

## Einfluß der Protein-, Aminosäuren- und Energieversorgung auf die Mast- und Schlachtleistungsparameter beim Schwein

L. Le Bellego, Prof. Dr. J. Noblet<sup>1</sup> und J. van Milgen (INRA - Saint Gilles, Frankreich)

### Einleitung

In zahlreichen Versuchen, insbesondere an wachsenden Schweinen, konnte zweifelsfrei gezeigt werden, daß sich durch eine proteinabgesenkte Fütterung die Stickstoffausscheidung erheblich reduzieren läßt. Eine Absenkung des Rohproteingehalts im Futter um 1 % verringert die Stickstoffausscheidung um etwa 8 % - 12 % (DOURMAD et al., 1992; CANH et al., 1998). In der Praxis ist eine proteinreduzierte Mast teilweise mit niedrigeren Lebendmassezunahmen und geringeren Magerfleischanteilen im Schlachtkörper verbunden. Durch neuere Erkenntnisse im Bereich der Protein-, Aminosäuren- und Energieversorgung beim Mastschwein lassen sich diese negativen Effekte einer Rohproteinreduzierung vermeiden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, geeignete Fütterungsstrategien im Hinblick auf eine optimale Protein-, Aminosäuren- und Energieversorgung für das wachsende Schwein abzuleiten, indem die Ergebnisse aus vergangenen Untersuchungen diskutiert und den aktuellen Studien gegenübergestellt werden.

### Literaturübersicht

Im Rahmen dieser Literaturübersicht wurden insgesamt 46 Veröffentlichungen aus den Jahren 1986-1999 ausgewertet, die sich mit dem Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf die Mast- und Schlachtleistungsparameter beim Schwein befassen. In 52 % dieser Arbeiten war eine proteinarme Fütterung mit einer signifikanten Verminderung der Leistungsparameter (Stickstoffansatz bzw. Gewichtsentwicklung) verbunden, in etwa 65 % aller Studien korrelierte eine proteinabgesenkte Fütterung mit höheren Fettgehalten im Schlachtkörper.

Betrachtet man diese Ergebnisse etwas genauer, so ist festzustellen:

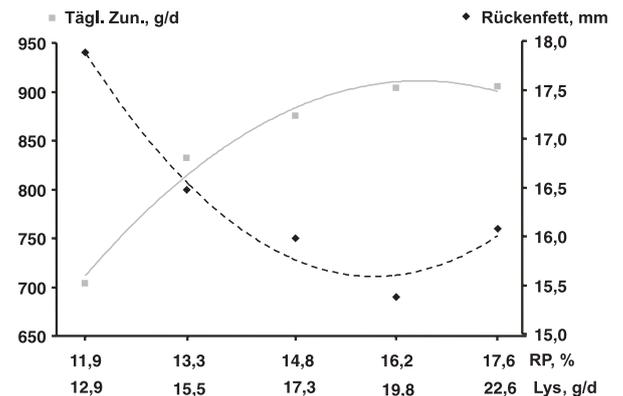
1. In allen Untersuchungen, bei denen die Rohproteinabsenkung im Futter ohne eine entsprechende Ergänzung mit freien Aminosäuren erfolgte (n = 13), kam es zu einer signifikanten Verschlechterung der Leistungsparameter, zumeist verbunden mit einem höheren Fettgehalt im Schlachtkörper (n = 11).
2. In den 22 der verbleibenden 33 Untersuchungen, bei denen die Proteinabsenkung durch eine gezielte Supplementierung mit freien Aminosäuren ausgeglichen wurde, war kein Einfluß auf die Leistungsparameter festzustellen, jedoch wurde in 11 dieser 22 Untersuchungen ein erhöhter Fettgehalt und damit geringere Magerfleischanteile im Schlachtkörper beobachtet.

Aus diesen Ergebnissen läßt sich schlußfolgern, daß eine Verminderung des Proteingehalts im Futter ohne Leistungseinbußen nur bei einer gezielten Zulage von freien Aminosäuren realisiert werden kann. Die trotz einer bedarfsgerechten Aminosäurenversorgung beobachteten höheren Fettgehalte im Schlachtkörper lassen auf eine höhere Energieaufnahme bzw. eine höhere Effizienz der Energieverwertung bei proteinarmer Ernährung schließen. Eine Proteinabsenkung im Futter beeinflußt also neben der Aminosäuren auch die Energieverwertung beim Schwein.

### Einfluß der Aminosäurenversorgung auf die Leistungsparameter beim Schwein

Die Untersuchungen von CASTELL et al. (1994) bestätigen, daß es bei einer Rohproteinabsenkung im Futter ohne eine entsprechende Zulage freier Aminosäuren, zu einer deutlichen Verschlechterung der Mastleistungs- und Schlachtleistungsparameter kommt (Abb. 1). Durch den Mangel an einer essentiellen Aminosäure, insbesondere an der erstlimitierenden Aminosäure Lysin, kann weniger Protein angesetzt werden, wodurch es zu einem Abfall im Gewichtszuwachs kommt. Da weniger Energie für den Proteinansatz benötigt wird, steht diese überschüssige Energie nun für Fettsatz zur Verfügung, der Fettgehalt im Schlachtkörper steigt.

**Abbildung 1: Rohproteinreduzierung ohne Aminosäurezulage**  
(CASTELL et al., 1994: Kastraten & weibliche Tiere mit 25 kg bis 98 kg LM)



Auch die Versuche von HOMB & MATRE (1989) bekräftigen diese Aussagen (Tab. 1). Die hier bei der Rohproteinabsenkung beobachtete Leistungsdepression konnte durch die Zulage von Lysin teilweise kompensiert werden. Abhängig vom Ausmaß der Rohproteinreduzierung können neben Lysin auch noch weitere essentielle Aminosäuren in Mangel geraten und damit einen negativen Einfluß auf wichtige Leistungsparameter ausüben. So wurde auch in dieser Unter-

**Tabelle 1 Rohproteinreduzierung mit Zulage freier Aminosäuren**

(HOMB & MATRE, 1989: Kastraten & weibliche Tiere von 24 kg bis 101 kg LM)

Ration	HP	NP	NP+Lys	NP+Lys +Thr+Met
RP, %	17,5	13,2	13,5	13,7
Lysin, %	0,89	0,60	0,90	0,90
Threonin, %	0,69	0,51	0,56	0,66
Met + Cys, %	0,69	0,56	0,56	0,66
Zunahmen, g/d	807 <sup>a</sup>	635 <sup>d</sup>	715 <sup>c</sup>	777 <sup>b</sup>
Met + Cys, % Lys	78	93	62	73
Threonin, % Lys	78	85	62	73

<sup>1</sup> INRA - 35590 Saint-Gilles, France (Jean.Noblet@st-gilles.rennes.inra.fr)

suchung die Leistung durch Zulage von Threonin und Methionin weiter verbessert.

Das Leistungsniveau der Tiere mit hoher Proteinversorgung konnte dennoch nicht ganz realisiert werden. Möglicherweise waren bei dieser geringen Proteinversorgung neben Lysin, Threonin und Methionin noch weitere essentielle Aminosäuren wie beispielsweise Tryptophan oder auch die verzweigt-kettigen Aminosäuren (Leucin, Valin, Isoleucin) leistungsbegrenzend.

Die im Versuch von KIES et al. (1992) (Tab. 2) bei geringerer Proteinversorgung, aber konstantem Lysingehalt der Ration, festgestellte tendenzielle Verschlechterung der täglichen Zunahmen und des Stickstoffansatzes läßt sich teilweise durch die Rationsformulierung auf Basis "Bruttoaminosäuren" erklären.

**Tabelle 2: Rohproteinreduzierung mit Zulage freier Aminosäuren**

(KIES et al., 1992: Kastraten & weibliche Tiere von 26 kg - 60 kg und 60 kg - 95 kg)

RP, %	18/16	15/13	12/10
Lysin, %	0,94	0,94	0,94
Met + Cys, % Lysin	63	60	60
Threonin, % Lysin	71	60	60
Tryptophan, % Lysin	23	19	19
N-Ansatz (26-60 kg), g/d/kg <sup>0,75</sup>	1,22	1,11	1,04
N-Ansatz (60-95 kg), g/d/kg <sup>0,75</sup>	1,08	1,10	0,94
LM-Zunahmen, g/d	845	840	820

In der Arbeit von JONDREVILLE et al. (1995) auf Basis verdaulicher Aminosäuren (Tab. 3) konnte der Stickstoffansatz bei geringerer Proteinversorgung signifikant verbessert werden. Die täglichen Zunahmen waren hier vom Rohprotein-gehalt der Ration unabhängig.

**Tabelle 3: Rohproteinreduzierung mit Zulage freier Aminosäuren (Basis: verdauliche AS)**

(JONDREVILLE et al., 1995: Kastraten & weibliche Tiere von 24 kg bis 60 kg LM)

RP, %	16,0	14,1 + AS
Lysin, %	0,83	0,83
Met + Cys, % Lysin	60	61
Threonin, % Lysin	61	61
Tryptophan, % Lysin	23	21
Futteraufnahme, g/d	1900	1900
LM-Zunahmen, g/d	784	789
N-Aufnahme, g/d	48,1	43,7
N-Ausscheidung, g/d	23,3 <sup>a</sup>	17,6 <sup>b</sup>
N-Ansatz, g/d	24,8 <sup>b</sup>	26,1 <sup>a</sup>

Die dargestellten Untersuchungen belegen, daß eine Rohproteinreduzierung im Futter nur dann ohne negative Auswirkungen auf wichtige Leistungsparameter beim Schwein bleiben, wenn neben Lysin in Abhängigkeit von der Höhe der Proteinversorgung auch noch weitere essentielle Amino-

säuren ergänzt werden. Die Bewertung der Aminosäuren in Futtermitteln für Schweine sollte grundsätzlich auf der Basis verdaulicher Aminosäuren erfolgen. Damit läßt sich die aktuelle Versorgungslage, d. h. die tatsächlich aus dem nativen Protein zur Deckung des Erhaltungs- und Leistungsbedarfs zur Verfügung stehende Menge an Aminosäuren am besten charakterisieren.

Als Richtwerte für die Versorgung mit essentiellen Aminosäuren gelten die Aminosäurenrelationen im "IDEALEN PROTEIN" (FULLER et al., 1989; HENRY, 1993)

Lysin	100
Met + Cys	> 60
Threonin	> 65
Tryptophan	> 20
Isoleucin	> 60
Leucin	> 111
Valin	> 70

### **Einfluß der Energieversorgung auf die Schlachtkörperqualität beim Schwein**

Im Versuch von NOBLET et al. (1987) (Tab. 4) hatte die Proteinabsenkung bei konstanter Lysinversorgung, keinen Einfluß auf die Gewichtsentwicklung der Tiere, jedoch erhöhte sich der tägliche Fettansatz bei einer geringeren Proteinversorgung signifikant von 523 g auf 539 g. Durch Energie-wechselmessungen in Respirationkammern konnte gezeigt werden, daß es bei einer proteinarmen Ernährung zu geringeren Energieverlusten in Form von Wärme kommt. Diese überschüssige Energie wird dann in Form von Fett angesetzt.

**Tabelle 4: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Energieverwertung**

(NOBLET et al., 1987: weibliche Tiere, 19,5 kg + 7 Wochen)

RP, %	17,8	15,3 + Lys	15,3
ME-Aufnahme, kJ/d	1258	1258	1258
Lysin-Aufnahme, g/d	12,9 <sup>a</sup>	12,8 <sup>a</sup>	10,8 <sup>b</sup>
LM-Zunahmen, g/d	700 <sup>a</sup>	699 <sup>a</sup>	649 <sup>b</sup>
Muskelanatz, g/d	338a	337 <sup>a</sup>	294 <sup>b</sup>
Fett, g/d	118 <sup>a</sup>	124 <sup>b</sup>	132 <sup>c</sup>
Energieansatz, kJ/d	523 <sup>a</sup>	539 <sup>b</sup>	539 <sup>b</sup>
Wärmeproduktion, kJ/d	735 <sup>a</sup>	719 <sup>b</sup>	719 <sup>b</sup>

Die aktuellen Versuchsreihen von LE BELLEGO et al. (2000) bestätigen ebenfalls diese Befunde. Im ersten Versuch wurden 4 Versuchsgruppen mit kontinuierlich von 18,9 % auf 12,3 % sinkenden Rohproteingehalten konzipiert. Um eine konstante Gewichtsentwicklung bei unterschiedlicher Rohproteinversorgung sicherzustellen, wurden in Abhängigkeit vom Proteingehalt im Futter neben Lysin auch Threonin, Methionin, Tryptophan, Valin und Isoleucin ergänzt (Tab. 5).

Auch hier zeigt sich, daß es bei einer geringeren Proteinversorgung zu einer verminderten Wärmeproduktion im Organismus kommt, was letztlich zu einem signifikant höheren Energieansatz im Schlachtkörper führt (Tab. 6).

**Tabelle 5: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Energieverwertung**

(LE BELLEGO et al., 2000: Kastraten mit 65 kg LM)

RP, %	18,9	16,7	14,6	12,3
Weizen + Mais, %	81,05	81,05	81,05	81,05
Sojaextraktionsschrot, %	7,00	7,00	7,00	7,00
Sojaprotein, %	8,70	5,80	2,90	-
Maisstärke, %	-	2,54	4,98	7,28
Mineralfutter	3,25	3,25	3,25	3,25
Freie Aminosäuren				
L-Lysin	-	0,20	0,39	0,58
DL-Methionin	-	0,05	0,11	0,18
L-Threonin	-	0,08	0,16	0,25
L-Tryptophan	-	0,03	0,05	0,08
L-Valine	-	-	0,03	0,14
L-Isoleucin	-	-	0,08	0,19

**Tabelle 6: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Energieverwertung**

(LE BELLEGO et al., 2000: Kastraten mit 65 kg LM)

RP, %	18,9	16,7	14,6	12,3
NE <sup>1</sup> , MJ/kg	10,25	10,35	10,44	10,51
verd. Lysin, g/MJ NE	0,76	0,76	0,76	0,76
N-Ansatz, g/d	32,8	30,7	29,8	29,0
LM-Zunahmen, g/d	1064	1035	1020	1050
Wärmeproduktion <sup>2</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,23 <sup>ab</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>
Energieansatz <sup>2</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,23 <sup>bc</sup>	1,25 <sup>c</sup>
NE <sub>gemessen</sub> /NE <sup>1</sup> , %	99,4	101,4	101,8	102,4

<sup>1</sup> NE = 0,703 x verd. Energie + 0,0066 x Fett + 0,0020 x Stärke - 0,0041 x Rohprotein - 0,0041 x Rohfaser (NOBLET et al., 1994)

<sup>2</sup> in MJ/d/kg LM 0,60; bei gleicher Aufnahme an verdaulicher Energie (im Ruheverhalten)

Werden diese Versuchsergebnisse auf eine konstante Nettoenergieaufnahme standardisiert (Tab. 7), ist kein signifikanter Einfluß der Rohproteinversorgung auf den Energieansatz festzustellen. Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, daß mit einer Energiebewertung auf Basis der Nettoenergie der Energieansatz und damit die Schlachtkörperqualität besser kontrolliert werden können, trotzdem es auch in diesem System, insbesondere bei sehr niedrigen Proteingehalten im Futter, zu einer leichten Unterschätzung der tatsächlich für den Stoffansatz zur Verfügung stehenden Energie kommt. Diese Befunde konnten auch in einer zweiten Studie (Rohproteinreduzierung von 17,4 % auf 13,9 % + Zulage freier Aminosäuren) bestätigt werden.

**Tabelle 7: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Energieverwertung**

(LE BELLEGO et al., 2000: Kastraten mit 65 kg LM)

Standardisierte NE-Aufnahme in MJ/d/kg LM 0,60 ( im Ruheverhalten)				
RP, %	18,9	16,7	14,6	12,3
NE	1,80			
Wärmeproduktion	1,29 <sup>a</sup>	1,23 <sup>b</sup>	1,19 <sup>c</sup>	1,17 <sup>c</sup>
Energieansatz	1,15	1,19	1,22	1,22

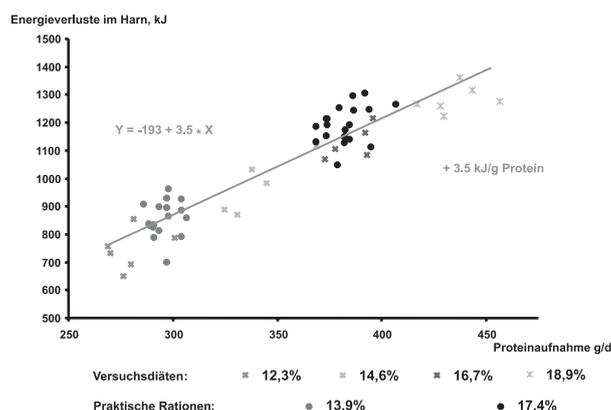
Der "Energiespareffekt" bei proteinarmer Fütterung beruht im wesentlichen auf zwei Säulen. Eine regressionsanalytische Auswertung der Versuchsreihen von LE BELLEGO (2000) soll dies verdeutlichen.

### 1. Energieverluste im Harn

In der Abbildung 2 ist der Energiegehalt im Harn in Abhängigkeit von der täglichen Rohproteinversorgung dargestellt. Man erkennt, daß mit sinkender Rohproteinaufnahme die Energieverluste über den Harn nahezu linear um etwa 3,5 kJ pro g Rohproteinreduzierung und Tag abnehmen. Diese geringeren Energieverluste werden im Nettoenergiesystem bzw. bei der Umsetzbaren Energie berücksichtigt, führen aber auf Basis verdaulicher Energie bei proteinarmen Rationen zu einer Unterschätzung der tatsächlich für den Stoffansatz zur Verfügung stehenden Energie.

**Abbildung 2: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Energieverluste im Harn**

(LE BELLEGO et al., 2000: 58 Kastraten mit 65 kg LM)



### 2. Energieverluste durch erhöhte Wärmeproduktion

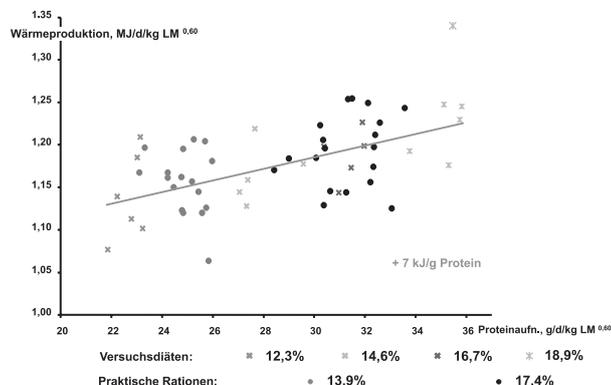
In der Abbildung 3 ist die Korrelation zwischen der Wärmeproduktion und der täglichen Proteinaufnahme dargestellt. Auch hier besteht ein nahezu linearer Zusammenhang, wobei eine tägliche Reduzierung der Rohproteinaufnahme um 1 g zu einer um 7 kJ geringeren Wärmeproduktion führt. Dem Tier stehen somit beim Austausch von 1 g Protein durch 1 g Stärke im Mittel etwa 7 kJ Nettoenergie mehr für den Stoffansatz zur Verfügung. Diese Tatsache wird bei der Futterbewertung auf Basis Umsetzbarer Energie nicht berücksichtigt. Die Bewertung von Schweinefuttermitteln sollte demnach, insbesondere im Hinblick auf eine optimale Schlachtkörperqualität, auf Basis der Nettoenergie erfolgen. Die Aminosäurenversorgung muß sich am Nettoenergiegehalt des Futters orientieren.

Die oben beschriebenen Fütterungskonzepte wurden in den Studien von CANH et al. (1998) (Tab. 8) und DOURMAD et al. (1993) (Tab. 9) berücksichtigt. Auf Basis der Nettoenergie und verdaulicher Gehalte an Aminosäuren konnte in diesen Untersuchungen der Rohproteingehalt von 16,5 % bis auf 12,5 % bzw. von 17,8 % auf 13,6 % reduziert werden ohne die Gewichtsentwicklung bzw. die Schlachtkörperqualität negativ zu beeinflussen.

**Abbildung 3: Einfluß des Rohproteingehalts auf die Wärmeproduktion**

(LE BELLEGO et al., 2000: 58 Kastraten mit 65 kg LM)

ME-Aufnahme = 2,33 MJ/Tag/kg LM 0,60 - im Ruheverhalten



**Tabelle 8: Rohproteinreduzierung mit Zulage freier Aminosäuren**

(CANH et al., 1998: Kastraten 55 kg bis 105 kg LM)

RP, %	16,5	14,5	12,5
Lysin, g/MJ NE	0,76	0,76	0,76
Met + Cys, % Lysin	65	65	65
Threonin, % Lysin	65	65	65
Tryptophan, % Lysin	23	23	23
N-Ansatz, g/d	23,60	22,61	21,96
LM- Zunahmen, g/d	793	819	795
Rückenfett, mm	15,2	15,4	15,9
Muskel, mm	56,9	56,5	57,0
Magerfleischanteil, %	57,2	57,1	56,7

**Tabelle 9: Rohproteinreduzierung mit Zulage freier Aminosäuren**

(DOURMAD et al., 1993; QUINIOU et al., 1994: Kastraten & weibl. Tiere 55 kg bis 105 kg LM)

RP, %	17,8	15,5	13,6
Lysin, g/MJ NE <sup>1</sup>	0,69	0,69	0,69
Met + Cys, % Lysin	60	60	60
Threonin, % Lysin	65	65	65
Tryptophan, % Lysin	18	18	18
Futteraufnahme, g/d	2292	2319	2307
LM-Zunahmen, g/d	846	867	852
Fett, %	19,1	18,4	19,3
Muskel, %	51,3	52,3	51,6

<sup>1</sup> NE = 0,703 x verd. Energie + 0,0066 x Fett + 0,0020 x Stärke - 0,0041 x Rohprotein - 0,0041 x Rohfaser (NOBLET et al., 1994)

**Schlußfolgerungen**

Neuere Literaturergebnisse bestätigen, daß der Rohproteingehalt im Futter für Schweine deutlich reduziert werden kann, ohne dabei Mastleistungs- und Schlachtleistungsparemeter negativ zu beeinflussen.

Bei der Rationsformulierung sollten aber die folgenden Überlegungen mit berücksichtigt werden:

- => Energiebewertung auf Basis der Nettoenergie
- => Aminosäurenbewertung auf Basis verdaulicher Aminosäuren
- => konstantes Lysin/Nettoenergieverhältnis im Futter
- => Aminosäurenrelationen entsprechend der Vorgaben im "Idealen Protein"

**Hauptliteraturquellen<sup>2</sup>**

CANH T.T. et al.(1998): Livestock Production Science 56:181-191

CASTELL A.G. et al. (1994): Canadian Journal of Animal Science 74:519-528

DOURMAD J. Y. et al. (1993): EAAP Publication n° 69, 206-211

FULLER M.F. et al. (1989): British Journal of Nutrition 62:255-267

HENRY Y., (1993): INRA Productions Animales 6:199-212

HOMB T. & MATRE T. (1989): Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition 61:68-74

JONDREVILLE C. et al. (1995): Journées de la Recherche Porcine en France 27:279-284

KIES A. et al., (1992): Journées de la Recherche Porcine en France 24:219-226

LE BELLEGO L. et al. (2000): Journées de la Recherche Porcine en France 32

NOBLET J. et al. (1987): Journal of Animal Science 65:717-726

QUINIOU N. et al. (1994): Journées de la Recherche Porcine en France 26:91-96

Tabellenwerk: Ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren in Futtermitteln für Schweine, ITCF & EUROLYSINE (1995)

Software: - "Net energy calculator" Eurolysine (1998) auf Anfrage bei Lohmann Animal Health GmbH & Co.KG erhältlich

<sup>2</sup> Die komplette Literaturliste ist auf Anfrage bei den Autoren erhältlich