Referate, 109.

FISHER, L., T.R. MORRIS und A.C. JENNINGS, 1973: A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. Br. Poultry Sci. 14, 469-484.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 85 S.

KREUZER, M., M. KIRCHGESSNER, R.J. KELLNER und F.X. ROTH, 1986: Nährstoffverdaulichkeit, N-Stoffwechsel und Allantoinausscheidung von Hammeln bei Variation der Protein- und Energiekonzentration. J. Anim. Phys. Anim. Nutr. 55, 144-159.

ROBBINS, K.R., H.W. NORTON und D.H. BAKER, 1979: Estimation of nutrient requirements from growth data. J. Nutr. 109, 1710-1714.

SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1995: Zum Einfluß unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh- Jungbullen. 1. Mitteilung: Versuchsplan und Mastleistung. Züchtungskde. 67, 49-61.

SCHWARZ, F.J., M. KIRCHGESSNER, U. HEINDL und C. AUGUSTINI, 1995: Zum Einfluß unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh-Jungbullen. 2. Mitteilung: Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Auswirkungen auf den Rohproteinbedarf. Züchtungskde. 67, 62-74.

SPIEKERS, H., 2015: Ausrichtung der Milchviehfütterung in Bayern bei freien Märkten. In: LfL-Jahrestagung „Die bayerische Milchwirtschaft in freiem Wettbewerb“. LfL-Schriftenreihe 5/2015, 45-50.

STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, J. GASTEINER, A. SCHAUER, G. MAIERHOFER und J. HÄUSLER, 2006: Einfluss der Rohprotein- und Energieversorgung in der Fleckvieh-Jungbullenmast. Züchtungskde. 78, 136-152.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Aufl. incl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.