

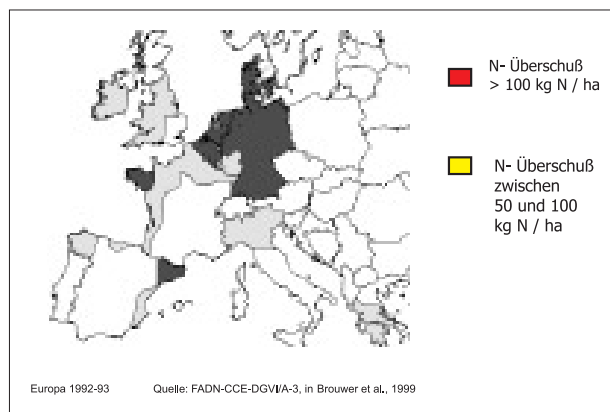
Aktuelle Fütterungskonzepte zur Verminderung der Stickstoffausscheidung beim Schwein

Claire Relandeau (Paris)

Einleitung

Aufgrund zunehmender Umweltbelastung gerät die moderne Tierproduktion einerseits immer mehr unter Druck, andererseits müssen die Produktionskosten in der Landwirtschaft auch weiterhin so gering wie möglich gehalten werden. Verschiedene politische Maßnahmen (z. B. Nitrat-Richtlinie 91/676/EG) können in bestimmten Regionen einen direkten Einfluß auf die bestehenden Bestandsobergrenzen ausüben (Abb. 1).

Abbildung 1: Stickstoffüberschuß in Europa



Es gilt deshalb nach technischen Möglichkeiten zu suchen, die es auch in besonders betroffenen Gebieten ermöglichen, die verschärften Umweltauflagen zu erfüllen, ohne dabei den Tierbestand reduzieren zu müssen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Lösungen zu finden, die das Problem einer zu hohen Stickstoffausscheidung direkt an der Wurzel anpacken. Dabei nimmt eine dem Bedarf angepaßte Rohprotein- bzw. Aminosäurenversorgung eine Schlüsselstellung im Hinblick auf eine umweltverträgliche Tierproduktion ein.

Das Ziel dieses Beitrages ist es, einen Überblick über die Bedeutung und die Möglichkeiten einer proteinreduzierten Fütterung beim Schwein zu geben. Dabei stellen sich vor allem folgende Fragen:

- Welche Vorteile für die Umwelt können wir erwarten?
- Wie läßt sich eine proteinabgesenkte Fütterung ohne negative Einflüsse auf Leistungsparameter und Schlachtkörperqualität in der Praxis realisieren?
- Wo liegen die ökonomischen Grenzen und Perspektiven?

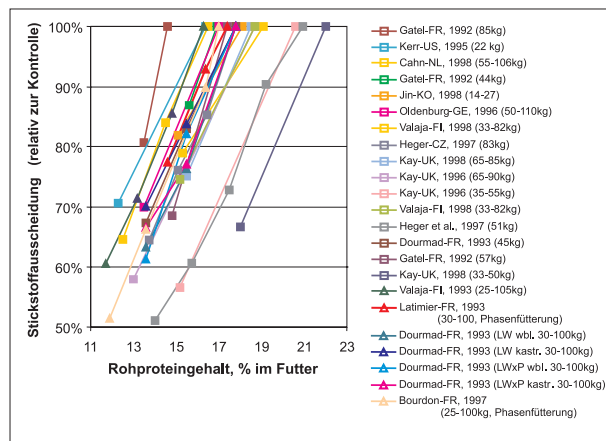
Welche Vorteile für die Umwelt können wir erwarten?

Zunächst soll anhand einer Literaturübersicht der Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf die Stickstoffausscheidung beim Schwein quantifiziert werden. Hierfür wurde nur Originalliteratur ausgewählt, in der eine Basisdiät mit einer oder mehreren proteinreduzierten Versuchsdiäten verglichen wurde. Die Konzentration an den erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Threonin, Methionin und Tryptophan konnte in den proteinreduzierten Versuchsdiäten durch Supplementierung mit freien Aminosäuren konstant gehalten

werden. Als Versuchsparameter kamen die Stickstoffausscheidung sowie die Gewichtsentwicklung der Schweine zur Auswertung.

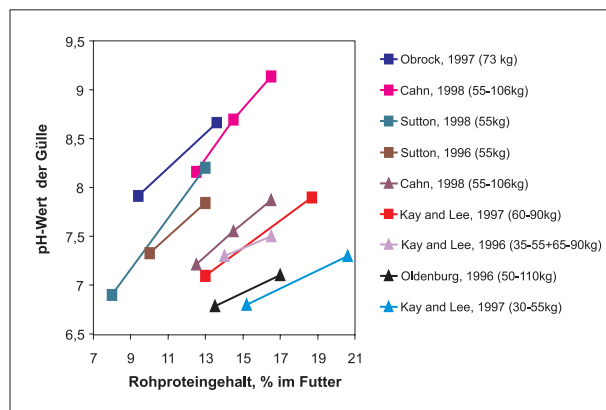
Durch eine proteinarme Fütterung läßt sich die Stickstoffausscheidung um bis zu 50 % reduzieren (Abb. 2). Dabei besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem Rohproteinanteil im Futter und der Höhe der Stickstoffausscheidung. Im Mittel aller Untersuchungen konnte die Stickstoffbelastung mit einem Prozentpunkt Rohproteinabsenkung um nahezu 10 % verringert werden.

Abbildung 2: Einfluß einer Rohproteinabsenkung auf die Stickstoffausscheidung beim Schwein



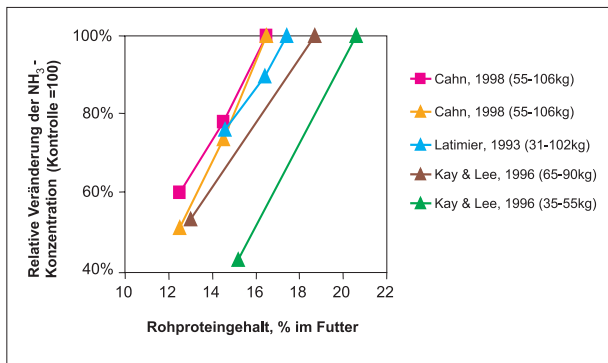
Den Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der Gülle und dem Rohproteinanteil des Futters verdeutlicht die nächste Darstellung (Abb. 3). Man erkennt, daß bei einer Rohproteinreduzierung um 4 Prozentpunkte der pH-Wert der Gülle um etwa 0,5 Einheiten vermindert wird.

Abbildung 3: Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf den pH-Wert der Gülle



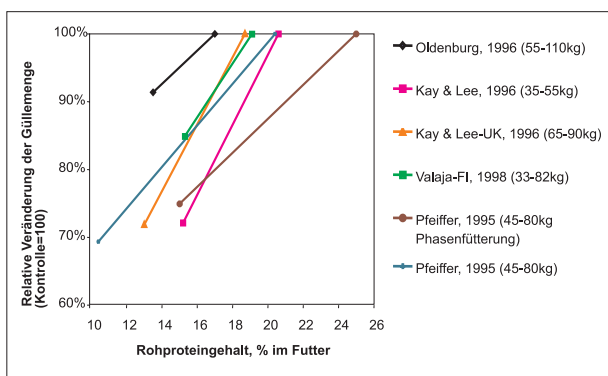
Diese Reduzierung des pH-Werts bei proteinarmer Fütterung führt zu einer deutlichen Einschränkung der Ammoniakemission (Abb. 4). Aus den vorliegenden Untersuchungen läßt sich ableiten, daß die Ammoniakfreisetzung pro einem Prozentpunkt Rohproteinabsenkung um etwa 10-13 % herabgesetzt wird. Insgesamt konnte in diesen Studien die Ammoniakemission mittels proteinabgesenkter Fütterung um ca. 40-60 % verringert werden. Eine dem Bedarf angepaßte Rohprotein- bzw. Aminosäurenversorgung ist also auch ein effektiver Weg um die Ammoniakemission sowie die daraus resultierende Geruchsbelastung aus der Schweinehaltung entscheidend zu begrenzen.

Abbildung 4: Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf die Höhe der Ammoniakemission



Da eine Proteinabsenkung im Futter zu einer geringeren Wasseraufnahme der Tiere führt, wird entsprechend weniger Gülle produziert (Abb 5). Wie die Untersuchungen zeigen, läßt sich durch eine proteinarme Fütterung die Güllemenge um bis zu 30 % vermindern.

Abbildung 5: Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf die Güllemenge



Die folgende Übersicht (Übersicht 1) faßt die Wirkungen einer proteinreduzierten Fütterung auf die Gesamtstickstoffausscheidung, den Ammoniakgehalt der Gülle, die Ammoniakemission sowie auf die Güllemenge zusammen.

Wie läßt sich nun eine proteinabgesenkte Fütterung in der Praxis realisieren?

Es wird häufig argumentiert, daß eine Absenkung des Proteingehalts im Futter zu einer Verschlechterung wichtiger Leistungsparameter sowie zu geringeren Magerfleischanteilen im Schlachtkörper führt. Um diese Zusammenhänge besser verständlich und damit kontrollierbar zu machen, sollen im

Übersicht 1: Umweltentlastung durch proteinreduzierte Fütterung beim Schwein

	Reduzierung des RP-Gehalts um 1 %	Maximaler Effekt
Gesamtstickstoff Ausscheidung	-8 - 10 %	-50 %
Ammoniakgehalt der Gülle	-11 %	-50 %
Ammoniakemission	-10 - 13 %	-60 %
Güllemenge	-3 - 5 %	-30 %

folgenden einige wichtige Grundsätze zur leistungsgerechten Aminosäuren- und Energieversorgung beim Schwein dargestellt werden.

Damit eine Proteinabsenkung im Futter ohne Leistungseinbußen realisiert werden kann, ist es von zentraler Bedeutung, das Aminosäurenmuster im Futter nach den Vorgaben des sogenannten „Idealen Proteins“ einzustellen. Das Konzept des „Idealen Proteins“ wurde von Wang & Fuller (1989) am Forschungsinstitut in Aberdeen entwickelt. Das „Ideale Protein“ beschreibt das für eine bestimmte Leistungsrichtung optimale Aminosäurenmuster im Futter, wobei alle essentiellen Aminosäuren in Relation zum Lysin ausgedrückt werden. Die Leistung kann dann weder durch Zulage noch durch Entfernen einzelner Aminosäuren verbessert werden.

Die Realisierung des „Idealen-Protein-Konzepts“ setzt natürlich die genaue Kenntnis der Aminosäuregehalte in den verwendeten Rohstoffen voraus. Die Bewertung der Rohstoffe sollte dabei stets auf Basis ileal verdaulicher Aminosäuren erfolgen. Es stellt sich die Frage:

Wie weit kann der Proteingehalt im Futter reduziert werden, ohne damit wichtige Leistungs- und Qualitätsmerkmale negativ zu beeinflussen?

Da der Monogastrier im eigentlichen Sinne keinen Bedarf an Rohprotein, sondern einen Bedarf an Aminosäuren hat, läßt sich der Rohproteingehalt im Futter im Grunde so weit absenken, bis die erste essentielle Aminosäure in Mangel gerät. Durch eine gezielte Supplementierung mit den industriell angebotenen essentiellen Aminosäuren wie Lysin, Threonin, Methionin und Tryptophan lassen sich die Vorgaben des „Idealen Proteins“ auch bei niedrigem Rohproteingehalt realisieren. Bezüglich dem Bedarf an nicht-essentiellen Aminosäuren konnte in mehreren N-Bilanzstudien an wachsenden Schweinen gezeigt werden, daß ein maximaler Proteinansatz erzielt wird, wenn essentielle und nicht-essentielle Aminosäuren in einem ausgewogenen Verhältnis von etwa 50 : 50 vorhanden sind (Wang u. Fuller, 1989; Lenis, 1999). Bei diesem Verhältnis liegen dann etwa 7 % Lysin im Protein vor (Übersicht 2).

Mit den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 6) konnte bestätigt werden, daß auch bei modernen, frohwüchsigen Zuchtlinien mit teilweise mehr als 900 g täglichen Zunahmen, durch eine Supplementierung der Ration mit L-Lysin, L-Threonin, DL-Methionin und L-Tryptophan der Proteingehalt im Endmastfutter ohne Leistungseinbußen bis auf etwa 12 % reduziert werden kann.

Übersicht 2: Grundsätze der Rohproteinreduzierung

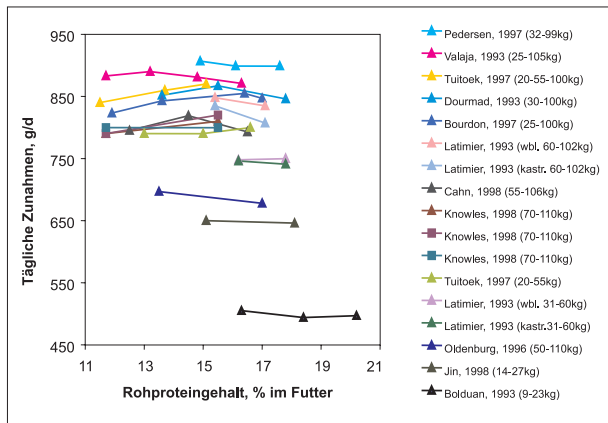
Grundsätze:

- Genaue Kenntnis der Aminosäuregehalte in den Rohstoffen
- Verwirklichung des "Idealen-Protein-Konzepts"
- Rationsformulierung auf Basis "ileal verdaulicher Aminosäuren"

Wo liegen die Grenzen der Proteinabsenkung ?

- EAA / NEAA : 50:50 - 55:45
Wang & Fuller (1989), Lenis (1999)
- Lys / RP : 6,5% - 7%
Wang & Fuller (1989), ARC (1981), Sève (1994)

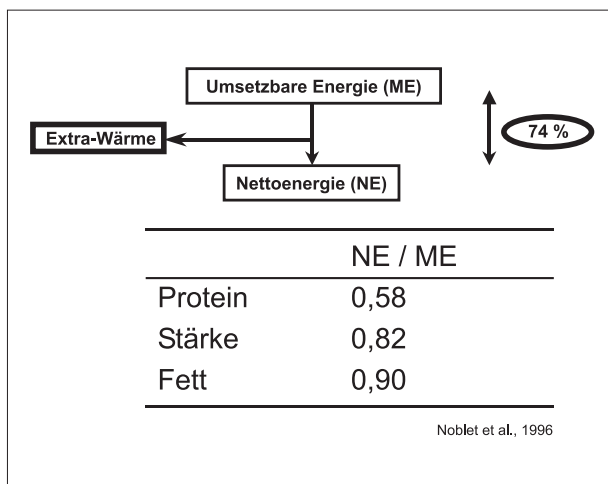
Abbildung 6: Einfluß einer Rohproteinabsenkung im Futter auf die täglichen Zunahmen beim Mastschwein



Wechselwirkungen zwischen Aminosäuren- und Energieversorgung

Da eine optimale Aminosäurenversorgung letztlich nur im Zusammenspiel mit einer bedarfsgerechten Energieversorgung zum Erfolg führt, sollen im folgenden auch die verschiedenen Energiebewertungssysteme beim Schwein näher beschrieben werden (Übersicht 3).

Übersicht 3: Von der Umsetzbaren Energie zur Nettoenergie



Zieht man die als Folge der Nahrungszufuhr entstehende „Extrawärme“ von der Umsetzbaren Energie ab, so kommt man zum Nettoenergiegehalt des Futters. Die Nettoenergie des Futters stellt letztlich den eigentlichen Energiegewinn für Erhaltung und Wachstum dar, den das Tier aus einer bestimmten Futtermenge erzielen kann. Im Mittel gehen dem Organismus durchschnittlich etwa 25 % der Umsetzbaren Energie durch die „Extrawärme“ verloren.

Wieviel „Extrawärme“ produziert wird, hängt entscheidend von den für die Energiegewinnung verwendeten Nährstoffen ab. So ergeben sich für die einzelnen Nährstoffe deutliche Unterschiede in der Verwertung. Wird beispielsweise Protein als Energiequelle verwendet, kann nur etwa 58 % der Umsetzbaren Energie als Nettoenergie genutzt werden. Im Gegensatz dazu weisen Stärke mit 82 % und Fett mit 90 % deutlich höhere Wirkungsgrade auf.

Der Nettoenergiegehalt des Futters läßt sich mit einer sehr hohen Schätzgenauigkeit anhand der Regressionformeln nach Noblet et al. (1994) aus der Verdaulichen Energie bzw. der Umsetzbaren Energie berechnen (Übersicht 4). Man erkennt, daß zur Berechnung der Nettoenergie eine negative Korrektur für den Rohprotein- und den Rohfasergehalt erfolgt, während der Rohfett- und der Rohstärkegehalt in den Schätzgleichungen positiv bewertet werden. Diese Regressionsgleichungen bilden auch die Grundlage der von Ajinomoto entwickelten Software - dem sogenannten "Net-Energy-Calculator" - mit dem sich die Nettoenergiegehalte aller gängigen Rohstoffkomponenten sehr bequem berechnen lassen (auf Anfrage bei LAH erhältlich).

Übersicht 4: Schätzgleichungen zur Berechnung der Nettoenergie des Futters

• NE = 0,703 DE - 0,0041 XP + 0,0066 XL - 0,0041 XF + 0,0020 S
 • NE = 0,730 ME - 0,0028 XP + 0,0055 XL - 0,0041 XF + 0,0015 S

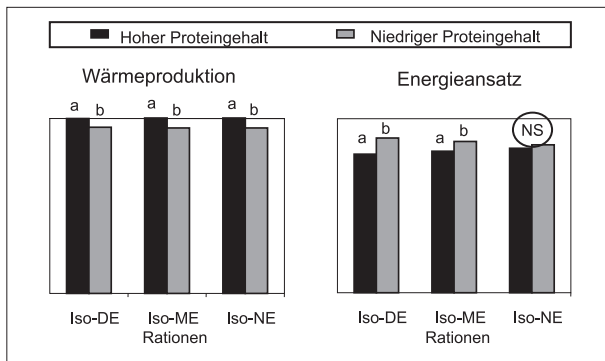
Noblet et al., 1994

Legend for abbreviations:

- NE Nettoenergie
- ME Umsetzbare Energie
- DE Verdauliche Energie
- XP Rohprotein
- XL Rohfett
- XF Rohfaser
- S Stärke

In einer praktischen Arbeit von Bellego und Noblet (1999) wurde untersucht, wie sich bei Verfütterung isoenergetischer Rationen (Iso-DE, Iso-ME bzw. Iso-NE) eine Proteinreduzierung auf die Wärmeproduktion bzw. auf die Höhe des Energieansatzes beim Schwein auswirkt (Abb. 7). Die Wärmeproduktion wurde mittels Gaswechsellmessungen erfaßt, der Energieansatz ließ sich anhand der Bilanzdaten kalkulieren. Erfolgte die Energiebewertung des Futters auf Basis der Verdaulichen Energie bzw. der Umsetzbaren Energie, so führte die hohe Wärmeproduktion bei proteinreicher Fütterung zu einer deutlichen Verminderung des Energieansatzes. Auf Basis konstanter Nettoenergie wurde der Energieansatz vom Rohproteingehalt der Ration nicht beeinflusst.

Abbildung 7: Energiebilanzdaten des Schweines in Abhängigkeit vom Proteingehalt im Futter



Diese Untersuchung bestätigt, daß bei geringer Proteinversorgung die tatsächlich für den Stoffansatz verfügbare Energie mit den Kriterien Verdauliche Energie bzw. Umsetzbare Energie häufig unterschätzt wird. Die überschüssige Energie ist dann häufig die Ursache für die unerwünscht hohen Fettgehalte im Schlachtkörper. Aus diesen Gründen sollte die Energiebewertung beim Mastschwein auf Basis der Nettoenergie erfolgen. Damit ließe sich insbesondere die Schlachtkörperqualität einfacher kontrollieren.

So konnte in einem Versuch von Dourmad (1993) auf Basis konstanter Nettoenergie und entsprechender Supplementierung mit freien Aminosäuren, der Rohproteingehalt von 17,8 % auf 13,6 % reduziert werden, ohne die Wachstumsleistung bzw. die Schlachtkörperqualität negativ zu beeinflussen (Tab. 1).

Tabelle 1: Auswirkung einer Rohproteinreduzierung im Futter auf Leistungsparameter und Schlachtkörperqualität

RP	17,8 %	15,5 %	13,6 %	
DE, MJ/kg	14,1	13,9	13,7	P<0,01
NE, MJ/kg	10,2	10,2	10,2	
Ileal verd. Lysin/NE, g/MJ	0,686	0,686	0,686	
Lys, brutto	0,87	0,84	0,82	
Thr/Lys	74 %	70 %	68 %	
Weizen, %	69 %	78 %	87 %	
SES, %	21 %	13 %	5 %	
L-Lys HCl, kg/t	-	2,3	4,6	
L-Thr, kg/t	-	0,8	1,7	
DL-Met, kg/t	-	0,2	0,5	
L-Trp, kg/t	-	-	0,2	
Tägl. Zun., g/d	846	867	852	NS
Futterverwertung	2,71	2,68	2,72	NS
Ausschlachtung, %	80,9	81,2	81,6	NS
Muskel, %	51,3	52,3	51,6	NS
Fett, %	19,1	18,4	19,3	NS

Ad libitum

Dourmad (1993)

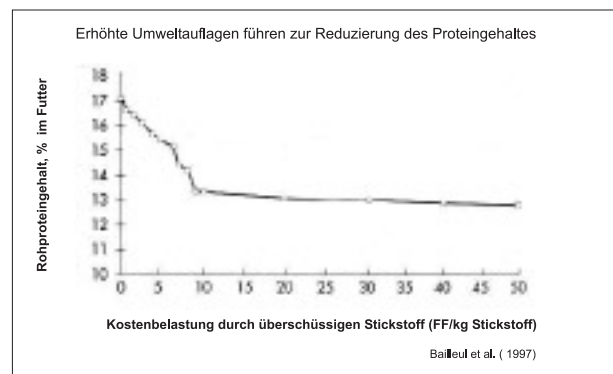
Wo liegen die ökonomischen Grenzen und Perspektiven einer Proteinabsenkung?

In der Praxis hängt der Einsatz von „Niedrig-Protein-Rationen“ in erster Linie von den damit verbundenen zusätzlichen Kosten ab. Kurzfristig wird der Rohproteingehalt im Futter entscheidend von den Kosten für die freien Aminosäuren sowie von der Preisdifferenz zwischen den Energie- und

Eiweißträgern bestimmt. Im letzten Teil dieses Vortrages sollen allerdings mehr die langfristigen Überlegungen im Hinblick auf zunehmende Umweltauflagen und unter dem Blickwinkel der Agenda 2000 besprochen werden.

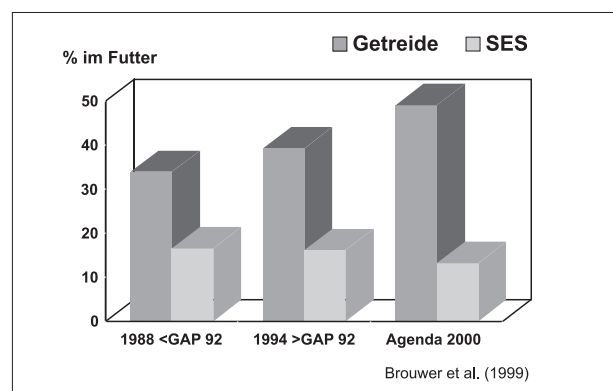
Der aus ökonomischer Sicht optimale Rohproteingehalt im Futter wird maßgeblich von den Entsorgungskosten für überschüssigen Stickstoff bestimmt (Abb. 8). Entsprechend dem Modell der Kostenminimierung ergibt sich mit steigenden Entsorgungskosten für Stickstoff ein relatives Preisvorteil für eine proteinreduzierte Fütterung. Dabei vermindert sich der optimale Proteingehalt im Futter mit Zunahme der Entsorgungskosten bis zu einem physiologisch festgelegten Minimum nahezu linear. Diese zusätzlichen Kosten sollten besonders in Regionen mit hoher Stickstoffbelastung pro Hektar bei der Optimierung berücksichtigt werden.

Abbildung 8: Minimierung der Futterkosten bei erhöhten Umweltauflagen



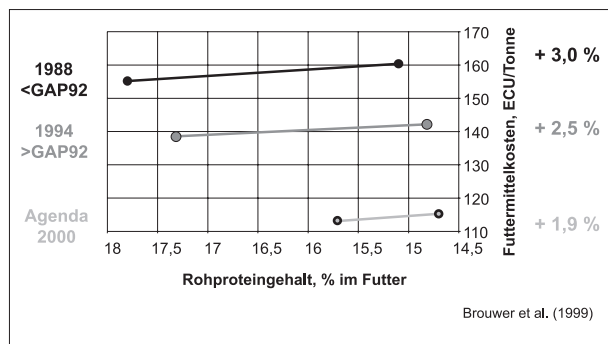
Als nächstes soll der Einfluß der GAP-Reformen auf die Höhe des Getreideanteils im Mischfutter näher beschrieben werden (Abb. 9). Bedingt durch die Beschlüsse der EG-Agrarpolitik 1992 fielen die Getreidepreise zwischen 1988 und 1994 um rund 25 %. Der Getreideanteil im Futter erhöhte sich entsprechend von 34 % auf 39 %. Gleichzeitig verringerte sich der Einsatz von Sojaextraktionsschrot in den Mischungen, was im Mittel zu geringeren Proteingehalten im Futter führte. Mit der Agenda 2000 werden die Getreidepreise stufenweise um weitere 10 % verringert. In dem hier dargestellten Modell nach Brouwer et al. (1999) hat dies zur Folge, daß der Getreideanteil im Mischfutter auf knapp 50 % ansteigen wird.

Abbildung 9: Einfluß der GAP-Reformen auf den Getreideanteil im Futter



Aufgrund sinkender Getreidepreise und des damit verbundenen höheren Getreideanteils im Mischfutter werden sich die zusätzlichen Futterkosten für eine proteinreduzierte Mast nach Inkrafttreten der Agenda 2000 weiter reduzieren (Abb. 10).

Abbildung 10: Einfluß der EG-Agrarpolitik auf den Proteingehalt im Schweinefutter und die damit verbundenen zusätzlichen Futterkosten



Schlußfolgerung

Aus den hier dargestellten Versuchen läßt sich zusammenfassen, daß durch eine Reduzierung des Rohproteingehalts im Futter die Stickstoffausscheidungen sowie die Ammoniakemissionen deutlich vermindert werden können. Durch eine gezielte Supplementierung mit den industriell hergestellten Aminosäuren kann der Proteingehalt im Futter ohne negative Auswirkungen auf Leistungsparameter und Schlachtkörperqualität deutlich verringert werden. Sinkende Interventionspreise für Getreide im Rahmen der Agenda 2000 werden sich positiv auf eine weitere Proteinabsenkung im Futter auswirken.

Literatur

ARC (Agricultural Research Council, 1981): The nutrient requirement of pigs Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Slough

Bolduan, G., Morgenthum, R., Beck, M. (1993): Reduced crude protein feeding in early weaned piglets results in better performance and health. *Krafftutter* n°4 : 134-136.

Bourdon D., Dourmad J.-Y. (1997): Reduction of nitrogen output in growing pigs by multiphase feeding with decreased protein level. 48th meeting of the EAAP. Commission on Pig production - session II. 25-28th August 1997, Vienna.

Cahn T.T., Aarninck A.J.A., Schutte J.B., Sutton A., Langhout D.J., Verstegen M.W.A. (1998): Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livestock Production Science* 56 p.181-191.

Cahn T.T., Schutte J.B., Aarninck A.J.A., Langhout D.J., Verstegen M.W.A. (1998): Reduction of ammonia emission by lowering protein content in diets of growing-finishing pigs. IMAG-DLO/ILOB TNO Rep. N°I98-31085. Wageningen. The Netherlands.

Dourmad J.-Y., Henry Y., Bourdon D., Quiniou N., Guillou, D. (1993): Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. Proceedings of the 1st International Symposium on nitrogen flow in pig production and environmental conse-

quences, Wageningen 8-11 June 1993. EAAP Publication n°69. p.206-211.

Gatel F., Grosjean F. (1992): Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. *Livestock Production Science*, 31. P.109-120.

Heger J., Mengesha S., Blaha J., Koch F. (1997): Estimation of minimum crude protein levels in diets for high-lean growth pigs. *Agribiol. Res.* 50, 1, 64-77.

Heinrichs, P. (1994): Einfluß einer eiweißreduzierten Fütterung von Mastschweinen auf die Stickstoffbilanzen sowie die Mast- und Schlachtleistungen. Dissertation des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG)

Jean dit Bailleul P., Rivest J., Pomar, C. (1997): Réduction de l'excrétion d'azote chez le porc en croissance par l'ajout d'un objectif environnemental dans l'algorithme traditionnel de formulation. Journées de la recherche porcine en France, Paris, Feb.4-7. N°29: 299-304.

Jin C.F., Kim H.H., Han, In K., Bae S.H. (1998): Effects of supplemental synthetic amino acids to the low protein diets on the performance of growing pigs. *AJAS* Vol.11, n°1, 1-7.

Kay R.M., Lee P.A. (1997): Ammonia emission from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. Proceedings of the International symposium on Ammonia and odour control from animal production facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 6-10 october, published by NVTL, Rosmalen, vol.1, 253-259.

Kay R.M., Lee P.A. (1996): The performance of growing-finishing pigs offered diets formulated to reduce nitrogen excretion. *Animal Science* 62:635

Kerr B.J., Easter R.A. (1995): Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 73:3000-3008.

Knowles T.A., Southern L.L., Bidder T.D., Kerr, B.J., Friesen K.G. (1998): Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 2818-2832.

Latimier P., Dourmad J.-Y. (1993): Effect of three feeding strategies for growing-finishing pigs on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air. Proceedings of the 1st international symposium on nitrogen flow in pig production and environmental consequences, Wageningen, The Netherlands. 8-11th June 199. EAAP Publication n°69, 1993. 242-246.

Le Bellego L., van Milgen J., Rademacher M., Van Cauwenberghe S., Noblet J. (1999): Effect of low protein diets on energy utilization in growing pigs. In Proceedings of American Society of Animal Science Meeting. Indianapolis:77, sup.1:196-197.

Lee P.A., Kay R.M. (1998): The effect of offering diets with a reduced crude protein and digestible energy content on the retention and excretion of nitrogen by pigs. Proceedings of the British Society of Animal Science, March 1998. p. 33.

Lenis, N, van Diepen H.Y.M., Bikker P., Jongbloed A.W., van der Meulen J. (1999): Effect of the Ratio Between Essential and Nonessential Amino Acids in the Diet on Utilization of Nitrogen and Amino Acids by Growing Pigs. *J.Anim.Sci.* 77:1777-1787.

Ajinomoto, Net Energy calculator (1996)

Noblet, J., Fortune H., Shi X.S., Dubois S. (1994): Predic-

- tion of net energy value of feeds for growing pigs. *J.Anim.Sci.* 72:344-354.
- Noblet, J. (1996): Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: comparison of energy systems. In: Recent advances in animal nutrition, edited by P. C. Garnsworthy, J. Wiseman, and W. Haresign, Nottingham:Nottingham University Press : 207-231.
- Obrock C., Miller P.S., Lewis A.J. (1997): The effects of reducing dietary crude protein concentration on odor in swine facilities. 1997 Nebraska Swine Report. P.14-16.
- Pedersen A.O, Balle K.M., Kjeldsen N. (1997): Reduced protein content in the feed for finishers. Proceedings of NJF-seminar n°274 Energy and protein evaluation for pigs in the nordic countries. Research center Foulum, DK, 9-10 April, P. 97-101.
- Pfeiffer A., Henkel H., Verstegen M.W.A., Philipczyk I. (1998): The influence of protein intake on water balance, flow rate and apparent digestibility of nutrients at the distal ileum in growing pigs. *Livestock Production Science* 44 p.179-187.
- Sève, B. (1994): Alimentation du porc en croissance : intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. *INRA Prod.Anim.* 7:275-291.
- Sutton, A.L., Kephart, K.B., Patterson, J.A., Mumma, R., Kelly, D.T., Bogus, E., Jones, D.D., Heber, A. (1996): Manipulating swine diets to reduce ammonia and odor emissions. Proceedings International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations. Midwest Plan Service. Publication n°C3. 445-452.
- Sutton A.L., Patterson J.A., Adeola O.L., Richert B.A., Kelly D.T., Heber A.J., Kephart K.B., Mumma R., Bogus E. (1998): Reducing sulfur-containing odors through diet manipulation. Proceedings Animal production systems and the environment. July 19-22 1998, Iowa US. 125-130.
- Tuitoek K., Young L.G., De Lange C.F.M., Kerr B.J. (1997): The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Science* 75:1575-1583.
- Tuitoek K., Young L.G., De Lange C.F.M., Kerr B.J. (1997): Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. *J. Anim. Science* 75:1584-1590.
- Valaja J., Alaviuhkola T., Suomi K. (1993): Reducing crude protein content with supplementation of synthetic lysine and threonine in barley-repaessed meal-pea diets for growing pigs. *Agric. Sci. Finl.* 2. 117-123.
- Valaja J. (1998): Effect of dietary crude protein and energy content on nitrogen utilisation, water intake and urinary output in growing pigs. *Agric. Sci. Finl.* 7. 381-390.
- Wang T. C. and Fuller M. F. (1989): The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs 1. Experiments by amino acid deletion. *J.Anim.Sci.* 62:77-89.