

Aus dem Institut für Tierernährung

Gerhard Flachowsky

**Tierernährung : Gras, Getreide, Wasser - und was noch
in der Tierernährung im Jahre 2025?**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 262,
pp. 81-92

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2003**

Tierernährung

Gras, Getreide, Wasser –und was noch in der Tierernährung im Jahre 2025?

Gerhard Flachowsky*

Die Zielstellung für die Fachdisziplin Tierernährung bei der Fleischerzeugung kann als Ressourcen schonende Produktion (minimaler Einsatz von Fläche, Wasser, Energie, Nährstoffe u. a. je erzeugtes Produkt) von qualitativ hochwertigem Fleisch mit geringstmöglichem Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen mit Hilfe gesunder Tiere unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte definiert werden. Die Tierernährung ist als eine mehr reagierende oder unterstützende Fachdisziplin zu betrachten, da die Maßnahmen meist Einfluss auf Tier, Mensch und Umwelt haben können. Die Sensibilisierung vieler Mitbürger zu den Themen Tierschutz, -haltung und -gesundheit, Lebensmittelsicherheit und Umwelt ist in Europa, dabei vor allem in Deutschland, viel stärker ausgeprägt als in anderen Ländern. In Ländern, in denen gegenwärtig keine ausreichende Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Lebensmitteln tierischer Herkunft garantiert werden kann, haben diese Themen einen anderen Stellenwert. Auf ethische Aspekte der Fleischerzeugung wurde bereits im ersten Beitrag dieses Tagungsbandes hingewiesen.

Diese Vorbemerkungen erscheinen notwendig, um das begrenzte Innovationspotenzial seitens der Tierernährung aufzuzeigen. Zumindest gibt es in den zurückliegenden 20 Jahren genügend Beispiele, die belegen, dass in Deutschland bzw. den EU-Ländern „große Sprünge“ (z. B. Hormoneinsatz, β -Agonisten, Gentechnik) aus verschiedenen Gründen nicht möglich sind bzw. nach längerem Einsatz wieder zurückgezogen wurden/werden (z. B. Antibiotika als Futterzusatzstoffe).

Ressourceneinsatz bei der Fleischerzeugung

Schweinefleisch, Rindfleisch und Geflügelfleisch sind die in Deutschland am meisten verzehrten Fleischarten. Der Futtereinsatz bzw. der Futteraufwand je Kilogramm Lebendmasse ist bei Erzeugung der verschiedenen Fleischarten sehr unterschiedlich (Tabelle 1). Am aufwendigsten ist dabei die Rindfleischerzeugung, gefolgt von Schweine- und Geflügel-

*

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, Institut für Tierernährung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig.

fleisch. In umgekehrter Reihenfolge verhalten sich die Ausscheidungen je Kilogramm essbares Protein (Tabelle 1). Das essbare Protein wird nachfolgend als Bezugsbasis verwendet, da in der Erzeugung von essbarem Protein tierischer Herkunft das Hauptanliegen der Tierproduktion gesehen wird. Außerdem ist mit dieser Bezugsbasis ein Vergleich zwischen verschiedenen Erzeugungsformen möglich (FLACHOWSKY, 2002).

Tabelle 1: Ressourcenverbrauch und Ausscheidungen bei der Fleischerzeugung (Unterstellung eines mittleren Leistungsniveaus)

Zeitraum/Jahr	Zweihälften- bzw. Fleischmenge	
12. - 15. Jh.	(□ 100 kg)	
1850	20 kg	
1910	50 kg	
1938	60 kg	
1947	15 kg	
	2000	
	Zweihälftenmasse	Fleisch ohne Knochen)
Schwein	55,0	39,6
Geflügel	15,6	9,3
Rind	14,1	9,7
Sonstiges einschl. Innereien	6,7	2,7
Gesamt	91,4	61,3

In Tabelle 2 sind Mittelwerte für die Erzeugung von essbarem Eiweiß in Schweine-, Rind- und Geflügelfleisch in Abhängigkeit von der Leistungshöhe zusammengestellt.

Tabelle 2: Unterstellte Bedingungen bei der Erzeugung von essbarem Protein im Fleisch (Milch zum Vergleich; FLACHOWSKY, 2002)

Fleischquelle	Lebendmassenzunahme g/Tier und Tag	Essbarer Anteil %	Proteingehalt im essbaren Anteil g/kg Frischmasse	Essbares Protein g/Tag
Schweinefleisch	600	60	150	54
	800			72
	1.000			90
Rindfleisch	600	50	190	57
	900			86
	1.200			114
Geflügelfleisch	30	60	200	3,6
	60			7,2
Kuhmilch (l/Tag)	20	95	32	608

Ressourcenverbrauch und Ausscheidungen hängen neben der Fleischart vor allem von der Leistungshöhe der Tiere ab (Tabelle 3). Höhere Tageszunahmen führen infolge des relativ geringeren Anteils des unproduktiven Energie- bzw. Nährstoffverbrauches für den Erhaltungsanteil zu einer effektiveren Umwandlung der Futterbestandteile in Fleisch und damit zu einer Senkung des Futter- bzw. Energie- und Nährstoffaufwandes. Der Verbrauch an Energie und Nährstoffen sowie die Ausscheidungen je Kilogramm essbares Protein werden mit ansteigenden Leistungen ebenfalls geringer. Bei Wiederkäuern ist damit zu rechnen, dass mit höheren Leistungen der Grundfuttereinsatz geringer wird und der Kraftfuttereinsatz ansteigt (s. Tabelle 3). In gewissem Umfang trifft diese Feststellung auch auf Nichtwiederkäuer zu, vor allem bezüglich des Einsatzes energieärmerer Nebenprodukte.

Tabelle 3: Ressourcenverbrauch und Ausscheidungen bei der Erzeugung von verschiedenen Fleischarten mit unterschiedlichem Leistungsniveau

Fleischquelle	Lebendmasse- zunahme g/Tier und Tag	Futteraufwand kg T/kg Zunahme	Verbrauch je kg essbares Protein		N-Ausscheidungen je kg essbares Protein kg
			Bruttoenergie GJ	Rohprotein kg	
Schweinefleisch (25-110 kg)	400	5,5	0,90	9,0	1,30
	600	4,0	0,70	7,0	1,00
	800	3,0	0,55	5,5	0,75
	1.000	2,5	0,45	4,5	0,55
Rindfleisch (150-550 kg)	600	8,5 ¹⁾	1,80	14,0	2,00
	900	6,5 ²⁾	1,40	11,0	1,40
	1.200	5,0 ³⁾	1,10	8,0	1,10
Geflügelfleisch (Endmasse: 1,8 kg)	30	2,8	0,40	4,0	0,50
	60	1,5	0,20	2,0	0,20
Kuhmilch (l/Tag)	20	0,8	0,50	3,7	0,40

^{1) 2) 3)} 10, 25 bzw. 50 % Kraftfutteranteil.

Weltweit ist damit zu rechnen, dass bei weiter ansteigender Erdbevölkerung die je Einwohner verfügbare Fläche abnimmt, so dass das Erzeugungspotenzial von der Fläche einen bedeutsamen Faktor darstellt. In Tabelle 4 wird am Beispiel der Schweinemast der Einfluss des Getreideertrages und der Lebendmassezunahme der Tiere auf die mögliche Lebendmasseerzeugung je Hektar gezeigt. Diese Kalkulation belegt, dass beide Faktoren einen erheblichen Einfluss auf das Erzeugungspotenzial ausüben.

Tabelle 4: Lebendmasseerzeugung (dt) von Schweinen (25 bis 110 kg LM) je Hektar Getreidefläche bei unterschiedlichen Erträgen und unterschiedlicher Wachstumsleistung der Schweine

Lebendmasse- zunahme g/d	Getreideertrag dt/ha			
	40	60	80	100
600	8,8	13,2	17,6	22,0
800	11,7	17,6	23,5	29,3
1.000	14,0	21,1	28,1	35,1

Berechnungsgrundlage: Futtermittelverbrauch je kg Zuwachs: 4,0 kg T bei 600 g LMZ; 3,0 kg T bei 800 g LMZ; 2,5 kg T bei 1.000 g LMZ.

In Tabelle 5 wird der Versuch unternommen, unter Berücksichtigung des täglichen Proteinverzehr je Einwohner aus Fleisch, des Ertrags- bzw. Leistungsniveaus von Pflanzenbau bzw. Tierhaltung sowie unterschiedlicher Proportionen der Proteinherkünfte (Schweine-, Rind- bzw. Geflügelfleisch) die je Einwohner erforderliche Fläche zu kalkulieren. Dabei zeigt sich, dass die Höhe des Proteinverzehr und das Leistungsniveau wesentlichen Einfluss auf den Flächenbedarf ausüben.

Tabelle 5: Einfluss des Ertrags- bzw. Leistungsniveaus, der Leistungshöhe der Tiere, des Verhältnisses zwischen verschiedenen Fleischquellen und der Höhe des Verzehr an Protein aus Fleisch auf den Flächenbedarf zur Futtererzeugung (m² je Einwohner und Jahr)

Proteinverzehr aus Fleisch (g/Tag)	10		20		40	
	A ¹⁾	B ²⁾	A	B	A	B
Verhältnis zwischen Protein aus Schweine- : Rind- : Geflügelfleisch						
60 : 15 : 25	470	130	940	260	1.880	520
20 : 60 : 20	500	150	1.000	300	2.000	600

¹⁾ Ertragsniveau je ha : 40 dt Getreide; 60 dt T Grünfutter.

Leistungsniveau je Tag : Schweinefleisch = 400 g; Rindfleisch = 600 g; Geflügelfleisch = 30 g.

²⁾ Ertragsniveau je ha : 80 dt Getreide; 150 dt T Grünfutter.

Leistungsniveau je Tag : Schweinefleisch = 800 g; Rindfleisch = 1.200 g; Geflügelfleisch = 60 g.

Im Jahre 2025 wird vermutlich weniger als 2.000 m² landwirtschaftliche Nutzfläche je Einwohner verfügbar sein. Von dieser Fläche müssen alle Bedürfnisse – Lebensmittel sowie nachwachsende Rohstoffe – befriedigt werden. Dazu sind jedoch ein gewisses Intensitätsniveau der Produktion und moderater Fleischverzehr (Tabelle 5) erforderlich. Ernährungsphysiologisch sind die hohen Fleischmengen, wie sie im Mittel gegenwärtig in Westeuropa und Nordamerika verzehrt werden (30 bis 50 g Protein aus Fleisch je

europa und Nordamerika verzehrt werden (30 bis 50 g Protein aus Fleisch je Einwohner und Tag) keinesfalls notwendig.

Möglichkeiten zur effektiven Ressourcennutzung

Futtermittel

Futtermittelkundliche Kenntnisse werden auch im Jahre 2025 noch eine solide Basis für eine effektive Ressourcennutzung darstellen. Neben den bisher genutzten Futtermitteln werden global, aber auch in Europa, Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP, vor allem von GVP der 2. Generation; mit substanziellen Änderungen in Inhaltsstoffen) und Nebenprodukte der Landwirtschaft und der verarbeitenden Industrie in der Tierernährung eingesetzt. Der Anbau von GVP stieg von 2,8 (1996) auf 58 Mio. ha im Jahre 2002 (JAMES, 2001). Es ist anzunehmen, dass sich diese Entwicklung fortsetzt und vor allem GVP mit verändertem Futterwert angebaut werden.

Nach einem Bericht des USDA (2002) wurden in den USA im Jahre 2001 Freisetzungsvorhaben mit 26 Pflanzenarten beantragt, an denen über 100 substanzielle Veränderungen vorgenommen wurden. In Tabelle 6 sind auszugsweise einige Änderungen, die an Futterpflanzen erfolgten, zusammengestellt.

Tabelle 6: Beispiele für Veränderungen in GVP der 2. Generation, die in den USA im Jahre 2001 in Freisetzungsvorhaben getestet wurden (USDA, 2002)

Pflanze	Vorgenommene Veränderungen
Gerste	Erhöhter Proteingehalt, veränderte Proteine, hitzstabile Enzyme, verbesserte Verdaulichkeit
Kartoffel	Erhöhter Kohlenhydratgehalt, verändertes Aminosäuremuster, Krankheitsresistenz, verminderter Glycoalkaloidgehalt
Luzerne	Verminderter Ligningehalt, verzögerte Verholzung (Reife)
Mais	Erhöhter Aminosäuregehalt, verändertes Aminosäuremuster, verändertes Fettsäuremuster, verminderter Phytat- und Ligningehalt, erhöhter Phosphorgehalt, Hemmung der Mykotoxinproduktion
Raps	Verändertes Fettsäuremuster, erhöhter Ligningehalt, verändertes Aminosäuremuster
Reis	Erhöhter Stärkegehalt, veränderte Proteinablagerung, Novel Protein
Sojabohne	Erhöhter Aminosäuregehalt, verändertes Fettsäuremuster, Novel Protein, erhöhter Gehalt an Phytosterolen und Phytoskanolen, Abbau von Fumonisin
Sonnenblume	Veränderte Proteinablagerung, erhöhter Futterwert
Süßkartoffel	Verändertes Aminosäuremuster, erhöhte Proteinqualität
Weizen	Erhöhte Verdaulichkeit, mehr Methionin, Novel Protein

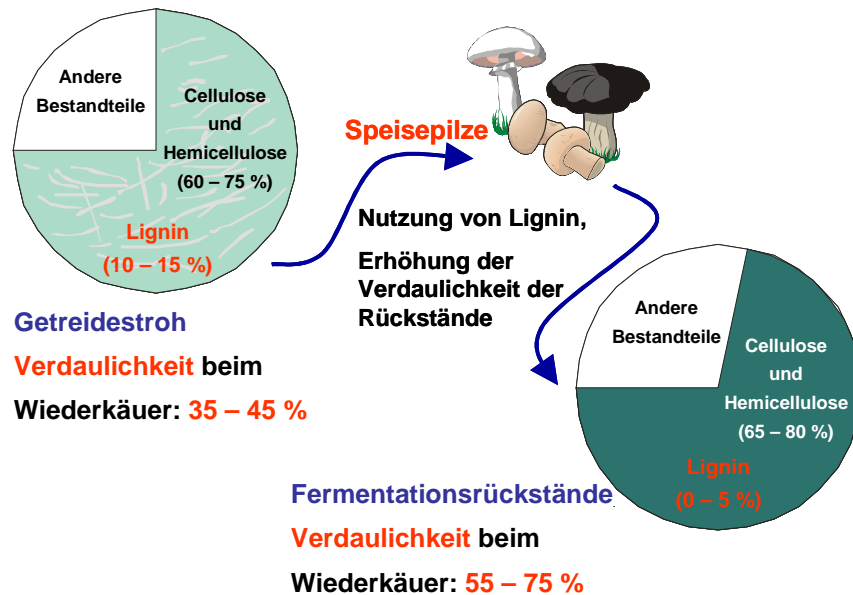
Es ist davon auszugehen, dass 2025 sowohl Futtermittel aus GVP als auch Nebenprodukte aus der Verarbeitung von GVP in großen Mengen in der Tierernährung zum Einsatz kommen. Vor allem zu ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung der GVP der 2. Generation sind umfangreiche wissenschaftliche Studien erforderlich (FLACHOWSKY und AULRICH, 2001).

Die als Futtermittel zum Einsatz kommenden Nebenprodukte (FLACHOWSKY und KAMPHUES, 1996; KAMPHUES und FLACHOWSKY, 2001) können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Nebenprodukte der Tierkörperverarbeitung (für Nichtwiederkäuer)
- Nebenprodukte der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe (für Nichtwiederkäuer und Wiederkäuer)
- Nebenprodukte des Getreideanbaus (für Wiederkäuer)
 - Stroh, Vorbehandlungen
 - Erhöhung des Potenzials der Pansenmikroorganismen

In Deutschland fallen jährlich etwa 630.000 t Fleisch- und Knochenmehl an, die etwa 250.000 t tierisches Protein und 16.000 t Phosphor enthalten (RODEHUTSCORD et al., 2002). Außerdem werden auf Schlachthöfen \approx 300.000 t Fett erzeugt. Diese Nebenprodukte unterliegen analogen Untersuchungen wie die Lebensmittel. Langfristig ist es nicht vertretbar, diese hochwertigen Nebenprodukte zu entsorgen und nicht für die Nichtwiederkäuerernährung unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsstandards wieder zu erschließen.

Global stehen in großen Mengen zellwandreiche Nebenprodukte für die Wiederkäuerernährung bereit (\approx 2 Mrd. t Getreidestroh). Es ist zu erwarten, dass sowohl Vorbehandlungen von Stroh (ZADRAZIL et al., 1996) und anderen Nebenprodukten (z. B. mit Lignin nutzenden Pilzen, Abbildung 1) als auch Möglichkeiten zur intensiveren Nutzung von zellwandreichen Nebenprodukten im Pansen weiter an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 1: Herausforderung – Nutzung lignocellulosehaltiger Nebenprodukte

Bedarfsdeckung

Neben Kenntnissen über die Futtermittel ist eine Bedarf deckende Energie- und Nährstoffversorgung in Abhängigkeit von Tierart, Nutzungsrichtung, Leistungshöhe, Haltung und anderen Einflussfaktoren eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Ressourcennutzung. In verschiedenen Ländern existieren Gremien wissenschaftlicher Gesellschaften, die den Erkenntniszuwachs zurückliegender Jahre bewerten und für die Überarbeitung der jeweiligen Versorgungsempfehlungen verwenden.

In Deutschland wird diese Aufgabe zum Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) übernommen. Die letzten Empfehlungen des AfBN für Schweine stammen von 1987 (GfE, 1987), für Mastrinder von 1995 (GfE, 1995), für Masthühner/Broiler von 1999 (GfE, 1999) und für Mastputen von 2003 (GfE, 2003). Die Überarbeitung der Empfehlungen für Schweine wird gegenwärtig vorgenommen. Sicherlich werden bis zum Jahre 2025 weitere Entwicklungen erfolgen, die zur Überarbeitung der jeweiligen Empfehlungen zwingen.

Die Umsetzung der wissenschaftlichen Empfehlungen in der praktischen Fütterung ist eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Ressourcennutzung. Der Bedarfsdeckung auf den „Punkt“, vor allem mit Aminosäuren beim Nichtwiederkäuer, wird auch 2025 noch erstrangige Bedeutung zukommen. Sicherlich wird versucht, den physiologischen Bedarf der Tiere immer näher zu kommen. Die Bedarfsangaben werden dann beispielsweise nicht mehr in Rohaminoäuren, sondern in praecaeal verdaulichen Aminosäuren (GfE, 2002)

oder anderen die Vorgänge im Verdauungstrakt oder im Tier stärker berücksichtigenden Größen angeben.

Nichtessentielle Zusatzstoffe

Große Erwartungen werden in den Einsatz von nichtessentiellen Zusatzstoffen, wie Enzymen, Mikroorganismen (Probiotika), Prebiotika, organischen Säuren, ätherischen Ölen und anderen Substanzen gesetzt. Die Bedeutung der einzelnen Substanzen wird im Jahre 2025 unterschiedlich sein.

„Konkurrenz“ werden sie vor allem durch GVP der 2. Generation erhalten. Wenn beispielsweise phytatärmere Getreidearten (z. B. SPENCER et al., 2000a, b) oder phytasereichere Futtermittel (s. Tabelle 6) verfügbar sind, besteht keine Notwendigkeit mehr zum Einsatz des sehr effektiven Enzymes Phytase (SCAN, 2003a). Ähnliche Feststellungen sind auch für Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-hydrolisierende Enzyme zutreffend. Andererseits gibt es auch Bestrebungen, durch gentechnische Veränderungen die Nutztiere zur erhöhten Enzymausschüttung und damit zur effektiveren Nutzung bestimmter Nährstoffe zu befähigen (NIEMANN, 2003).

Es ist durchaus denkbar, dass zukünftig leistungsstarke gentechnisch veränderte Mikroorganismen verfügbar sind. Ihr Einsatz könnte vor allem den Zellwandabbau im Pansen verbessern.

Es ist davon auszugehen, dass auch im Jahre 2025 Sexualhormone und β -Agoniten in Europa nicht in der Tierproduktion eingesetzt werden; bei Wachstumshormonen (z. B. p STH) sind die Wirkmechanismen weitgehend klar und es sind keine unphysiologischen Rückstände zu erwarten. Prognosen über den Einsatz in 20 Jahren sind schwierig.

Einfluss der Fütterung auf Produktsicherheit und -qualität

Die Lebensmittelsicherheit wird auch in 20 Jahren noch ein Thema von öffentlichem Interesse sein. Es ist zu erwarten, dass die Diskussion dann sachlicher und weniger emotionsgeladen als gegenwärtig erfolgt.

Die Wissenschaft und auch die Analysetechnik werden weitere Fortschritte machen, so dass neben den gegenwärtig bekannten unerwünschten Stoffen weitere hinzukommen und die Nachweisgrenzen weiter gesenkt werden.

Vermeidungs- und Reduzierungsstrategien entlang der Nahrungskette und vor allem beim Einsatz der Futtermittel in der Tierernährung werden weiter optimiert (SCAN, 2003b).

Beim Wiederkäuer könnte eine noch intensivere Nutzung des Pansenpotenzials zum Abbau unerwünschter Stoffe (Tabelle 7) weiter an Bedeutung gewinnen. Denkbar sind auch eine Gewinnung wirksamer Mikroorganismen aus dem Pansen und ihre Nutzung zur Futtervorbehandlung mit dem Ziel einer Inaktivierung oder Detoxifikation unerwünschter Inhaltsstoffe.

Tabelle 7: Beispiele für den Abbau (Inaktivierung) unerwünschter Stoffe im Pansen

Pflanzeninhaltsstoffe, wie z. B.	Mykotoxine, wie z. B.	Schwermetalle
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Oxalat ➤ Nitrat ➤ Phenolverbindungen (Tamine, Gallate, Lignin-Monomere) ➤ Glucosinolate ➤ Alkaloide ➤ Phyto-Östrogene ➤ Mimosin ➤ Latyroge AS 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ochratoxin A ➤ T2-Toxin ➤ Deoxynivalenol ➤ Zearalenon 	<p>Bildung weniger löslicher Komplexe</p>

Durch die Fütterung kann eine Beeinflussung der Produktqualität im Sinne von Verbraucherwünschen und Verwendungszwecken (Frischfleisch, Dauerwaren usw.) erfolgen. Im Fleisch ist vor allem eine Anreicherung von Fettsäuren sowie bestimmten Spurenelementen und Vitaminen möglich. In Tabelle 8 wird der Einfluss unterschiedlicher Fettquellen auf die Einlagerung verschiedener Fettsäuren in das Körperfett dargestellt. Dabei ist eine deutliche Abhängigkeit vom Futterfett ersichtlich. Die polyensäurereichen Fettquellen Soja- und Leinöl bewirkten jedoch auch einen deutlichen Abfall der oxidativen Stabilität (kürzere Induktionszeit), was Konsequenzen für die Herstellung von Dauerwaren hat und die Zufuhr höherer Mengen antioxidativer Substanzen (z. B. Vitamin E) erfordert.

Im Fett von Wiederkäuern erfolgt die Einlagerung von transisomeren Fettsäuren (tFS), von denen der trans-Fettsäuren ernährungsphysiologisch ungünstige Effekt beim Menschen, den konjugierten Linolsäuren (CLA) jedoch erwünschte Wirkungen nachgesagt werden (JAHREIS, 1997). Durch die Fütterung kann versucht werden, den tFS-Gehalt zu reduzieren und die Einlagerung von CLA zu fördern. Diese und weitere Einflüsse können zur Entwicklung von sog. „Functional Foods“ für spezifische Zwecke beitragen.

Tabelle 8: Einfluss von 2,5 % Fremdfettzulage zum Futter auf ausgewählte Fettsäuren (in Prozent der bestimmten Fettsäuren) im Nackenfett von Mastschweinen sowie die Induktionszeit (115 kg LM, n = 24; KRATZ et al., 2003)

Fettsäure	Fettzulage			
	Rindertalg	Olivenöl	Sojaöl	Leinöl
Ölsäure (18 : 1)	43,9	46,4	38,0	36,7
Linolsäure (18 : 2)	6,7	7,2	14,2	9,7
Linolensäure (18 : 3)	0,6	0,6	1,3	7,3
Induktionszeit (h)	4,6	3,9	2,8	1,4

Schlussfolgerungen

Da die Tierernährung als ein wichtiges Glied in der Nahrungskette in einem komplexen Beziehungsgefüge zu Mensch, Tier und Umwelt steht und bei jeder Einflussnahme Konsequenzen für Mensch, Tier und Umwelt möglich sind, wird die Tierernährung auch bei der Fleischerzeugung in Zukunft eine relativ „konservative“ Fachdisziplin bleiben. Dennoch sind die Tierernährer bemüht, Entwicklungen, die sich in Pflanzen- und Tierzucht bzw. Technologie ergeben, unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt zu nutzen. Für die Fleischerzeugung 2025 können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Fleisch wird vor allem wegen seines Genusswertes auch 2025 noch ein beliebtes Lebensmittel sein.
- Global wird die Fleischerzeugung weiter ansteigen, je Einwohner wird sie im Mittel leicht zurückgehen.
- Der hohe Flächen- und Ressourcenverbrauch bei der Fleischerzeugung erfordert verschiedene Maßnahmen, damit Fleisch Lebensmittel bleiben kann:
 - Ressourcen schonende Futtererzeugung, effektive Futterkonvertierung, hohe Leistungen
 - optimale Ergänzung der Futterrationen (Bedarfsdeckung auf den Punkt)
 - Nutzung verfügbarer Nebenprodukte bei hohem Sicherheitsstandard.
- Gras, Getreide und Wasser als alleinige Futterkomponenten verursachen einen hohen Ressourcenverbrauch je Kilogramm Fleisch und sind ohne weitere Ergänzungen nur als Fütterungsvariante für Nischenprodukte denkbar.

Literatur

- FLACHOWSKY G (2002) Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. *J.Appl.Anim.Res.* 22, 1-24
- FLACHOWSKY G, AULRICH K (2001) Zum Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO) in der Tierernährung. *Übers. Tierernährung.* 29, 45-79
- FLACHOWSKY G, KAMPHUES J (Hrsg., 1996) Unkonventionelle Futtermittel, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 169*, 415 S.
- GfE (1987) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, *DLG-Verlag*, 153 S.
- GfE (1995) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Mastrindern, *Heft 6, DLG-Verlag*, 85 S.
- GfE (1999) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Legehennen und Masthühnern (Broiler), *Heft 7, DLG-Verlag*, 185 S.
- GfE (2002) Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein – Empfehlung zur standardisierten Versuchsdurchführung. *Proc.Soc.Nutr.Physiol.* 11, 233-243
- GfE (2003) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Mastrindern, *DLG-Verlag, im Druck*
- JAHREIS G (1997) Krebshemmende Fettsäuren in Milch und Fleisch. *Ernährungsumschau* 44, 168-172
- JAMES (2002) Global review of commercialised transgenic crops: 2002: ISAAA, Ithaca, USA (see <http://www.isaaa.org> for annual update)
- KAMPHUES J, FLACHOWSKY G (Hrsg., 2001) Tierernährung – Ressourcen und neue Aufgaben. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 223*, 462 S.
- KRATZ R, SCHULZ E, GLODECK P, FLACHOWSKY G (2003) Einfluss verschiedener Fettquellen auf das Fettsäuremuster des Körperfettes beim Schwein. *Arch.Anim.Nutr.* (in Vorbereitung)
- NIEMANN H (2003) Welche Durchbrüche können wir von der Biotechnologie erwarten? *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft*
- SPENCER JD, ALLEE GL, SAUBER TE (2000a) Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. *J.Anim.Sci.* 78, 675-681
- SPENCER JD, ALLEE GL, SAUBER TE (2000b) Growing-finishing performance and carcass characteristics of pigs fed normal and genetically modified low-phytate corn. *J.Anim.Sci.* 78, 1529-1536

- RODUHUTSCORD M, ABEL HJ FRIEDT W, WENK C, FLACHOWSKY G, AHLGRIMM HJ, JOHNKE B, KÜHL R, BREVES G (2002) Review article: Consequences of the ban of by-products from terrestrial animals in livestock feeding in Germany and the European Union. Alternatives, nutrient and energy cycles, plant production, and economic aspects. *Arch.Anim.Nutr.* 55, 67-92
- SCAN (2003a) Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on 3-Phytase EC 3.2.1.8. produced by *Aspergillus Niger* CBS 491.94. Brussels, 2003
- SCAN (2003b): Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on undesirable substances in feed. Brussels, in preparation
- USDA (2002) Lists of field test release in the U.S.,
<http://www.isb.vt.edu/of.docs/ISB.lists1.cfa> (Accessed April 2002)
- ZADRAZIL F, KAMRA DN, ISIKHUEMHEN OS, SCHUCHARDT F, FLACHOWSKY G (1996) Bio-conversion of lignocellulose into ruminant feed with white rot fungi – Review of work done at the FAL, Braunschweig. *J.Appl.Anim.Res.* 10, 105-124