

Anpassung der Aminosäureversorgung an das Wachstumsvermögen von Schweinen

Prof. Dr. Andreas Susenbeth (Kiel)

Die mit dem Titel dieses Beitrags angesprochene Fragestellung ergibt sich aus der Beobachtung, dass Mast Schweine unterschiedlicher genetische Herkunft bei gleicher Rationszusammensetzung Unterschiede im Wachstum und in ihrer Körperzusammensetzung aufweisen oder dass sie verschieden auf eine Futteraufnahmesteigerung reagieren.

Die zurzeit in Deutschland gültigen Empfehlungen zur Versorgung mit Energie und Nährstoffen (GfE, 1987) sind nur unzureichend in der Lage, auf diese Frage eine Antwort zu geben. Es sind vor allem drei Kritikpunkte anzuführen:

1. Kann eine gleich hohe Wachstumsleistung bei unterschiedlichem Protein- und Fettansatz zustande kommen, was einen entsprechenden Unterschied im Energie- und Proteinbedarf nach sich zieht?
2. Können durch unterschiedliche Kombinationen in der Zufuhr von Energie, Protein bzw. Aminosäuren gleiche Wachstumsleistungen erzielt werden? Die Versorgungsempfehlungen gelten daher nur für eine mittlere Zusammensetzung des Körperzuwachses und lassen keinen Spielraum für ökonomische Betrachtungen außerhalb des vorgegebenen Rahmens zu.
3. Berücksichtigen sie darüber hinaus auch nicht die Energie- und Nährstoffwirkungen auf die Schlachtkörperzusammensetzung, welche bei einer umfassenden Rationsoptimierung mit einbezogen werden müssen? Die ausschließliche Orientierung der Energie- und Nährstoffversorgung an der Wachstumsleistung bzw. dem Futteraufwand wird daher den heutigen Erfordernissen nicht mehr gerecht.

Auf der anderen Seite muss jedoch deutlich herausgestellt werden, dass diese Versorgungsempfehlungen nach wie vor auch für hohe Leistungen Gültigkeit besitzen und als wichtige und sehr stabile Orientierungsgröße angesehen werden können.

Das Proteinansatzvermögen

Bei den Überlegungen zur Frage einer adäquaten Protein- und Aminosäureversorgung wachsender Tiere kommt der Kenntnis des Proteinansatzes eine entscheidende Bedeutung zu.

Tabelle 1: Bedeutung des Proteinansatzes für die Leistung beim Mastschwein

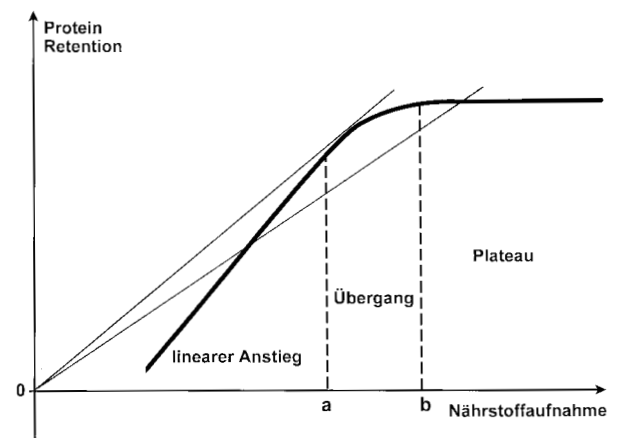
Proteinansatz g/d	Fettansatz g/d	Gewichtszuwachs g/d	Futteraufwand kg/kg	Muskelwachstum g/d
130	250	840	2,61	330
150	240	920	2,39	380

Körpergewicht: 60 kg Futteraufnahme: 2,20 kg/d: (13,0 MJ ME/kg)
 $ME_m = 0,475 \text{ MJ/kg BW}^{0,75}$ $kpf = 0,70$
 22 % XP in dFFS 56 % des Gesamtkörperproteins in Muskulatur
 1 g RP entspr. 2,55 g Muskelwachstum

In Tabelle 1 wird beispielhaft gezeigt, wie sich ein Unterschied im Proteinansatz (130 bzw. 150 g pro Tag) bei glei-

cher Futteraufnahme auf den Gewichtszuwachs, den Futteraufwand und das Muskelwachstum auswirkt. In der Regel ist es sinnvoll, das Proteinansatzvermögen der Tiere auszuschöpfen, um eine hohe Wachstumsleistung, einen geringen Futteraufwand und geringe Nährstoffverluste zu erreichen. Dabei sollte möglichst ein Versorgungsniveau realisiert werden, bei dem dieses Ansatzvermögen gerade noch erreicht werden kann, da eine geringere Versorgung die Leistung und u. U. auch die Nährstoffverwertung reduziert, eine Überversorgung die Leistung nicht weiter steigern kann und damit der Bereich einer optimalen Versorgung verlassen wird (Abb. 1).

Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Nährstoffwirkung auf den Proteinansatz



Man kann daher die Dosis-Wirkungs-Beziehung im wesentlichen in die nährstoffabhängige Phase, die weitgehend linear verläuft, und in die Plateauphase, die von der Nährstoffversorgung unabhängig ist und deren Höhe nur von den Eigenschaften der Tiere abhängt, unterteilen. Der Bereich des nicht-linearen Übergangs scheint für einige Aminosäuren sehr eng zu sein und soll in diesem Zusammenhang nicht näher untersucht und berücksichtigt werden.

Die experimentelle Bestimmung des theoretischen Proteinansatzvermögens ist jedoch wegen der begrenzten Energieaufnahme, auch bei günstigsten Haltungsbedingungen und energiereichen Rationen, zumindest für Tiere während der intensiven Wachstumsphase nicht möglich, während eine ausreichend hohe Versorgung mit Protein und Aminosäuren durch Anheben der jeweiligen Gehalte ohne Einschränkung realisiert werden kann. Eine zweckmäßige Definition des Proteinansatzvermögens, das auch experimentell bestimmt werden kann, ist dann nicht derjenige Proteinansatz, der nur durch die Eigenschaften des Tieres ohne jegliche Begrenzung durch die Ernährung erzielt werden könnte, sondern derjenige, der bei einer bestimmten Energieaufnahme ohne Begrenzung durch andere Nährstoffe erreicht wird. Das so bestimmte Proteinansatzvermögen gibt damit nicht das theoretische Potential an, das sich nur aus Dosis-Wirkungs-Beziehungen durch Extrapolation mit einer großen Unsicherheit

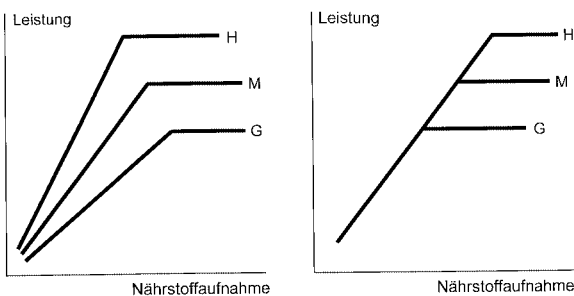
schätzen ließe, sondern den Proteinansatz, der mit Ausnahme der Energieaufnahme nicht von nutritiven Faktoren abhängt und die Faktoren von Seiten des Tieres wie Alter, Geschlecht und Rasse widerspiegelt. Das Proteinansatzvermögen entspricht dem in Abbildung 1 dargestellten Plateauwert.

Beeinflusst das Proteinansatzvermögen auch die nährstoffabhängige Phase?

Die Antwort auf diese Frage ist für die praktische Rationsgestaltung von nicht unerheblicher Bedeutung. Beeinflusst das Proteinansatzvermögen auch die nährstoffabhängige Phase der Dosis-Wirkungs-Beziehung, kann dieser Zusammenhang wie in der linken Graphik von Abbildung 2 dargestellt werden. Das heißt, dass Tiere mit unterschiedlichem Wachstumspotential bei submaximaler Aminosäurenversorgung unterschiedliche Leistungen aufweisen, was nur durch eine verbesserte Nährstoffverwertung möglich ist. Umgekehrt würde dies bedeuten, dass bei gleicher Leistung eine geringere Aminosäurenversorgung bei Tieren mit höherem Potential ausreicht. Unter maximaler Aminosäurenversorgung wird genauer das Aminosäureaufnahmelevel verstanden, bei dem das Proteinansatzvermögen gerade erreicht ist, also bei Beginn der Plateauphase. Aus Gründen der Vereinfachung wird jedoch hier auf die suboptimale Aminosäurenversorgung Bezug genommen (vergl. oben).

Wird jedoch der Proteinansatz in der nährstoffabhängigen Phase ausschließlich von der limitierenden Aminosäure bestimmt, besteht also keine Interaktion zwischen Nährstoffwirkung und Proteinansatzvermögen, muss der Zusammenhang zwischen Nährstoffaufnahme und Proteinansatzvermögen wie in der rechten Graphik von Abbildung 2 dargestellt werden. Trifft diese zu, dann kann sich die Überlegenheit eines Tieres erst bei sehr hoher Versorgung manifestieren, während eine submaximale Versorgung dazu führt, dass jegliche Unterschiede zwischen den Tieren aufgehoben werden. Als praktische Konsequenz würde sich daraus ergeben, dass in Betrieben, bei denen aufgrund der Haltungsverhältnisse nur mittlere Futteraufnahmen erreicht werden, eine Differenzierung von Futtermischungen für verschiedene Tierherkünfte nicht sinnvoll ist. Erst Haltungsverhältnisse, die hohe Futteraufnahmen zulassen, würden es sinnvoll machen, Tieren mit höherem Proteinansatzvermögen auch Rationen mit höheren Aminosäuregehalten anzubieten.

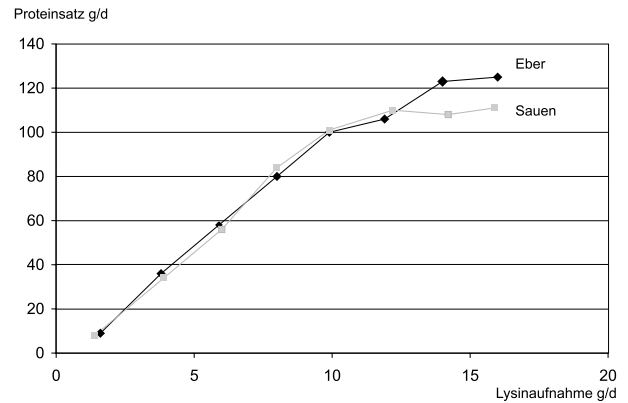
Abbildung 2: Mögliche Zusammenhänge zwischen Nährstoffwirkung und Proteinansatzvermögen



H, M, G = hohes, mittleres, geringes Leistungspotential

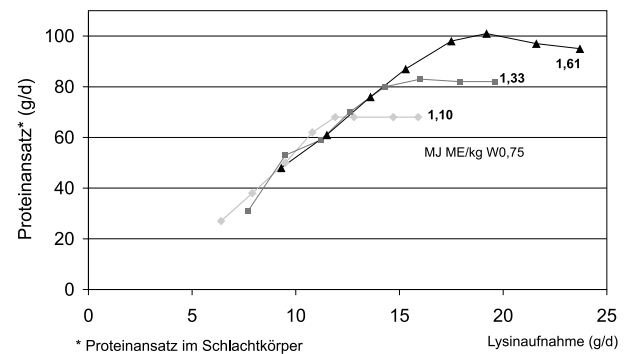
Dieser Frage soll im Folgenden anhand einiger besonders illustrativer und aussagefähiger Experimente nachgegangen werden. BATTERHAM und Mitarbeiter (1990) konnten zeigen, dass die Wirkung von Lysinaufnahmesteigerungen auf den Proteinansatz bei Ebern und Sauen nicht unterschiedlich war (Abb. 3). Erst bei relativ hoher Lysinversorgung wurde die Überlegenheit der Eber hinsichtlich ihres Proteinansatzvermögens deutlich.

Abbildung 3: Einfluss der Lysinaufnahme auf den Proteinansatz bei Ebern und Sauen im Gewichtsbereich 20 bis 45 kg (BATTERHAM et al., 1990)



Wie aus Abbildung 4 zu ersehen ist, wirkt sich auch das Energieaufnahmeniveau in entsprechender Weise auf die Lysinwirkung aus: Erst bei höherer Lysinaufnahme treten energieaufnahmebedingte Unterschiede im Proteinansatz auf, während bei submaximaler Aufnahme von Lysin keinerlei Unterschiede im Proteinansatz (trotz deutlicher Unterschiede in der Energieaufnahme) beobachtet wurden (CAMPBELL et al., 1985).

Abbildung 4: Einfluss der Lysinaufnahme auf den Proteinansatz bei unterschiedlicher Energieversorgung bei Schweine im Gewichtsbereich 20 bis 45 kg (CAMPBELL et al., 1985)



Auch in einer eigenen Untersuchung (SUSENBETH et al., 1999) konnte festgestellt werden, dass Tiere der Deutschen Landrasse und der Rasse Pietrain bei submaximaler Lysinaufnahme keinen Unterschied im Proteinansatz aufweisen. Diese und auch andere Experimente zei-

gen damit ganz klar die absolut dominierende Wirkung des erst-limitierenden Nährstoffs bzw. der erst-limitierenden Aminosäure, die in keiner Weise durch die Energieaufnahme oder durch Eigenschaften der Tiere beeinflusst oder modifiziert werden kann. Ein Einfluss von Seiten der Energieaufnahme und des Proteinansatzvermögens auf die Lysinverwertung bzw. Lysinwirkung ist damit nicht vorhanden.

Daraus ergeben sich u. a. folgende Konsequenzen: Tiere mit hohem Proteinansatzvermögen, bei denen jedoch aufgrund von Haltungseinflüssen oder begrenzter Nährstoffaufnahme dieses nicht ausgeschöpft wird, haben gegenüber weniger leistungsfähigeren keinen anderen Protein- bzw. Aminosäurenbedarf. Wird jedoch das Proteinansatzvermögen ausgeschöpft, unterscheiden sich die Herkünfte deutlich hinsichtlich ihrer Nährstoffansprüche. Eine Anpassung bzw. Differenzierung der Aminosäuregehalte in den Rationen ist dann sinnvoll. Eine weitere interessante Konsequenz ist, dass durch die Züchtung auf hohen Fleischanteil und geringen Futteraufwand die Höhe der Verwertung von Aminosäuren für den Ansatz nicht verändert wurde.

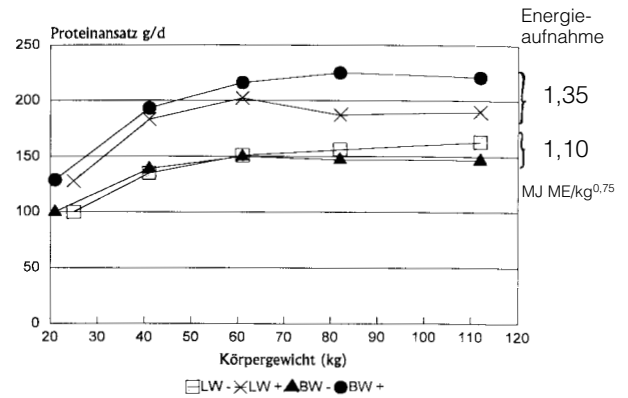
Erforderliche Lysingehalte im Futter zur Ausschöpfung des Proteinansatzvermögens

Weiterhin stellt sich die Frage, in welchem Umfang das Proteinansatzvermögen unterschiedlicher Genotypen bzw. das Energieaufnahmeniveau die zur Ausschöpfung dieses Vermögens erforderlichen Gehalte an Aminosäuren im Futter verändern. Dieser Zusammenhang soll exemplarisch anhand von Daten eines Versuchs dargestellt werden (SUSENBETH u. NICKL, 1994), bei dem die Forderung entsprechend der oben gemachten Definition des Proteinansatzvermögens erfüllt wurde. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese Daten nicht verallgemeinert werden können, da die Auswahl der Versuchstiere aufgrund der Stichprobengröße nicht als repräsentativ für die jeweilige Population angesehen werden kann.

In dieser Untersuchung wurde bei Kastraten der Rasse Large White und der Rasse (Large White x Deutsche Landrasse)x Pietrain bei zwei Energieaufnahmeniveaus der Proteinansatz im Verlauf der Mast mit Hilfe der N-Bilanz-Technik ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 dargestellt und zeigen, dass der Proteinansatz bei beiden Energieaufnahmeniveaus zunächst bis etwa 60 kg Körpergewicht ansteigt, dann aber ziemlich konstant bleibt. Der Effekt der Energieversorgung auf das Proteinansatzvermögen ist deutlich ausgeprägt. Interessant ist vor allem die Tatsache, dass sich das Proteinansatzvermögen bei etwas reduzierter Energieaufnahme zwischen den Herkünften nicht unterscheidet. Bei hoher Energieaufnahme sind klare Differenzen zu erkennen, die jedoch erst bei höheren Gewichten deutliche Ausmaße annehmen. Es besteht offensichtlich eine Interaktion zwischen Körpergewicht und Rasse hinsichtlich des Proteinansatzvermögens.

Mit Tabelle 2 wurde der Versuch unternommen, in Anlehnung an diese Ergebnisse den Lysingehalt im Futter abzuleiten, der zur Ausschöpfung des Proteinansatzvermögens erforderlich ist, wobei gewisse Rundungen vorgenommen wurden. Nicht weiter erklärungsbedürftig ist der abnehmende Lysingehalt mit zunehmendem Körpergewicht. Wird der Einfluss des Futter- bzw. des Energieaufnahmeniveaus betrachtet, ist deutlich, dass die Lysingehalte angehoben werden müssen. Dies zeigt, dass der

Abbildung 5: Proteinansatzvermögen im Verlauf des Wachstums von zwei Rassen bei unterschiedlicher Energieversorgung (LW = Large White, BW = (LW x Deutsche Landrasse) x Pietrain; SUSENBETH u. NICKL, 1994



Lysinbedarf gegenüber der Energieaufnahme überproportional ansteigt. Dieser Effekt ist jedoch bei den verschiedenen Rassen unterschiedlich stark und im Bereich der höchsten Zuwachsleistung am deutlichsten ausgeprägt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer generell hohen Aminosäurenversorgung bis in den Gewichtsbereich von 80 kg, erst bei höheren Gewichten sind dann deutlich geringere Gehalte ausreichend. Nicht ausgeschöpftes Wachstum kann zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr kompensiert werden.

Tabelle 2: Erforderliche Lysingehalte¹ im Futter (g/kg) zur Ausschöpfung des Proteinansatzvermögens (in Anlehnung an SUSENBETH u. NICKL, 1994)

Genotyp ²	Futteraufnahme-Niveau ³	Körpergewicht (kg)					
		20	40	60	80	100	120
Typ 1 und 2	mittel	13,0	11,0	9,5	8,0	7,0	<6,0 ⁴
Typ 1	hoch	13,0	11,0	10,5	8,5	7,0	<6,0 ⁴
Typ 2	hoch	13,0	11,5	11,0	9,5	7,0 ⁴	6,0 ⁴

¹ bei 13,0 MJ ME/kg Futter; bei höheren Energiegehalten ist eine Anpassung notwendig; die angegebenen Werte können nicht verallgemeinert werden
² Typ 1: mittlerer Fleischanteil (z. B. Large White). Typ 2: hoher Fleischanteil (z. B. Kreuzungen mit Pietrain), gültig nur für Kastrate
³ mittel/hoch entspr. 1,1 bzw. 1,35 MJ ME/kg metabolischem Körpergewicht; Gewichtszuwachs für Typ 1 und 2 mittel: 800 g/d, für Typ 1 hoch: 950 g/d, für Typ 2 hoch: 1000 g/d
⁴ Werte unsicher

Der Bedarf an anderen essentiellen Aminosäuren

Die Beziehung zwischen Lysinaufnahme und Proteinansatz bzw. die Lysinverwertung sind in der Literatur sehr gut dokumentiert und erlauben damit die Ableitung der erforderlichen Lysinversorgung für einen bestimmten Proteinansatz mit hoher Genauigkeit. Dieser Zusammenhang ist für die anderen essentiellen Aminosäuren teilweise gar nicht oder nicht ähnlich gut gesichert. Jedoch kann mit Hilfe der Kenntnis des Aminosäurenmusters im Futter-

protein, bei dem die maximale Verwertung des Proteins eintritt, und das mit dem Begriff „Ideales Protein“ beschrieben wird, zum einen die entsprechende Menge der jeweiligen Aminosäure bestimmt werden, die den Proteinansatz in gleicher Weise wie Lysin limitiert. Zum anderen kann bei Gehalten, die unterhalb der Relation im Idealen Protein liegen, der Effekt einer Zulage der jeweiligen Aminosäure abgeschätzt werden. In Relation zur Lysinwirkung entspricht die Wirkung einer anderen limitierenden Aminosäure auf den Proteinansatz dem reziproken Wert ihres relativen Anteils zum Lysin im Idealen Protein.

Die Zusammensetzung des Idealen Proteins ist in Tabelle 3 angegeben. Die Werte wurden aus verschiedenen Literaturquellen abgeleitet. Mit Hilfe der Kenntnis des Idealen Proteins ist es also möglich, entsprechende Gehaltswerte für die anderen essentiellen Aminosäuren festzulegen bzw. bei einem Mangel deren Wirkung auf den Proteinansatz und damit auf das Wachstum abzuschätzen.

Tabelle 3: Optimales Aminosäurenmuster im Futterprotein für das wachsende Schwein

Das „Ideale Protein“	
Lysin (6,5 g/16 g N)	100
Methionin + Cystin	50-55
Threonin	65-70
Tryptophan	17-19*
Valin	65-75
Isoleucin	50-60
Leucin	95-110
Histidin	30-40
Tyrosin + Phenylalanin	95-110
Ess. AS : nicht-ess. AS	40 : 60

* bei hoher Lysinaufnahme

Schlussfolgerungen

1. Die Züchtung von Tieren auf hohen Muskelfleischanteil und geringen Futteraufwand hat die Effizienz der Verwertung von Aminosäuren nicht verändert.
2. Bei mittlerer Futteraufnahme unterscheiden sich die Genotypen nur geringfügig hinsichtlich ihrer Leistung. Hieraus resultiert ein kaum unterschiedlicher Aminosäurenbedarf bei mittlerer Leistung.
3. Bei hoher Futteraufnahme und hohen Zuwachsleistungen sind Unterschiede im Proteinansatzvermögen zwischen den Genotypen deutlich ausgeprägt. Hier ist eine entsprechende Anpassung der Aminosäuregehalte im Futter sinnvoll.
4. Voraussetzung für die präzise Ableitung einer adäquaten Aminosäurenversorgung ist die Kenntnis des Proteinansatzvermögens, das für jeden Genotyp und jeden Gewichtsabschnitt bekannt sein muss. Auf diesem Gebiet sind die Kenntnisse jedoch noch sehr lückenhaft.

Zitierte Literatur

BATTERHAM, E.S., L.M. ANDERSEN, D.R. BAIGENT, E. WHITE (1990): Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. *Br. J. Nutr.* 64, 81-94

CAMPBELL, R.G., M.R. TAVERNER, D.M. CURIC (1985): The influence of feeding level on the protein requirement of pigs between 20 and 45 kg. *Anim. Prod.* 40, 489-496

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. DLG Verlag, Frankfurt (Main)

SUSENBETH, A., E. NICKL (1994): Ableitung des Aminosäurenbedarfs von Schweinen mit unterschiedlichem Wachstumsvermögen. *Fleck Verlag, Niederkleen*, 39-41

SUSENBETH, A., T. DICKEL, A. DIEKENHORST, D HOHLER (1999): The effect of energy intake, genotype, and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. *J. Anim. Sci.* 77, 2985-2989