Einfluß der Fütterung auf die Stickstoff- und Phosphorausscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere – Modellkalkulationen auf Basis einer Literaturübersicht

L. Gruber und A. Steinwidder

Influence of nutrition on nitrogen and phosphorus excretion of livestock – Model calculations on the basis of a literature review

1. Ökologische Zusammenhänge

Bei der Erzeugung von Nahrungsmitteln mit landwirtschaftlichen Nutztieren entstehen Nähr- und Mineralstoffverluste über Kot, Harn und Atmung. Diese Verluste sind zum einen auf den Erhaltungsbedarf der Tiere zurückzu-

führen, der eine Nährstoffzufuhr erforderlich macht, ohne daß Leistungsprodukte gebildet werden. Die für die Erhaltung zugeführten Nährstoffe werden somit zur Gänze wieder ausgeschieden. Zum anderen werden die über den Erhaltungsbedarf zugeführten Nährstoffe nicht vollständig in Leistungsprodukte umgewandelt, da zum Teil erhebliche Stoff-

Summary

The objective of the present study was to quantify the influence of feeding on the nitrogen and phosphorus excretion of livestock by means of model calculations on the basis of published literature data. As the ecological principles on an agricultural farm, where nutrients are moving in a cycle between soil – plant – animal – soil, have to be taken into account the excretion was estimated not only per animal but also per unit area.

In milk production the excretion of slurry and nitrogen increases with increasing feed intake, milk yield and the content of milk protein. The amount of slurry per unit forage area decreases with increasing forage quality, as the number of cows which can be fed per hectare decreases because of the lower yield under Alpine growing conditions and the higher forage intake. Depending on milk yield and forage quality nitrogen excretions of between 90 and 180 kg N per hectare of forage can be expected. By comparison the amount of N excreted in specialized bull fattening systems is up 2.5 times higher because their diet consists of forage maize which has higher yields. The N excretion per hectare forage maize increases with increasing daily gains.

In pig production there are three possibilities of reducing N excretion as follows: (a) feeding exactly according to their protein requirements (b) optimizing the amino acid composition of the feed protein and (c) by the use of bacterially fermentable cell wall carbohydrates. The amount of slurry per unit area depends on the method of production, the yield of grain and the proportion of purchased feedstuffs and is generally between 70 and 180 kg N per hectare. In poultry production, because of the higher proportion of protein concentrates, the excretion of N is about 2.5 times higher.

The principals governing the excretion of P are similar to those of N. The amount of P excreted per cow per year increases with increasing milk yield from 8.9 to 10.8 and to 12.7 kg at milk yields of 4000, 6000 and 8000 kg, respectively where P is supplied according to requirements. Similarly to milk production, P excretion increases with improved performance due to a higher proportion of purchased feedstuffs also in the case of bull fattening. In addition to level of supply, animal performance and stocking rate the utilization of P in the different feed sources has a substantial impact on excretions. At a P utilization of 50 % and mean daily gains of 700 g the P excretions per fattening pig are 750 g. If the P utilization is improved by 10 % the P excretions are reduced by 18.9 %.

The results show that nutrient returns to the soil from animal production correspond approximately to removals by plants under balanced situations of production (fertilization, stocking rate, purchase of concentrates). Increased crop yields and improved animal performance brought about by purchased feedstuffs lead to excessive and therefore problematical nutrient returns.

Key words: Nutrient excretion, animal production, feeding, nitrogen, phosphorus.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Einfluß der Fütterung auf die Stickstoff- und Phosphorausscheidung der landwirtschaftlichen Nutztiere mit Hilfe von Modellkalkulationen auf der Basis publizierter Literaturdaten zu quantifizieren. Im Sinne einer auf ökologische Zusammenhänge ausgerichteten Kreislaufwirtschaft in einem landwirtschaftlichen Betrieb wurden nicht nur die Exkretion pro Tier sondern auch pro Flächeneinheit abgeschätzt.

In der Milchproduktion erhöht sich die Ausscheidung an Gülle und Stickstoff mit steigender Futteraufnahme und Milchleistung sowie steigendem Proteingehalt. Mit steigender Grundfutterqualität sinkt der Gülleanfall pro Grundfutterfläche, da die mögliche Kuhanzahl pro Hektar wegen des geringeren Ertrages und der höheren Grundfutteraufnahme abnimmt. Je nach Milchleistung und Grundfutterqualität ist von einem N-Anfall von 90–180 kg/ha Grundfutterfläche auszugehen. Demgegenüber ist der N-Anfall in der spezialisierten Rindermast mit Maissilage auf Grund der im Vergleich zum Grünland wesentlich höheren Silomaiserträge um bis zu 2,5 mal so hoch und steigt mit Erhöhung der Mastintensität.

In der Schweineproduktion bieten sich 3 Ansatzpunkte an, die N-Ausscheidungen zu verringern, nämlich die genaue Anpassung der Proteinversorgung an den Bedarf, die optimale Zusammensetzung der Aminosäuren des Futterproteins und der Einsatz bakteriell fermentierbarer Gerüstkohlenhydrate. Der Gülleanfall hängt von der Produktionsrichtung, dem Getreideertrag und dem Anteil an Zukaufsfutter ab und liegt in der Schweinemast bei 70–180 kg N/ha. In der Geflügelhaltung ist der N-Anfall pro Hektar wegen des hohen Eiweißfuttermittelanteils etwa 2,5 mal so hoch. Bei den Phosphor-Ausscheidungen gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie bei den Stickstoff-Ausscheidungen. Der Phosphoranfall pro Kuh und Jahr nimmt bei bedarfsgerechter Versorgung mit steigender Milchleistung von 8,9 über 10,8 und 12,7 kg bei 4000, 6000 bzw. 8000 kg Milch zu. Wie in der Milchviehfütterung steigen auch in der Stiermast die P-Ausscheidungen mit höherer Leistung sowie mit höherem Einsatz an Zukaufskraftfutter an. Einen wesentlichen Einfluß auf die Phosphor-Ausscheidungen monogastrischer Tiere übt neben dem Versorgungsniveau, der Leistung der Tiere und dem Tierbesatz auch die Verwertung der Phosphor-Quellen aus. Bei einer Phosphor-Verwertung von 50 % und mittleren Tageszunahmen von 700 g betragen die Phosphorausscheidungen je Mastschwein 750 g. Eine um 10 % höhere Phosphor-Verwertung reduziert die P-Ausscheidungen um 18,9 %.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Nährstoffrücklieferung aus der Tierproduktion an den Boden unter ausgewogenen Produktionsverhältnissen (Düngung, Tierbesatz, Kraftfutterzukauf) einigermaßen dem Entzug durch die Pflanzen entspricht. Die Ertragssteigerung in der Pflanzenproduktion und die Leistungssteigerung in der Nutztierhaltung durch Zukaufsfutter führen zu überhöhten und daher problematischen Nährstoffrücklieferungen.

Schlagworte: Nährstoffausscheidung, Tierproduktion, Fütterung, Stickstoff, Phosphor.

wechselverluste entstehen. Auf den Bereich der Kohlendioxid- und Methanausscheidung (CO2, CH4) wird hier nicht eingegangen. Diese beiden Gase sind zu etwa 50 % (CO₂) und 15 % (CH₄) am sogenannten Treibhauseffekt (Aufwärmung der Erde) beteiligt (PFEFFER, 1992). Der ansteigende CO2-Gehalt der Erdatmosphäre rührt jedoch von der Verwendung fossiler Brennstoffe (Erdöl, Kohle usw.) her, während das bei der Atmung entstehende CO2 dem natürlichen und ausgeglichenen Kohlenstoffkreislauf der Erde entstammt. Bei der Verwertung der pflanzlichen organischen Substanz durch die Tiere fällt CO₂ als Endprodukt an, welches den Pflanzen wiederum als Ausgangssubstanz für die Bildung ihrer organischen Masse (Kohlenhydrate usw.) dient. Dagegen sind die landwirtschaftlichen Nutztiere zu 16 % an der Methanbildung beteiligt, denn bei der Verdauung der Rohfaser im Pansen der Wiederkäuer gehen 5-7 %

der aufgenommenen Futterenergie als Methan verloren (FLACHOWSKY, 1993). Nach BLAXTER and CLAPPERTON (1965) wird der Anteil der Methanenergieausscheidung (in % der Bruttoenergie) sowohl von der Verdaulichkeit als auch vom Futterniveau bestimmt. Bei niedrigem Futterniveau (Erhaltung) steigt die Methanausscheidung mit steigender Verdaulichkeit von etwa 6 auf über 9 %, bei mittlerem Futterniveau (2 mal Erhaltung) ergibt sich nur ein geringer Einfluß der Verdaulichkeit (6–7 % Methanenergieverluste) und bei hohem Futterniveau (3 mal Erhaltung) sinken dagegen die Methanenergieverluste mit steigender Verdaulichkeit von 6 auf unter 5 %.

Im Sinne eines ökologisch ausgeglichenen Nährstoffkreislaufes in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist der Anfall von Nährstoffausscheidungen der Nutztiere nichts Negatives, da es sich um Rücklieferungen an den Boden handelt, dem die Pflanzen Nährstoffe für ihr Wachstum entzogen haben. Im Idealfall sollten die Nährstoffbilanzen ausgeglichen sein und es sollte an keiner Stelle zu längerfristigen Verarmungen oder Anreicherungen an Nährstoffen kommen (PFEFFER, 1992). So sollten die Nährstoffe, die den Betrieb über die Verkaufsprodukte (Getreide, Milch, Schlachttiere usw.) verlassen, wieder ergänzt werden. Dagegen führen übertriebene Düngergaben, die von den Pflanzen nicht vollständig verwertet werden können, zu einer Anreicherung und damit zu einem Gefährdungspotential der Umwelt (Auswaschung in das Grundwasser, Abgabe an die Atmosphäre). Ebenso bringen hohe Mengen an Zukaufsfutter (Kraftfutter, Mineralfutter usw.) oder eine Tierproduktion mit Fremdfuttermitteln Nährstoffe in den landwirtschaftlichen Betrieb, die von den Pflanzen nicht vollständig verwertet werden können und somit zu einer Anreicherung führen.

2. Menge an Nährstoffausscheidungen bei verschiedenen Produktionsrichtungen

Durchschnittliche Mengen an Stickstoff- und Phosphorausscheidungen (N, P) in einzelnen Produktionsrichtungen sind in Tabelle 1 angegeben. Es ist allerdings zu betonen, daß die Ausscheidungen ganz wesentlich von den mit dem Futter zugeführten Nährstoffen abhängen. Die Tiere besitzen besonders im Falle der Mineralstoffe kaum eine Möglichkeit, Körperreserven anzulegen, sodaß nicht verwertbare und im Überschuß verabreichte Mengen mit dem Kot (Ca, P) und Harn (K, Na) wieder ausgeschieden werden müssen. Auch beim Stickstoff werden über den Bedarf der Tiere hinausgehende Mengen vor allem im Harn wieder ausgeschieden. Aus pflanzenbaulicher Sicht ist allerdings zu berücksichtigen, daß im Stall und während der Lagerung

Verluste auftreten und daß die Wirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs nicht vollständig ist. Die verminderte Wirksamkeit ergibt sich sowohl aus relativ hohen Anteilen an verlustanfälligem Ammoniumstickstoff als auch aus den hohen Anteilen an organisch gebundenem Stickstoff. SCHECHTNER et al. (1991) geben die Gesamtwirkung (Direktwirkung plus Summe aller Nachwirkungen bei Wirtschaftsdüngern aus der Rinderhaltung) mit 70–75 % an. In der Schweiz werden die Wirtschaftsdünger hinsichtlich ihrer N-Verfügbarkeit je nach Tierproduktionssparte und Anwendung im Pflanzenbau noch differenzierter beurteilt (FAP, RAC, FAC, 1994). Auch die Verluste durch die Umsetzungen im Stall und auf dem Lagerplatz können durch spezielle Meßeinrichtungen erfaßt werden (SMITS et al., 1995; AMON et al., 1996).

3. Einflußfaktoren auf die Stickstoffausscheidung

3.1 Milchkühe

Der Anfall an Gülle bzw. Gülle-N hängt eng mit der Futteraufnahme und damit der Milchleistung zusammen. Die Güllemenge in der Milchproduktion läßt sich folglich mit einem Durchschnittswert nur ungenau beschreiben. Die Güllemenge pro Kuh und Tag steigt durchschnittlich pro kg Trockenmasseaufnahme um 2,9 kg bzw. pro kg Milch um 0,9 kg an (WINDISCH et al., 1991). Die N-Ausscheidung mit der Gülle erhöht sich pro kg Trockenmasseaufnahme um 19 g pro Tag (KIRCHGESSNER et al., 1991a). Im Durchschnitt werden von der N-Aufnahme über das Futter 39 % über den Kot und 32 % über den Harn, also insgesamt 71 %, ausgeschieden (KIRCHGESSNER et al., 1991a). Die von FLÜCKIGER et al. (1989) angegebenen Ausschei-

Tabelle 1: Nährstoffausscheidungen über Kot und Harn bei verschiedenen Produktionsrichtungen und bedarfsgerechter Fütterung (pro Jahr)
Table 1: Nutrient excretion in faeces and urine with different methods of animal production and feeding according to requirement (per year)

Produktionsrichtung	Beschreibung	Leistungsniveau	T-Gehalt %	Frischmasse Tonnen	Stickstoff kg	Phosphor kg
Milchkühe		5.000 kg	10	19,0 1)	63 ²⁾	16,6 ³⁾
Maststiere	200-630 kg LM, Maissilage	1.100 g TZ	10	12,7 ⁸⁾	42 ⁸⁾	13,9 ³⁾
Zuchtsauen	incl. Ferkel, 2,1 Würfe/Jahr	19 Ferkel	10	3,78 ⁴⁾	28,7 ⁴⁾	6,20 ⁵⁾
Mastschweine	2,8 Umtriebe/Jahr	650 g T Z	10	1,65 ⁴⁾	10,3 4)	1,83 5)
Legehennen	169 g XP, 6,4 g P/kg Futter	400-600 Tage Umtrieb	20	0,090 ⁶⁾	0,76 ⁶)	0,201 7)
Masthähnchen	233 g XP, 6,0 g P/kg Futter	5,5–7,0 Umtriebe/Jahr	20	0,038 ⁶	0,47 6)	0,065 7)

¹⁾ nach WINDISCH et al., 1991

²⁾ nach KIRCHGESSNER et al., 1991a

³⁾ errechnet mit P-Gehalt der Gülle nach SCHECHTNER et al., 1991

⁴⁾ nach KIRCHGESSNER et al., 1991b

⁵⁾ nach KREUZER et al., 1992

⁶⁾ nach KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990

⁷⁾ FAP, RAC, FAC 1994

⁸⁾ eigene Berechnungen

dungsmengen an Kot und Harn bei Hochleistungskühen liegen in einer ähnlichen Größenordnung. ROHR (1992) hat für die Kalkulation der N-Ausscheidung in Gülle, Kot und Harn die Aufnahme an Stickstoff und Trockenmasse sowie die Milchleistung bzw. Milcheiweißmenge und die Trächtigkeitsdauer herangezogen. Das Bestimmtheitsmaß der Regressionen lag zwischen 0,82 und 0,93. Die Höhe der N-Ausscheidung mit der Gülle gibt ROHR (1992) - in Abhängigkeit von der Milchleistung - mit 88 kg N/Kuh und Jahr (5.000 kg Milch) bis 102 kg N/Kuh und Jahr (8.000 kg Milch) an, was den Angaben in Tabelle 2 auf Grundlage der Berechnungen nach WINDISCH et al. (1991) und KIRCHGESSNER et al. (1991a) gut entspricht. TAMMIN-GA (1992) stellt fest, daß eine genaue Kenntnis der Verdauungsvorgänge und der Nährstoffverwertung sowie der Nährstoffaufteilung erforderlich ist, um die Nährstoffausscheidung aus der Milchproduktion an die Umwelt minimieren zu können. Generell sollten die Kühe nicht über ihren Stickstoff- und Phosphorbedarf gefüttert werden. Die günstigste N-Verwertung wird in Rationen mit hoher Verdaulichkeit und niedrigem N-Gehalt erzielt. Weiters führt eine Verbesserung der Futterqualität und Erhöhung des Produktionsniveaus sowie die Synchronisierung der Ver-

fügbarkeit von Stickstoff und Energie im Pansen ebenfalls zu einer Reduzierung der N-Verluste. So wurde in holländischen Versuchen die N-Ausscheidung um etwa 35 % reduziert, indem Gras teilweise durch Maissilage ersetzt wurde (VALK, 1994). DACCORD (1996) weist darauf hin, daß bei unzureichendem Energieangebot, wie beispielsweise bei der Milchkuh zu Laktationsbeginn, ein Proteinmangel des Wirtstieres bei gleichzeitigem Stickstoffüberschuß vorliegen kann. Dies gilt insbesondere für Rationen mit einem hohen Anteil an frischem oder siliertem Wiesenfutter. In Regionen mit vorwiegend Grünlandwirtschaft bildet das Problem des Proteinüberschusses einen limitierenden Faktor für die Haltung von Hochleistungskühen. Diese N-Überschußproblematik kann durch die Verfütterung von Silomais und von Kraftfutter mit geringer Proteinabbaurate entschärft werden.

Mit steigendem Milchleistungsniveau ist demnach mit einer erhöhten N-Ausscheidung zu rechnen, da höhere Milchleistungen eine höhere Nährstoffaufnahme erfordern, die nur zu einem bestimmten Anteil, im Durchschnitt zu 29 %, als Leistung genutzt werden. Da der Erhaltungsbedarf mit steigender Milchleistung relativ zum Gesamtbedarf immer niedriger wird, vermindert sich auch

Tabelle 2: Kalkulationsunterlagen zum Gülleanfall in der Milchproduktion in Abhängigkeit von der Milchleistung Table 2: Basis of calculation of amount of slurry in milk production depending on milk yield

Milchleistung	kg/Laktation	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
Grundlagen							
Energiekonzentration	MJ NEL/kg T	5,60	5,83	6,03	6,22	6,38	6,51
Proteingehalt	g XP/kg T	109	118	126	133	140	145
GF-Aufnahme	kg T/Tag	11,83	11,58	11,25	10,90	10,56	10,28
KF-Aufnahme	kg T/Tag	0,49	1,75	3,06	4,39	5,70	6,98
Kühe pro Kontingent	n	16,67	12,50	10,00	8,33	7,14	6,25
Kühe pro ha GF-Fläche	n	1,74	1,77	1,83	1,88	1,94	2,00
Kühe pro ha GES-Fläche	n	1,64	1,47	1,33	1,22	1,12	1,04
GF-Fläche für 50 t Milch	ha	9,60	7,05	5,48	4,42	3,67	3,13
KF-Fläche für 50 t Milch	ha	0,54	1,45	2,03	2,43	2,70	2,90
Gülleanfall (10 % T)	egit di en recentrativa and altri maja di distributivo politica que a se	alang pangan Palausia salaka sang panggan taun maya se bahajar atkan dan penganahan		The second secon			
Gülle pro Kuh und Jahr 1)	kg	16.617	17.748	18.779	19.735	20.642	21.529
Gülle pro ha GF-Fläche	kg	28.852	31.489	34.286	37.198	40.149	43.025
Gülle pro ha GES-Fläche	kg	27.319	26.118	25.019	24.022	23.127	22.339
Gülle pro kg Milch	kg	5,5	4,4	3,8	3,3	2,9	2,7
Gülle-N-Anfall							
N-Gehalt der Gülle	g/kg	3,12	3,17	3,34	3,58	3,88	4,19
Gülle-N pro Kuh u. Jahr 2)	kg	51,9	56,2	62,7	70,7	80,1	90,2
Gülle-N pro ha GF-Fläche	kg	90,0	99,8	114,4	133,3	155,7	180,3
Gülle-N pro ha GES-Fläche	kg	85,2	82,8	83,5	86,1	89,7	93,6
Gülle-N pro kg Milch	g	17,3	14,1	12,5	11,8	11,4	11,3

Kalkulation der Nährstoffaufnahme nach GEH (1986)

Energiekonzentration: 5,5 MJ NEL/kg T Grundfutter, 8,0 MJ NEL/kg T Kraftfutter 2) Gülle-N-Menge (KIRCHGESSNER et al., 1991a): Ertrag: 7.500 kg T pro ha Grundfutterfläche, 5.500 kg T pro ha Kraftfutterfläche

50.000 kg Milchkontingent

GF = Grundfutter, KF = Kraftfutter, GES = Gesamtfutter

1) Güllemenge (WINDISCH et al., 1991):

Gülle = (9.300 + (Milch + 550) * (3,28 - 0,544 * NEL + 0,082 * XP)) * 1,25

Gülle-N = 61 + (Milch + 550) * (1,65 * XP - 20,5)/1000

die N-Ausscheidung pro kg Milch mit steigender Leistung. Diese Degression wirkt sich allerdings nur im niedrigen Leistungsbereich deutlich aus, während bei hohen Leistungen nur noch ein sehr schwacher Rückgang der N-Ausscheidung pro kg Milch festzustellen ist (Tabelle 2).

Unter praktischen Verhältnissen wird diese Gesetzmä-Bigkeit allerdings von zwei Faktoren überlagert, die ebenfalls den Gülleanfall beeinflussen. Mit steigender Milchleistung muß sowohl der Proteingehalt als auch die Verdaulichkeit (Energiekonzentration) einer Ration ansteigen, um den Nährstoffbedarf der Kuh decken zu können. Mit steigendem Proteingehalt erhöht sich sowohl der Gehalt an N in der Gülle als auch die Menge an Gülle, da überschüssiges Protein im Pansen zu Ammoniak (NH3) abgebaut und als Harnstoff im Harn ausgeschieden wird. Eiweißüberschuß bedeutet also höhere N-Verluste ganz besonders über den Harn. Die N-Verbindungen des Harns sind ökologisch wesentlich kritischer als die des Kotes, weil sie rasch zu NH₂ abgebaut werden, wogegen der Kot-N nur langsam mineralisiert wird (AMBERGER et al., 1982). Im Durchschnitt liegen bei der Gülle aus der Milchproduktion 46 % als NPN (Nicht-Protein-N), d. h. in wasserlöslicher Form, vor (KIRCHGESSNER et al., 1991a). Eine Erhöhung der Verdaulichkeit bedeutet dagegen einen geringeren Gülleanfall, da nur die unverdaulichen Bestandteile einer Ration mit dem Kot ausgeschieden werden.

In Abbildung 1 ist der Einfluß der Proteinversorgung auf die N-Ausscheidung von Milchkühen, besonders über den Harn, dargestellt (GRUBER et al., 1991). Ausgehend von der Kontrollgruppe mit Normversorgung (85 g XP/kg Milch) wurde die Proteinversorgung auf 70 bzw. 55 g

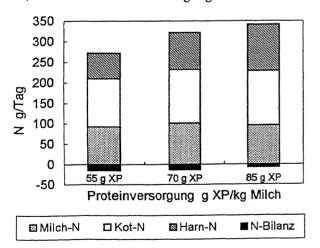


Abbildung 1: Stickstoffbilanz von Kühen bei unterschiedlicher Proteinversorgung (GRUBER et al., 1991)

Figure 1: Nitrogen balance of cows fed different protein levels (GRUBER et al., 1991)

XP/kg Milch reduziert. Das Proteinangebot wurde im Grundfutter durch unterschiedliche Anteile von Gras- und Maissilage und im Kraftfutter durch unterschiedliche Anteile von Getreide und Sojaextraktionsschrot gesteuert. Der Proteingehalt der Rationen 85, 70 bzw. 55 betrug 13,3, 11,7 bzw. 10,5 % XP in der Trockenmasse. Die Milchleistung und Futteraufnahme wurden von der unterschiedlichen Proteinversorgung kaum beeinflußt. Dies war dadurch möglich, daß die Kühe bei Eiweißunterversorgung die N-Ausscheidung über den Harn bis um die Hälfte einschränkten und über den ruminohepatischen Kreislauf im Stoffwechsel wiederverwerteten. Die GfE (1995) geht davon aus, daß die Pansenmikroben ihren N-Bedarf zu 20-30 % aus rezirkuliertem Stickstoff decken können. Entsprechende Fütterungsversuche bei Maststieren mit deutlich abgestufter Rohproteinzufuhr bestätigen diese hohen Rezirkulationsraten (DAENICKE und ROHR, 1983; SCHWARZ et al., 1995). Bei starker Proteinunterversorgung (10,2 % XP) haben Brandt et al. (1981) bei Milchkühen im Vergleich zur Proteinaufnahme mit dem Futter am Duodenum eine um 34 % höhere Proteinmenge festgestellt. Das in den Vormägen gebildete Mikrobenprotein stellt also die wichtigste Proteinquelle des Wiederkäuers dar (ROHR et al., 1986). Mit steigender Milchleistung erhöht sich allerdings der Proteinbedarf mehr als der Energiebedarf. Daher muß der Beitrag des unabgebauten Futterproteins zur Proteinversorgung des Wirtstieres mit steigenden Milchleistungen höher und die Proteinabbaurate folglich geringer werden (GEH, 1986). Wird dagegen die Proteinabbaurate nicht vermindert und die Deckung des Proteinbedarfes des Wirtstieres mit einer Ration von hoher Proteinabbaubarkeit durchgeführt, sind überhöhte Proteinmengen erforderlich. Diese erhöhte Zufuhr an intraruminal stark abgebauten Proteinen führt zu nicht verwertbaren NH3-Überschüssen im Pansen und damit zu einem Anstieg der N-Ausscheidung über den Harn.

In Tabelle 2 und Abbildung 2 ist der Gülleanfall eines Milchviehbetriebes (50.000 kg Milchkontingent) bei unterschiedlicher Milchleistung dargestellt (Berechnungsgrundlagen und Voraussetzungen siehe Tabelle 2). Mit steigendem Leistungsniveau müssen sich die Qualitätskriterien der Ration erhöhen (Energiekonzentration, Proteingehalt, Kraftfutteranteil). Dadurch steigt die Gesamtfutteraufnahme, allerdings im wesentlichen durch vermehrten Kraftfuttereinsatz, während die Grundfutteraufnahme durch Kraftfutterverdrängung leicht zurückgeht. Aus der Sicht der Nährstoffausscheidung über Kot und Harn ist nun entscheidend, daß eine gegebene Milchmenge (Kontingent)

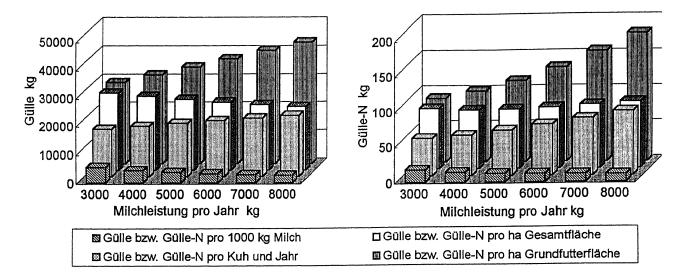


Abbildung 2: Anfall an Gülle bzw. Gülle-Stickstoff in Abhängigkeit von der Milchleistung (nach WINDISCH et al., 1991; KIRCHGESSNER et al., 1991a)

Figure 2: Excretion of slurry and slurry N as affected by milk yield (according to WINDISCH et al., 1991; KIRCHGESSNER et al., 1991a)

bei hoher Milchleistung mit weniger Kühen erzeugt werden kann, wogegen ein niedriges Leistungspotential eine hohe Tieranzahl erfordert. So werden für ein Milchkontingent von 50.000 kg bei einer Leistung von 4.000 kg 12,5 Kühe benötigt, bei einer Leistung von 8.000 kg dagegen nur 6,3 Kühe. Unter Berücksichtigung einer etwas höheren Grundfutteraufnahme bei niedrigerem Kraftfuttereinsatz (11,6 bzw. 10,3 kg T/Tag bei 4.000 bzw. 8.000 kg Stalldurchschnitt) beanspruchen die 12,5 Kühe bei 4.000 kg Milch eine Grundfutterfläche von 7,1 ha, während die 6,3 Kühe bei 8.000 kg Milch nur 3,1 ha Grundfutterfläche benötigen. Bezogen auf das Milchkontingent produziert die geringe Kuhanzahl weniger Gülle (221.800 kg bzw. 134.600 kg bei 4.000 bzw. 8.000 kg Milchleistung), obwohl die Einzelkuh bei hoher Leistung mehr Kot und Harn ausscheidet (17.700 kg bzw. 21.500 kg). Ökologisch und für den Nährstoffkreislauf eines Betriebes entscheidend ist allerdings, welche Güllemenge pro Flächeneinheit ausgebracht wird. Wenn das Kraftfutter zugekauft wird, was im Zuge der Spezialisierung von Ackerbau und Viehwirtschaft sehr häufig der Fall ist, dann erhöht sich die Güllemenge pro ha Grundfutterfläche sehr stark von 31.500 auf 43.000 kg mit steigender Leistung, da immer weniger Grundfutterfläche benötigt wird. Wenn das Kraftfutter dagegen auf dem eigenen Betrieb erzeugt wird, dann kann die Gülle auch auf die Getreideflächen verteilt werden und der Gülleanfall pro ha Gesamtfläche geht sogar leicht zurück (von 26.100 auf 22.300 kg bei 4.000 bzw. 8.000 kg Milchleistung). Betrachtet man nicht die Güllemenge allein, sondern die N-Ausscheidung mit der Gülle, so werden die Verhältnisse mit steigenden Leistungen verschärft, da nicht nur die Menge sondern auch die Konzentration der Gülle ansteigt (Tabelle 2, Abbildung 2). Auch nach ROHR (1992) erhöhen sich die Gülle-N-Mengen je Hektar Winterfutterfläche mit steigender Milchleistung, und zwar von 121 kg bei 5.000 kg Milch auf 186 kg bei 8.000 kg Milch, was mit den eigenen Kalkulationen in Tabelle 2 fast identisch ist.

Neben dem Milchleistungsniveau spielt die Grundfutterqualität ebenfalls eine wichtige Rolle für den Gülleanfall eines Betriebes, wobei hier mehrere Faktoren (zum Teil gegensätzlich) wirksam werden. Die entsprechenden Berechnungsgrundlagen und Auswirkungen auf den Gülleanfall finden sich in Tabelle 3 und Abbildung 3.

Einige Faktoren wirken in Richtung einer Steigerung der Güllemenge pro ha Grundfutterfläche. So geht mit verbesserter Grundfutterqualität auch ein höherer Proteingehalt und damit auch eine höhere Harn-N-Ausscheidung einher. Dagegen fallen die Faktoren, die zu einer Senkung des Gülleanfalls führen, wesentlich stärker ins Gewicht. So wird mit der Steigerung der Grundfutterqualität, d. h. Schnitthäufigkeit, der Hektarertrag mehr oder weniger zurückgehen und andererseits eine deutlich höhere Grundfutteraufnahme zu erzielen sein. Die Kuhanzahl und damit auch die Güllemenge pro Grundfutterfläche ist folglich bei hoher Grundfutterqualität deutlich geringer. Diese Zusammenhänge werden nun noch vom Kraftfuttereinsatz, der das Milchleistungsniveau mitbestimmt, entscheidend geprägt. Erstens geht mit dem Kraftfuttereinsatz die Grund-

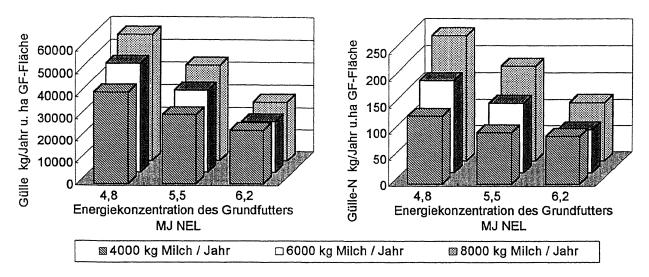


Abbildung 3: Anfall an Gülle bzw. Gülle-N pro Hektar Grundfutterfläche in Abhängigkeit von der Grundfutterqualität und der Milchleistung (nach Windisch et al., 1991; Kirchgessner et al., 1991a)

Figure 3: Excretion of slurry and slurry N per hectare of forage depending on forage quality and milk yield (according to WINDISCH et al., 1991; KIRCHGESSNER et al., 1991a)

Tabelle 3: Kalkulationsunterlagen zum Gülleanfall in der Milchleroduktion in Abhängigkeit von der Grundfutterqualität und der Milchleistung
Table 3: Basis of calculation of amount of slurry in milk production depending on forage quality and milk yield

Energiekonzentration GF (NE	L) MJ/kg T	4,8	5,5	6,2	4,8	5,5	6,2	4,8	5,5	6,2
Proteingehalt GF (XP)	g/kg T	100	115	130	100	115	130	100	115	130
GF-Ertrag	kg T/ha	7.700	7.500	6.500	7.700	7.500	6.500	7.700	7.500	6.500
Milchleistung (ECM)	kg/Jahr	4.000	4.000	4.000	6.000	6.000	6.000	8.000	8.000	8.000
Grundlagen										
Energiekonzentration (NEL)	MJ/kg T	5,83	5,83	6,20	6,22	6,22	6,22	6,51	6,51	6,51
Proteingehalt (XP)	g/kg T	118	118	130	133	133	133	145	145	145
GF-Aufnahme	kg T/Tag	9,05	11,58	12,53	8,52	10,90	15,14	8,03	10,28	14,28
KF-Aufnahme	kg T/Tag	4,28	1,75	0,00	6,77	4,39	0,15	9,23	6,98	2,98
Kühe pro Kontingent	n	12,50	12,50	12,50	8,33	8,33	8,33	6,25	6,25	6,25
Kühe pro ha GF-Fläche	n	2,33	1,77	1,42	2,48	1,88	1,18	2,63	2,00	1,25
Kühe pro ha GES-Fläche	n	1,40	1,47	1,42	1,17	1,22	1,16	1,01	1,04	1,00
GF-Fläche für 50 t Milch	ha	5,36	7,05	8,79	3,36	4,42	7,09	2,38	3,13	5,01
KF-Fläche für 50 t Milch	ha	3,55	1,45	0,00	3,74	2,43	0,08	3,83	2,90	1,24
Gülleanfall (10 % T)										
Gülle pro Kuh und Jahr 1)	kg	17.748	17.748	17.160	19.735	19.735	19.735	21.529	21.529	21.529
Gülle pro ha GF-Fläche	kg	41.380	31.489	24.394	48.883	37.198	23.212	56.541	43.025	26.848
Gülle pro ha GES-Fläche	kg	24.894	26.118	24.394	23.137	24.022	22.951	21.672	22.339	21.53
Gülle pro kg Milch	kg	4,4	4,4	4,3	3,3	3,3	3,3	2,7	2,7	2,7
Gülle-N-Anfall										
N-Gehalt der Gülle	g/kg	3,17	3,17	3,81	3,58	3,58	3,58	4,19	4,19	4,19
Gülle-N pro Kuh u. Jahr	kg	56,2	56,2	65,3	70,7	70,7	70,7	90,2	90,2	90,2
Gülle-N pro ha GF-Fläche	kg	131,1	99,8	92,9	175,2	133,3	83,2	237,0	180,3	112,5
Gülle-N pro ha GES-Fläche	kg	78,9	82,8	82,9	82,9	86,1	82,3	90,8	93,6	90,2
Gülle-N pro kg Milch	g	14,1	14,1	16,3	11,8	11,8	11,8	11,3	11,3	11,3

Vorraussetzungen: siehe Tabelle 2

^{1), 2)} Gleichungen siehe Tabelle 2

futteraufnahme und in Folge die erforderliche Grundfutterfläche zurück und zweitens werden dem Betrieb (besonders in reinen Grünlandbetrieben) mit dem Kraftfutter viele Nährstoffe zugeführt. Der Einfluß des Milchleistungsniveaus auf den Gülleanfall pro ha Grundfutterfläche wirkt sich besonders bei niedriger Grundfutterqualität aus, weil hier ein wesentlich höherer Kraftfuttereinsatz erforderlich ist, als bei guter Qualität.

Alle diese Faktoren zusammengefaßt, fallen auf einem Betrieb mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 4.000 kg bei einer Grundfutterqualität von 4,8, 5,5 bzw. 6,2 MJ NEL/kg T 41,4, 31,5 bzw. 24,4 m³ Gülle pro ha Grundfutterfläche an und bei 8.000 kg Milch 56,5, 43,0 bzw. 26,8 m³ (Tabelle 3).

Die entsprechenden Mengen an Gülle-N sind 131, 100 bzw. 93 (4.000 kg Milch) und 237, 180 bzw. 113 kg Gülle-N pro ha Grundfutterfläche (Abbildung 3). Hauptverantwortlich für diese krassen Unterschiede in der Ausscheidungsmenge sind die Tieranzahl pro ha und der Kraftfuttereinsatz pro Tier in Abhängigkeit von Grundfutterqualität und Milchleistung. Wird jedoch das Kraftfutter auf dem eigenen Betrieb erzeugt und die Gülle auch auf diese Flächen aufgeteilt, so ändert sich die Güllemenge bezogen auf die Gesamtfläche kaum.

Tabelle 4: Kalkulationsunterlagen zum Anfall von Gülle-Stickstoff in der Stiermast bei unterschiedlicher Mastintensität¹⁾

Table 4: Basis of calculation of amount of slurry nitrogen in bull fattening at different fattening intensity¹⁾

Mastintensität		niedrig	mittel	hoch
Grundlagen				
Tageszunahmen	g	1090	1200	1300
Energiekonzentration	MJ ME/kg T	10,95	11,22	11,46
Proteingehalt	g XP/kg T	135	138	141
Energiebedarf	MJ ME/d	76,8	78,9	80,9
Proteinbedarf	g XP/d	916	942	970
Proteinansatz	g XP/d	206	220	235
Proteinverwertung	%	22,5	23,4	24,2
Gesamtfutteraufnahme	kg T/d	7,04	7,06	7,09
Maissilage	kg T/d	5,64	5,36	5,09
Kraftfutter	kg T/d	1,40	1,70	2,00
Energiekraftfutter	kg T/d	0,45	0,70	0,94
Proteinkraftfutter	kg T/d	0,95	1,00	1,06
Silomaisertrag	kg T/ha	12.000	14.000	16.000
Energiekonzentration GF	MJ ME/kg T	10,4	10,6	10,8
Stiere pro ha GF-Fläche	n	6,52	8,09	9,84
Stiere pro ha GES-Fläche	n	3,94	4,08	4,11
GF-Fläche für 100 Stiere	ha	17,14	13,96	11,60
KF-Fläche für 100 Stiere	ha	9,29	11,28	13,27
Anfall an Gülle-N 2)				
Gülle-N pro Stier und Jahr	kg	41,5	42,2	42,9
Gülle-N pro ha GF-Fläche	kg	270,3	341,1	422,4
Gülle-N pro ha GES-Fläche	kg	163,4	172,0	176,4
Gülle-N pro N-Ansatz	kg	3,45	3,28	3,13

¹⁾ Nährstoffversorgung und Stoffansatz aus GfE (1995)

2) N-Bilanz = N-Aufnahme - N-Ansatz

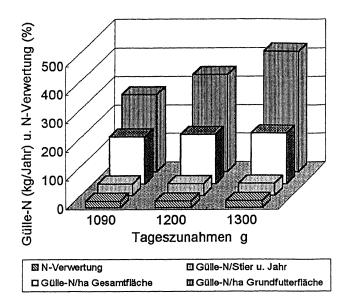


Abbildung 4: Anfall an Gülle-N und N-Verwertung in Abhängigkeit von der Mastintensität

Figure 4: Excretion of slurry N and N efficiency depending on fattening intensity

3.2 Rindermast

Ähnlich wie in der Milchproduktion hat das Leistungsniveau auch in der Rindermast einen deutlichen Einfluß auf die Güllemenge. Die entsprechenden Kalkulationsunterlagen und Ergebnisse sind in Tabelle 4 und Abbildung 4 dargestellt.

Den 3 Mastintensitäten sind Tageszunahmen von 1.090, 1.200 bzw. 1.300 g sowie Silomaiserträge von 12.000, 14.000 bzw. 16.000 kg T/ha unterstellt. Für höhere Zuwachsleistungen sind sowohl eine höhere Energiekonzentration (11,0, 11,2 bzw. 11,5 MJ ME) als auch ein höherer Proteingehalt (13,5, 13,8 bzw. 14,1 %) in der Gesamtration erforderlich. Dies wird erreicht durch höhere Grundfutterqualität (10,4, 10,6 bzw. 10,8 MJ ME) und durch höhere Kraftfuttergaben (1,4, 1,7 bzw. 2,0 kg T). Allerdings kann der Proteingehalt des Kraftfutters mit steigender Leistung, d. h. höheren Kraftfuttermengen abnehmen. Die höheren Erträge und die geringere Grundfutteraufnahme (Kraftfutterverdrängung) führen dazu, daß bei höherer Mastintensität mehr Stiere pro Flächeneinheit gehalten werden können (6,5, 8,1 bzw. 9,8). Ein Betrieb mit 100 Maststieren benötigt 17,1, 14,0 bzw. 11,6 ha Grundfutterfläche sowie 9,3, 11,3 bzw. 13,3 ha Kraftfutterfläche. Obwohl ein Stier mit höherer Zuwachsleistung mehr Protein ansetzt (206, 220 bzw. 235 g/Tag), fällt wegen des höheren Proteinbedarfs auch mehr Stickstoff über die Aus-

scheidung an (41,5, 42,2 bzw. 42,9 kg N pro Jahr), sodaß sich die N-Verwertung mit Steigerung der Mastintensität nur leicht von 22,5 auf 24,2 % verbessert und pro kg N-Ansatz etwa 3,3 kg Gülle-N anfallen. Die höhere Güllemenge pro Stier (wegen des höheren Futterniveaus) und besonders die höhere Tieranzahl pro Flächeneinheit (wegen des höheren Silomaisertrages) münden in einem wesentlich höheren N-Anfall pro ha Silomaisfläche bei hoher Mastintensität (270, 341 bzw. 422 kg Gülle-N). Wird das Kraftfutter auf dem eigenen Betrieb erzeugt und die Gülle auch auf diese Flächen ausgebracht, dann ist der Einfluß der Mastintensität auf den Gülleanfall pro ha Gesamtfläche nicht ganz so stark, obwohl auch mit einer Steigerung des Gülle-N-Anfalls von 163 auf 172 bzw. 176 kg gerechnet werden muß (Abb. 4). Damit fällt in der Rindermast pro Flächeneinheit mehr als doppelt soviel Gülle-N an wie bei der Milchproduktion. Dies liegt besonders an den wesentlich höheren Flächenerträgen des Silomaises, zum Teil auch an der besseren N-Verwertung in der Milchproduktion.

Ähnlich wie in der Milchproduktion kann jedoch die N-Ausscheidung auch in der Rindermast vermindert werden, indem das Proteinangebot über das Futter reduziert wird (Tabelle 5). Dies hat kaum einen negativen Einfluß auf die Zuwachsleistung, da auch die Masttiere bei Bedarf im Stoffwechsel sehr ökonomisch mit dem Stickstoff umgehen, indem sie ihn - anstatt mit dem Harn auszuscheiden - über den ruminohepatischen Kreislauf wieder verwerten. So hat eine Halbierung der täglichen Eiweißergänzung (0,5 kg statt 1,0 kg Sojaextraktionsschrot) in eigenen Versuchen zu keinen Leistungseinbußen, wohl aber zu einer Verminderung der (kalkulierten) N-Ausscheidung in der Gülle um 17 % geführt. Auch die Proteinverwertung verbessert sich um 17 % (GRUBER und LETTNER, 1991). Hinsichtlich der Proteinversorgung ist bei der Rindermast einerseits der Bedarf des Wirtstieres an Protein und andererseits der Bedarf der Pansenmikroben an abbaubarem Stickstoff zu berücksichtigen. Beide Größen hängen zu einem gewissen Teil vom Leistungsniveau, im wesentlichen jedoch vom Lebendmassebereich ab. Im unteren Lebendmassebereich ist der Beitrag des Mikrobenproteins zu gering, um den Proteinbedarf des Wirtstieres decken zu können, was den Einsatz von Proteinquellen mit niedriger Abbaurate erfordert. Mit Fortdauer der Mast übersteigt das Angebot an nutzbarem Protein im Dünndarm mehr und mehr den Bedarf des Wirtstieres, sodaß es um die Deckung des Bedarfes der Mikroben an abbaubarem Stickstoff geht. In dieser Phase ist daher der Einsatz von Proteinquellen mit hoher Abbaubarkeit angebracht (GRUBER, 1996). Aus den Mastversuchen mit Stieren der Rasse Holstein Friesian (DAE-NICKE und ROHR, 1983) und Fleckvieh (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1995) lassen sich bei steigenden Lebendgewichten abnehmende Proteingehalte ableiten. Bei darüber hinausgehender Proteinversorgung wurden keine höheren Tageszunahmen festgestellt. Aus den zweifaktoriell angelegten Versuchen von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995)

Tabelle 5: Futteraufnahme, Mastleistung und (kalkulierte) N-Ausscheidung von Maststieren bei unterschiedlicher Proteinversorgung (nach GRUBER und LETTNER, 1991)

Table 5: Feed intake, fattening performance and (calculated) N excretion of bulls fed different protein levels (according to GRUBER and LETTNER, 1991)

Proteinversorgung		Norm	reduziert
Futteraufnahme			
Maissilage	kg T	6,25	6,25
Getreide	kg T	0,88	1,34
Sojaextraktionsschrot	kg T	0,89	0,45
Rohprotein	gXP	1070	926
Mastleistung			
Tageszunahmen	g	1145	1188
Proteinverwertung	g/kg TZ	935	780
N-Bilanz (kalkuliert)			
N-Aufnahme	g	171	148
N-Ansatz	g	32	32
N-Ausscheidung	g	139	116

wird überdies eine Wechselwirkung zwischen Energie- und Proteinversorgung sichtbar. Bei hohem Energieangebot ist eine niedrigere Proteinaufnahme erforderlich, während sich bei niedrigem Energieniveau ein deutlicher Effekt des Proteins auf die Zuwachsleistung zeigt. Diese Ergebnisse zeigen die große Bedeutung der mikrobiellen Proteinsynthese für die Proteinversorgung der Wiederkäuer und weiters die Möglichkeiten der Ausnutzung des "N-Recyclings" über den ruminohepatischen Kreislauf.

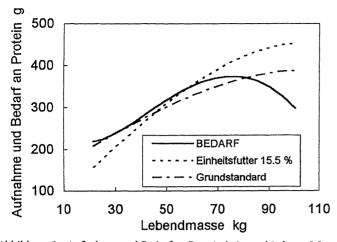
3.3 Schweineproduktion

Die durchschnittlichen Nährstoffausscheidungen in der Schweineproduktion sind in Tabelle 1 angegeben. So fallen pro Jahr und Stallplatz in der Schweinemast etwa 10,3 kg N an und in der Ferkelerzeugung etwa 29 kg N.

Es bieten sich 3 Ansatzpunkte an, die N-Ausscheidungsmenge in der Schweineproduktion zu verringern:

1. Genaue Anpassung der Proteinversorgung an den Bedarf

Im Verlauf des Wachstums steigt beim Mastschwein der Fettansatz stärker an als der Eiweißansatz. Folglich erhöht sich der Energiebedarf der Masttiere stärker als der Proteinbedarf, sodaß der Proteingehalt im Futter während der



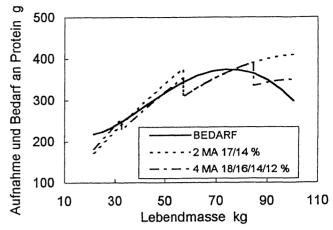


Abbildung 5: Aufnahme und Bedarf an Protein bei verschiedenen Mastmethoden Figure 5: Intake and requirement of protein with different methods of fattening

Mast immer niedriger werden kann. Wird nun während der ganzen Mast nur ein einziges Futter (sog. Universalfutter) verwendet, ergibt sich zu Mastbeginn zwangsläufig ein Eiweißmangel, während gegen Mastende ein deutlich über den Bedarf hinausgehender Eiweißüberschuß entsteht (Abbildung 5). Die sog. Grundstandardmethode (z. B. steigende Mengen Corn-Cob-Mix (CCM) plus konstante Menge Eiweißergänzungsfutter) bringt hingegen eine deutlich bessere Anpassung an den Proteinbedarf, wenngleich sich auch hier ein Überschuß zu Mastende nicht vermeiden läßt, wenn nicht die Menge des Eiweißfuttermittels verringert wird (Abbildung 5). Da eine über den Bedarf hinausgehende Eiweißaufnahme nicht verwertet werden kann, sondern als N ungenützt ausgeschieden wird, sollte der Proteingehalt des Schweinemastfutters mehrmals dem optimalen Gehalt angepaßt werden (mehrphasige Fütterung). Eine gewisse Verbesserung bedeutet eine Unterteilung der Mast in 2 Abschnitte (17 bzw. 14 % Rohprotein im Mastfutter), doch mit 3 (17, 15 bzw. 13 %) oder 4 Mastabschnitten (18, 16, 14 bzw. 12 % Rohprotein) paßt sich die Versorgung dem Bedarf wesentlich besser an (Abbildung 5). Auch in der Zuchtsauenfütterung gibt es zwei Phasen mit sehr unterschiedlichem Proteinbedarf der Zuchtsau (niedriger Bedarf von tragenden und hoher Bedarf von laktierenden Sauen).

Die Auswirkungen einer mehr oder weniger guten Anpassung an den sich ändernden Eiweißbedarf von Schweinen zeigt Tabelle 6. Gegenüber dem Universalfutter (6,3 kg N) führen alle Methoden zu geringeren N-Aufnahmen (5,9 bis 6,0 kg N während des Mastverlaufes). Nur die Mast mit 2 Abschnitten hat relativ geringe Auswirkungen auf die N-

Aufnahme und folglich auch N-Ausscheidung. Die angepaßte Proteinversorgung senkt die N-Ausscheidung um 7 bis 9 % im Vergleich zum Einheitsfutter.

Grundlegende Untersuchungen zum N-Stoffwechsel (Retention und Exkretion) von tragenden Sauen (EVERTS and DEKKER, 1994a) und laktierenden Sauen (EVERTS and DEKKER, 1994b) zeigen Möglichkeiten der Reduktion der N-Exkretion auf. Bei geringerer Proteinzufuhr wurde je nach Trächtigkeitsstadium die N-Exkretion um 35 bis 40 % vermindert. Bei säugenden Sauen wurde der Zuwachs der Ferkel durch die Proteinversorgung der Sauen nicht beeinflußt. Die Proteinversorgung während der Laktation hatte in der ersten Laktation keinen Einfluß auf die N-Exkretion, in der zweiten und dritten Laktation war sie bei höherer

Tabelle 6: N-Ausscheidungen in der Schweineproduktion bei verschiedenen Fütterungsmethoden

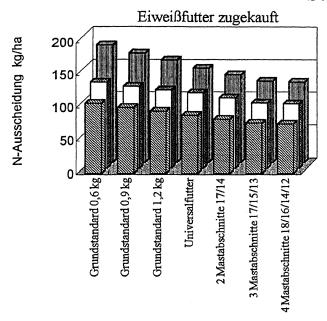
Table 6: N excretion in pig production with different feeding methods

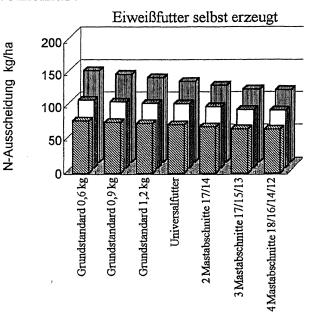
Futterart bzw. Fütterungssystem	Protein- gehalt %	N-Auf- nahme kg	N-Aus- scheidung kg	relativ
Schweinemast ¹⁾				
Einheitsfutter	15,5	6,27	3,91	100
Grundstandard (0,9)	22	5,99	3,63	92,9
2 Mastabschnitte	17/14	6,17	3,80	97,4
3 Mastabschnitte	17/15/13	5,95	3,59	91,9
4 Mastabschnitte	18/14/16/12	5,92	3,56	91,2
Ferkelproduktion ²⁾				
Einheitsfutter	16	43,4	30,4	100
2–Phasenfürterung	12/16	39,8	26,9	88,5

¹⁾ 20-103 kg LM, 690 g Tageszunahmen, 253 kg Futter (eigene Berechnungen auf der Grundlage von GfE, 1987)

²⁾ 2,1 Würfe/Jahr mit 19 aufgezogenen Ferkeln bis 25 kg LM (ROTH und KIRCH-GESSNER, 1993)

Schweinemast





Ferkelproduktion

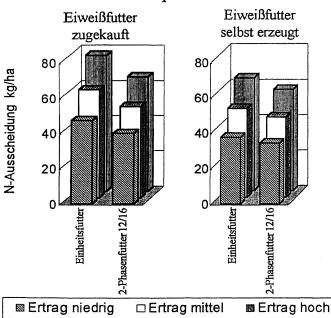


Abbildung 6: Anfall an Gülle-N pro Hektar in der Schweinehaltung bei verschiedenen Produktionsrichtungen

Figure 6: Excretion of slurry N per hectare by pigs in different methods of production

Proteinversorgung höher. Wird in der Zuchtsauenfütterung der Proteingehalt für nichttragende Sauen von 16 auf 12 % abgesenkt, so vermindert sich die jährliche N-Ausscheidung pro Sauenstandplatz gegenüber dem Einheits-

futter (16 % Rohprotein) um 12 % (ROTH und KIRCHGESS-NER, 1993). Darüber hinaus kann neben der Phasenfütterung die Supplementierung mit synthetischen Aminosäuren die N-Ausscheidung weiter verringern (PASLER et al., 1995). Nach Schweizer Untersuchungen benötigen Ferkel einen Mindestrohproteingehalt von 16 % im Futter. Damit eine minimale N-Ausscheidung sowie eine gute Ferkelaufzucht erreicht wird, liegt der optimale Proteingehalt um 17 % (bei einer Energiekonzentration von 13,9 MJ DE), sofern die erstlimitierenden Aminosäuren ergänzt werden (JOST et al., 1993).

Bei einer flächengebundenen Veredelungsproduktion ist nicht nur die Ausscheidungsmenge pro Tier sondern vor allem pro Flächeneinheit bedeutend. Aus diesem Grund sind in Abbildung 6 die N-Ausscheidungen bei verschiedenen Fütterungsmethoden und 3 verschiedenen Ertragsniveaus (Getreide, Eiweißfuttermittel) angeführt. Zusätzlich wird unterschieden, ob die Eiweißfutter gänzlich zugekauft oder zum Teil selbst erzeugt werden. Die entsprechenden Kalkulationsunterlagen finden sich in den Tabellen 7a–7d.

Generell ist festzustellen, daß hohe pflanzenbauliche Erträge eine hohe Tieranzahl pro Hektar bewirken. Dies führt zu höheren N-Ausscheidungen. (Allerdings ist zu berücksichtigen, daß bei höheren Erträgen auch ein höherer Nährstoffbedarf der Pflanzen besteht). Wie schon in Tabelle 6 angeführt, geht die N-Ausscheidung bei einer mehrphasigen Fütterung zurück. Bei durchschnittlichen Erträgen und

Tabelle 7a: Kalkulationsunterlagen zum Anfall von Gülle-N in der Schweineproduktion

1. Inhaltsstoffe der Futterkomponenten (DLG, 1991; DEGUSSA, 1990)

Table 7a: Basis of calculation of amount of slurry N in pig production

 Nutrient content of the feed components (DLG, 1991; DEGUSSA, 1990)

Futtermittel	Anteil	XP	XF	ME	Lys	Met/Cys
		g/kg T	g/kg T	MJ/kg T	g/kg T	g/kg T
Energiekraftfutter						
Gerste	0,30	119	61	14,23	4,28	4,47
Weizen	0,40	136	30	15,69	3,63	5,11
Mais	0,20	108	26	16,03	3,14	4,65
Trockenschnitzel	0,10	97	202	9,28	4,16	2,24
	1,00	121	56	14,68	3,78	4,54
Proteinkraftfutter (100 % Zuk	auf)				
Sojaextr.schrot	0,60	515	71	14,91	31,36	14,94
Rapsextr.schrot	0,40	394	140	11,75	21,24	17,89
	1,00	467	99	13,65	27,31	16,12
Proteinkraftfutter (2/3 Selbstan	ıbau)				
Sojaextr.schrot	0,200	515	71	14,91	31,36	14,94
Rapsextr.schrot	0,133	394	140	11,75	21,24	17,89
Erbse	0,333	260	67	15,72	18,17	6,24
Ackerbohne	0,333	300	91	14,41	18,99	6,03
	1,000	342	86	14,59	21,49	9,46

Tabelle 7c: Kalkulationsunterlagen zum Anfall von Gülle-N in der Schweineproduktion

3. Futtermengen bei verschiedenen Produktionsformen $(kg T)^{1)}$

Table 7c: Basis of calculation of the amount of slurry N in pig production

3. Amount of feeds in different production systems $(kg\;DM)^{1)}$

Produktionsverfahren	Futtermengen
Schweinemast	
Universalfutter	29,3 kg Ferkelaufzuchtfutter +
	216,5 kg Universalfutter
Grundstandard 0,6	67,2 kg GST + 178,7 kg CCM
Grundstandard 0,9	100,8 kg GST + 145,1 kg CCM
Grundstandard 1,2	134,4 kg GST + 111,5 kg CCM
2 Mastabschnitte	98,2 kg MA1 + 147,7 kg MA2
3 Mastabschnitte	54,4 kg MA1 + 94,7 kg MA2 + 96,8 kg MA3
4 Mastabschnitte	9,3 kg MA1 + 68,8 kg MA2 + 88,2 kg MA3 +
	59,6 kg MA4
Ferkelproduktion	
Einheitsfutter	1090 kg
2-Phasen	650 kg Trächtigkeit + 440 kg Säugezeit
Saugferkelfutter	13 kg
Ferkelaufzuchtfutter	627 kg

¹⁾ Kalkulation der Futtermengen entsprechend den Versorgungsempfehlungen der GfE (1987)

Tabelle 7b: Kalkulationsunterlagen zum Anfall von Gülle-N in der Schweineproduktion

2. Inhaltsstoffe der Futtermischungen

Table 7b: Basis of calculation of amount of slurry N in pig production 2. Nutrient content of the feed mixtures

Proteinkraftfutter zu 1 Futtermischung	Anteil	Anteil	XP	ME	Lys	Met/C
	EKF	PKF	g/kg T	MJ/kg T	g/kg T	g/kg T
Schweinemast						
Universalfutter	0,902	0,098	155	14,58	6,09	5,67
Grundstandard 0,6	0,540	0,460	280	14,20	14,60	9,86
Grundstandard 0,9	0,714	0,286	220	14,38	10,52	7,85
Grundstandard 1,2	0,800	0,200	190	14,47	8,47	6,84
2 MA 17/14	0,858	0,142	170	14,53	7,11	6,17
	0,945	0,055	140	14,62	5,07	5,16
3 MA 17/15/13	0,858	0,142	170	14,53	7,11	6,17
	0,916	0,084	150	14,59	5,75	5,50
	0,974	0,026	130	14,65	4,38	4,83
4 MA 18/16/14/12	0,829	0,171	180	14,50	7,79	6,51
	0,887	0,113	160	14,56	6,43	5,84
	0,945	0,055	140	14,62	5,07	5,16
	1,000	0,000	121	14,68	3,77	4,53
Ferkelproduktion						
Einheitsfutter	0,887	0,113	160	14,56	6,43	5,84
Trächtigkeit	1,000	0,000	121	14,68	3,77	4,53
Säugezeit	0,887	0,113	160	14,56	6,43	5,84
Saugferkelfutter	0,714	0,286	220	14,38	10,52	7,85
Ferkelaufzuchtfutter	0,844	0,156	175	14,52	7,45	6,34
Proteinkraftfutter zu 2	/3 selbst erz	eugt				
Futtermischung	Anteil EKF	Anteil PKF	XP g/kg T	ME MJ/kg T	Lys g/kg T	Met/Cy g/kg T
Schweinemast						
Universalfutter	0,846	0,154	155	14,67	6,50	5,29
Grundstandard 0,6	0,281	0,719	280	14,62	16,51	8,07
Grundstandard 0,9	0,552	0,448	220	14,64	11,70	6,74
Grundstandard 1,2	0,688	0,312	190	14,65	9,30	6,07
2 MA 17/14	0,778	0,222	170	14,66	7,70	5,62
	0,914	0,086	140	14,67	5,29	4,95
3 MA 17/15/13	0,778	0,222	170	14,66	7,70	5,62
	0,869	0,131	150	14,67	6,09	5,17
	0,959	0,041	130	14,68	4,49	4,73
4 MA 18/16/14/12	0,733	0,267	180	14,66	8,50	5,84
	0,824	0,176	160	14,66	6,90	5,40
	0,914	0,086	140	14,67	5,29	4,95
	٠,,,					
	1,000	0,000	121	14,68	3,77	4,53
Ferkelproduktion		0,000	121	14,68	3,77	4,53
		0,000	121	14,68	6,90	4,53 5,40
Einheitsfutter	1,000					
Einheitsfutter Trächtigkeit	0,824	0,176	160	14,66	6,90	5,40
Ferkelproduktion Einheitsfutter Trächtigkeit Säugezeit Saugferkelfutter	1,000 0,824 1,000	0,176 0,000	160 121	14,66 14,68	6,90 3,77	5,40 4,53

Tabelle A4d: Kalkulationsunterlagen zum Anfall von Gülle-N in der Schweineproduktion

4. Tierbesatz und N-Ausscheidungen bei verschiedenen Produktionsformen in Abhängigkeit vom Ertragsniveau der Pflanzenproduktion⁴⁾
Table A4d: Basis of calculation of amount of slurry N in pig production

4. Number of animals per hectare and N excretion in different kinds of production and depending on the yields in plant production⁴⁾

	Futte	erverbrauch pro (kg T)	Tier			driger trag ¹⁾		ittlerer rtrag ²⁾		noher rtrag ³⁾
	EKF	PKF	ССМ	N-Exkretion pro Tier	Tiere pro ha	N-Exkretion pro ha	Tiere pro ha	N-Exkretion pro ha	Tiere pro ha	N-Exkretion pro ha
Proteinkraftfutter zu 10	0 % zugekauft							the state of the s		1.07 (1995)
Schweinemast										
Universalfutter	220,0	25,9		3,93	22,37	87,9	28,98	113,8	36,50	143,3
Grundstandard 0,6	36,3	30,9	178,7	3,47	30,40	105,5	37,43	129,9	51,52	178,8
Grundstandard 0,9	71,9	28,9	145,1	3,50	28,30	99,1	35,27	123,5	47,51	166,4
Grundstandard 1,2	107,6	26,8	111,5	3,53	26,47	93,5	33,34	117.8	44,08	155,8
2 MA 17/14	223,9	22,0		3,72	21,99	81,7	28,48	105,8	35,87	133,2
3 MA 17/15/13	227,7	18,2		3,50	21,61	75,7	28,00	98,0	35,26	123,5
4 MA 18/16/14/12	228,3	17,6		3,46	21,56	74,6	27,93	96,7	35,17	121,7
Ferkelproduktion										
Einheitsfutter	1505,3	224,7		14,48	3,27	47,3	4,24	61,3	5,33	77,2
2-Phasen 12/16	1578,7	151,3		12,81	3,12	39,9	4,04	51,7	5,09	65,2
Proteinkraftfutter zu 2/3	3 selbst erzeugt									
Schweinemast									1	
Universalfutter	205,4	40,4		3,93	18,56	72,9	24,65	96,8	31,29	122,9
Grundstandard 0,6	18,9	48,3	178,7	3,47	22,80	79,1	29,45	102,2	40,25	139,6
Grundstandard 0,9	55,7	45,1	145,1	3,50	21,94	76,8	28,48	99,7	38,27	134,0
Grundstandard 1,2	92,5	41,9	111,5	3,53	21,14	74,7	27,57	97,4	36,49	128,9
2 MA 17/14	211,5	34,4		3,72	18,76	69,7	24,83	92,2	31,49	117,0
3 MA 17/15/13	217,5	28,4		3,50	18,97	66,4	25,01	87,6	31,69	110,9
4 MA 18/16/14/12	218,4	27,5		3,46	19,00	65,8	25,04	86,7	31,72	109,8
Ferkelproduktion										
Einheitsfutter	1378,9	351,1		14,48	2,59	37,6	3,46	50,1	4,41	63,8
2-Phasen 12/16	1493,5	236,5		12,81	2,67	34,2	3,53	45,3	4,48	57,4

Erträge pro Hektar (kg T):

Futter	Gerste	Weizen	Mais	CCM	Erbse	Ackerbohne
1) niedrig	3500	4500	7000	7000	2500	2000
2) mittel	4500	6000	8500	8500	3500	3000
3) hoch	5500	7500	12000	12000	4500	4000

⁴⁾ N-Ausscheidung = N-Aufnahme - N-Ansatz

Eiweißfuttermittelzukauf beträgt der N-Anfall über die Gülle etwa 97 bis 130 kg pro ha. Die hohen N-Ausscheidungsmengen bei den Grundstandardverfahren ergeben sich aus der Verwendung von CCM mit im Vergleich zum Getreide deutlich höheren Erträgen und damit Tierzahlen pro Hektar (siehe Nitratbelastung des Grundwassers in besonders intensiven Produktionsgebieten Österreichs, BMLF-Arbeitskreis "Wasser", 1992). In der Zuchtsauenhaltung beträgt die N-Ausscheidung pro Hektar nur etwa die Hälfte. Im Hinblick auf die N-Ausscheidungen ist auch bedeutsam, ob die Eiweißfuttermittel (zum Teil) auf dem eigenen Betrieb erzeugt werden. Im dargestellten Fall sind z. B. zwei Drittel der Eiweißträger (Erbse, Ackerbohne) selbst erzeugt. Dadurch erhöht sich der Flächenbedarf bzw. erniedrigt sich die mögliche Tieranzahl eines Betriebes und die absolut anfallende Ausscheidungsmenge an Nährstoffen wird auf eine größere Fläche verteilt und erniedrigt sich somit beachtlich (10-25 %). Es kommt sozusagen zu einem geringeren "Nährstoffimport" in den landwirtschaftlichen Betrieb.

Unter höchsten Silomaiserträgen ist in der Schweinemast mit bis zu 180 kg/ha N-Anfall pro Mastplatz zu rechnen. Demgegenüber fallen unter durchschnittlichen Ertragsverhältnissen bei teilweiser Eigenproduktion von Eiweißfuttermitteln pro Zuchtsauenstallplatz nur etwa 50 kg N/ha an.

2. Optimale Zusammensetzung der Aminosäuren des Futterproteins

Die erforderliche Zufuhr an Protein wird beim Schwein durch den Bedarf an Aminosäuren bestimmt. Dabei wird der Proteinansatz (Fleischbildung) von den sog. limitierenden Aminosäuren (Lysin bei Getreide/Soja-Rationen) vorgegeben. Das heißt, wenn eine bestimmte Aminosäure im Mangel ist, können alle weiteren Aminosäuren nicht für die Proteinbildung verwertet werden und werden letztlich als Stickstoff ausgeschieden. Mit praxisüblichen Rationen müssen folglich höhere Proteingehalte eingesetzt werden, nur um den Bedarf an den limitierenden Aminosäuren zu decken. Die nicht-limitierenden Aminosäuren sind dabei

im Überschuß und führen zu hohen N-Ausscheidungen. SUSENBETH (1995) hat die Höhe der Lysinaufnahme, die Energieaufnahme, das Wachstumspotential, andere essentielle Aminosäuren und den Gehalt an nicht-essentiellen Aminosäuren als die wesentlichen Einflußfaktoren der Lysinverwertung dargestellt. MENKE et al. (1995) haben das Wachstum und den N-Ansatz als Funktion der Aminosäuren- und Energieaufnahme mit Hilfe verschiedenener Regressionsmodelle beschrieben.

Je mehr die im Futterprotein angebotenen Aminosäuren dem Bedarf für Erhaltung und Leistung entsprechen, desto geringer ist die erforderliche Proteinzufuhr und folglich die N-Ausscheidung. Ein solches "Idealprotein" für wachsende Schweine sollte 6,5 % Lysin (bezogen auf Protein) enthalten (WANG und FULLER, 1990) und die anderen essentiellen Aminosäuren wie Methionin usw. dazu in einem bestimmten Verhältnis vorliegen. Der Lysin-Gehalt einer Getreide/Soja-Ration beträgt dagegen nur etwa 5 % des Proteins. Durch Kombination von Futtermitteln mit verschiedenem Aminosäuremuster (Getreide, pflanzliche und tierische Eiweißfuttermittel) läßt sich die Qualität des Proteins wesentlich verbessern. In letzter Zeit gewinnt der Einsatz synthetischer Aminosäuren an Bedeutung. Welcher Weg der Proteinergänzung gewählt wird, entscheidet die Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

Mit dem Zusatz von reinen Aminosäuren kann der Proteingehalt deutlich abgesenkt und die N-Ausscheidung wesentlich verringert werden (ZOLLITSCH-STELZL et al., 1994). Zum Bedarf an essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren wurden u. a. am Institut für Ernährungsphysiolo-

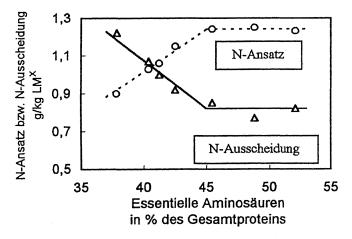


Abbildung 7a: Einfluß steigender Versorgung mit essentiellen Aminosäuren bei gleichbleibendem Proteinangebot (MARKERT et al., 1993)

Figure 7a: Influence of an increasing supply of essential amino acids at constant protein level (MARKERT et al., 1993)

gie der TU München-Weihenstephan grundlegende Versuche durchgeführt. Mit weiblichen Mastschweinen (Landrasse x Pietrain, 50 kg LM) wurden N-Bilanzversuche durchgeführt, um die optimale Versorgung mit essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren herauszufinden. Unter optimaler Versorgung ist der maximale Fleischansatz bei minimaler N-Ausscheidung zu verstehen. Zur Feststellung der optimalen Versorgung mit essentiellen Aminosäuren wurden einer Grundration (Gerste und Erbsen) mit 15 % Rohprotein stufenweise synthetische Aminosäuren (Lysin, Methionin usw. in der Zusammensetzung des "Idealproteins") zugesetzt (von 5,0, 5,5 ... bis 7,5, 8,0 % Lysingehalt im Protein). Bei gleichbleibendem Proteingehalt wurde also die Versorgung mit essentiellen Aminosäuren erhöht. Die wesentlichen Ergebnisse sind in Abbildung 7a dargestellt (MARKERT et al., 1993).

Durch die Verbesserung der Proteinqualität erhöhte sich der Proteinansatz, bis der Anteil der essentiellen Aminosäuren am Protein 45 % betrug, dies war bei 7 % Lysin im Protein. Gleichzeitig verminderte sich die N-Ausscheidung um 28 %. Die N-Verwertung erhöhte sich von 42 auf 62 %. Darüberhinaus läßt sich der Proteinansatz nicht steigern, da die Wachstumskapazität erreicht war. Folglich ging auch die N-Ausscheidung nicht mehr zurück. Bei einem Proteinangebot mit geringerer Qualität erfolgt ein Fleischansatz nur bis zu dem von der limitierenden Aminosäure vorgegebenen Niveau, während die übrigen verstoffwechselt und als N ausgeschieden werden.

Durch Ergänzung mit essentiellen Aminosäuren kann somit bis zu einem gewissen Grad der Proteingehalt und die

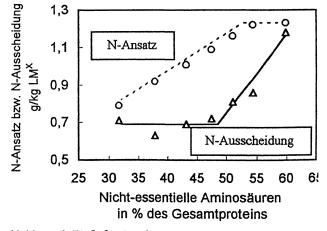


Abbildung 7b: Einfluß steigender Versorgung mit nichtessentiellen Aminosäuren bei bedarfsgerechtem Angebot an essentiellen Aminosäuren (nach ROTH et al., 1993)

Figure 7b: Influence of an increasing supply of nonessential amino acids assuming a sufficient supply of protein (according to ROTH et al., 1993)

N-Ausscheidung herabgesetzt werden, ohne an Zuwachsleistung einzubüßen. Allerdings sind reine Getreiderationen mit supplementierten Aminosäuren herkömmlichen Getreide/Soja-Mischungen nicht ganz gleichwertig, wie Versuche von Spiekers et al. (1991) zeigen (Tabelle 8). Die

Tabelle 8: Tageszunahmen von Mastschweinen bei unterschiedlicher Ergänzung mit Aminosäuren im Vergleich zu Getreide/Soja-Rationen (SPIEKERS et al., 1991)

Table 8: Daily liveweight gains of fattening pigs fed varying amounts of amino acids as a supplement compared with grain/soyabean rations (SPIEKERS et al., 1991)

Gruppe Ration	1 Weizen Sojaextr.schrot	2 Weizen (Sojaextr.schrot)	3 Weizen kein Sojaextr.schrot Ergänzung von:	4 Weizen kein Sojaextr.schro Ergänzung von:
k	Kontrollgruppe eine synthetischen Aminosäuten	Sojaextr.schrot reduziert Ergänzung der AS	Lys Met/Cys Thr Try	Lys Met/Cys Thr, kein Try
30-50 kg LN	Л 579°	593°	498 ^b	501 ^b
50-75 kg LN	∕I 652ªb	694°	651 ^{ab}	578 ^b
75-100 kg L	M 846	789	792	833
Gesamtmast	689°	690°	632 ^b	618 ^b

Gruppe 2 mit teilweisem Ersatz des Sojaextraktionsschrotes und bedarfsgerechter Ergänzung mit reinen Aminosäuren erreichte die gleich hohen Tageszunahmen wie die Getreide/Soja-Kontrollgruppe. Dagegen waren die Zunahmen in Gruppe 3 und Gruppe 4 (Ergänzung mit Lysin, Methionin/Cystein, Threonin bzw. Tryptophan) besonders in den beiden ersten Mastabschnitten (bis 75 kg LM) geringer. Im letzten Mastabschnitt waren keine Unterschiede zu erkennen, über die gesamte Mast betrachtet jedoch schon. Die N-Ausscheidungen waren deutlich von 4,4 auf 3,0, 2,3 bzw. 2,4 kg pro Schwein reduziert. Spiekers und Pfeffer (1991) kalkulierten auf Grund vorliegender Versuchsergebnisse in der Literatur, daß die N-Ausscheidung durch den Zusatz der vier erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan um bis zu 50 % gesenkt werden kann. Die Möglichkeit, mit dem Einsatz von synthetischen Aminosäuren die N-Ausscheidung zu verringern, hat sich in weiteren Versuchen bestätigt (SPIEKERS et al., 1993; PROKOP et al., 1994; SALOBIR et al., 1996).

Die Mastschweine benötigen also neben einer bedarfsgerechten Versorgung mit essentiellen Aminosäuren eine Mindestmenge an nicht-essentiellen Aminosäuren, ohne die der Fleischansatz zurückgeht. Diese Mindestmenge an Protein wurde in N-Bilanzversuchen in Weihenstephan bestimmt (ROTH et al., 1993).

Auch in diesen Versuchen zeigte sich, daß der Proteinansatz – trotz bedarfsgerechter Versorgung mit essentiellen Aminosäuren – niedriger war, wenn nicht eine bestimmte Menge an Rohprotein angeboten wurde. Für 50 kg

schwere Mastschweine lag der optimale Rohproteingehalt bei 14,5 %, oder allgemein ausgedrückt, bei einem Anteil von 52–53 % nicht-essentiellen Aminosäuren. Eine Steigerung des Rohproteingehaltes bis zu diesem Punkt erhöht den N-Ansatz, nicht jedoch die N-Ausscheidung. Erst eine darüber hinausgehende Proteinversorgung liegt über dem Bedarf und erhöht die N-Ausscheidung (Abbildung 7b).

Neben der optimalen Proteinversorgung ist auch die Energiezufuhr für die N-Ausscheidung bedeutend. Diese geht mit steigender Energieversorgung zurück (KIRCHGESSNER et al., 1994). Bei unzureichender Energiezufuhr werden Aminosäuren für Energiezwecke verwendet und deren N-Anteil (Aminogruppe) ausgeschieden. Außerdem liefert die Stärke die erforderliche Energie für den aufwendigen Proteinumsatz. Das optimale Protein/Energie-Verhältnis für 50 kg schwere Mastschweine wurde von KIRCHGESSNER et al. (1994) mit 0,77 g Lysin/MJ ME festgestellt.

3. Einfluß bakteriell fermentierbarer Substanzen

Zusätzlich zur Proteinversorgung wirkt sich auch der Gehalt der Schweinemastration an bakteriell fermentierbaren Substanzen auf die N-Ausscheidung aus. Dies sind Gerüstkohlenhydrate (Zellulose, Hemizellulose usw.), die erst im Dickdarm durch Mikroben verdaut werden. Ein hoher Gehalt an solchen Substanzen fördert das Mikrobenwachstum im Dickdarm und folglich die Menge an organisch gebundenem N. Die N-Ausscheidung verlagert sich dadurch zum Teil vom Harn zu Kot (ROTH und KIRCH-GESSNER, 1993). Kot-N wird im Boden langsam mineralisiert und ist daher ökologisch weniger kritisch als Harn-N (AMBERGER et al., 1982).

Insgesamt betrachtet hat die bedarfsgerechte Eiweißversorgung (Phasenfütterung) einen großen Einfluß auf die N-Ausscheidung in der Schweineproduktion. Ganz große Möglichkeiten in der Verminderung der N-Belastung bestehen vor allem in der Verbesserung der Eiweißqualität.

3.4 Hühnerhaltung

Auch zum Bereich der Hühnerhaltung wurden am Institut für Ernährungsphysiologie der TU München-Weihenstephan umfangreiche Stoffwechselversuche mit Masthühnern und Legehennen durchgeführt (KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990). Daraus kann die durchschnittliche Nährstoffausscheidung mit den Exkrementen sowie deren Abhängigkeit von der Fütterung abgeleitet werden. In der Kurzmast bis 5 Wochen wurden von Mastgeflügel durchschnittlich

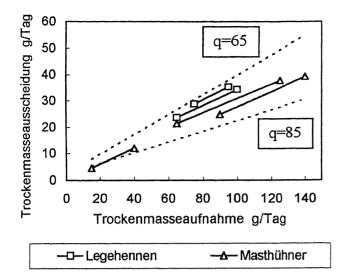


Abbildung 8a: Trockenmasse-Ausscheidung in der Masthühner- und Legehennenhaltung in Abhängigkeit von der Futteraufnahme und Futterqualität (nach KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990)

Figure 8a: Dry matter excretion by poultry as influenced by feed intake and feed quality (according to KIRCHGESSNER and KREUZER, 1990)

20 g T/Tag ausgeschieden, in der verlängerten Geflügelmast bis 8 Wochen 39 g T und von Legehennen 29–34 g T/Tag. WÜRZNER et al. (1987) stellten in der Geflügelmast eine Proteinverwertung von rund 22 % fest. Die Trockenmasseverwertung lag bei 10,5 %.

Die Trockenmasse-Ausscheidung in der Geflügelhaltung hängt eng mit der Futteraufnahme (T) und der Umsetzbarkeit des Futters (q) zusammen. Die Darstellung in Abbildung 8a zeigt, daß die Ausscheidungsmenge unabhängig von der Produktionsrichtung mit der Futteraufnahme ansteigt und mit höherer Futterqualität abnimmt (KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990). Durchschnittlich werden beim Mastgeflügel 28-33 % der T-Aufnahme mit den Exkrementen ausgeschieden und bei den Legehennen 32-38 %. Bei niedriger Futterqualität (q = 65) treten T-Ausscheidungen in der Höhe von 39-53 % der Aufnahme auf und bei hoher Futterqualität (q = 85) 22-34 %. Es ist allerdings zu beachten, daß diese Exkrementmengen nicht unbedingt gleichbedeutend sind mit den in der praktischen Hühnerhaltung anfallenden Ausscheidungsmengen. Hier sind noch die Einstreu, Federn und verstreutes Futter zu berücksichtigen. Außerdem treten durch mikrobiellen Abbau flüchtige Verbindungen (besonders NH₃) auf. Zum Zeitpunkt der Ausscheidung liegen beim Geflügel etwa die Hälfte des Stickstoffs als leichtflüchtiges Ammonium-Ion (NH_4^+) vor (AMBERGER et al., 1982).

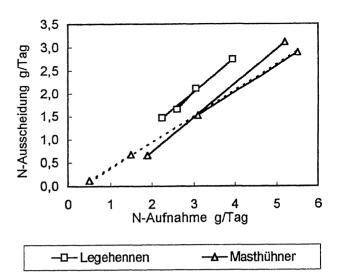


Abbildung 8b: Stickstoffausscheidung in der Masthühner- und Legehennenhaltung in Abhängigkeit von der N-Aufnahme (nach KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990)

Figure 8b: Nitogen excretion by poultry as influenced by nitrogen intake (according to KIRCHGESSNER and KREUZER, 1990)

Von allen Fütterungseinflüssen hat die N-Aufnahme bei weitem die größten Auswirkungen auf die Höhe der N-Ausscheidung und den N-Gehalt der Exkremente. Beide Kriterien steigen mit Erhöhung der Proteinversorgung an (Abbildung 8b). Allerdings ist die Proteinverwertung bei den Legehennen schlechter, ihre N-Ausscheidung bezogen auf die N-Aufnahme folglich höher. Die Legehennen scheiden je nach Proteinaufnahme 63–69 % des aufgenommenen Stickstoffs wieder aus und die Masthühner 24–60 %. Neben der N-Ausscheidungsmenge verändert sich auch der N-Gehalt der Exkremente. Der N-Gehalt der Exkremente kann sich mit steigender N-Versorgung von etwa 3 auf 8 % der T erhöhen.

Tabelle 9: Leistung und N-Ausscheidung von Legehennen bei reduziertem Proteingehalt jedoch gleicher Lysin- und Methioninversorgung (LETTNER et al., 1991)

Table 9: Performance and N excretion of laying hens at reduced protein content but equal lysine and methionine supply (LETTNER et al., 1991)

		Kontrollgruppe	Protein reduziert Ergänzung mit AS
Proteingehalt im Futter	%	18	13
Lysin	%	0,9	0,9
Methionin + Cystin	%	0,7	0,7
Legeleistung	%	86,0	86,1
Eimasse	g	64,5	62,8
Rohverwertung	kg	2,31	2,35
Proteingehalt des Eies	%	13,2	12,9
N-Gehalt im Kot	% in der T	6,4	4,8

Tabelle 10: Kalkulation der Ausscheidungen an Trockenmasse und Stickstoff in der Geflügelhaltung¹⁾

Table 10: Calculation of dry matter and nitrogen excretion in poultry production¹⁾

Kriterium	Einheit	Masthühner	Legehennen
mittlere Lebendmasse	g	942	2150
mittlere Leistung		34 g Tageszunahmen	75 % Legeleistung
Futteraufnahme	g IT/Tag	71	100
Energieaufnahme	MJ ME/Tag	1,05	1,30
Proteinaufnahme	g XP/Tag	18,9	19,2
T-Exkretion	g/Tag	24,6	49,1
N-Exkretion	g/Tag	1,52	2,07
T-Exkretion	kg/ha	5171 ²⁾	6364 ³⁾
N-Exkretion	kg/ha	319 ²⁾	269 ³⁾

¹⁾ Basierend auf den Nährstoffbedarfsangaben von KIRCHGESSNER (1992) und der Exkrementmenge nach KIRCHGESSNER und KREUZER (1990): T-Exkretion = 2,251 + 0,942 * T-Aufnahme - 0,0087 * T-Aufnahme * Umsetzbarkeit (Masthühner und Legehennen)

N-Exkretion = -0,199 + 0,568 * N-Aufnahme (Masthühner) N-Exkretion = -0,270 + 0,764 * N-Aufnahme (Legehennen)

Die Erhöhung der Zufuhr an Energie führt dagegen zu geringeren N-Ausscheidungen (KIRCHGESSNER und KREUZER, 1990). Ähnlich wie in der Schweineproduktion lassen sich auch in der Geflügelhaltung durch den Einsatz von synthetischen Aminosäuren die Proteingehalte im Futter und damit auch die N-Ausscheidungen reduzieren, ohne im wesentlichen an Produktionsleistung einzubüßen. Ein diesbezüglicher Versuch mit Legehennen ist in Tabelle 9 angeführt (LETTNER et al., 1991).

In Tabelle 10 sind die durchschnittlichen Ausscheidungen an Trockenmasse und Stickstoff in der Geflügelhaltung angeführt. Die Kalkulationen beruhen auf der Grundlage einer bedarfsgerechten Fütterung (KIRCHGESSNER, 1992) und einer in Österreich üblichen Rationsgestaltung mit Maisschrot als vorwiegendem Energieträger. Die Ausscheidungen an T und N pro Tier und Tag sind in der Legehennenhaltung etwas höher als bei Masthühnern. Werden die Ausscheidungen jedoch auf die Fläche bezogen, auf der die Energiekomponenten erzeugt werden, resultiert beim Mastgeflügel eine deutlich höhere N-Rücklieferung (319 bzw. 269 kg N/Hektar). Dies ist wesentlich höher als in der Schweinemast und zeigt die große Problematik einer flächenunabhängigen Tierproduktion. Von 10.000 Legehennen bzw. Masthühnerstandplätzen ist eine N-Ausscheidung von 7570 bzw. 4670 kg N zu erwarten.

4. Einflußfaktoren auf die Phosphorausscheidung

4.1 Milchkühe

In der Wiederkäuerernährung wird die Phosphorausscheidung wesentlich von der bedarfsgerechten Versorgung mit Phosphor beeinflußt. Die Art der Futtermittel übt keinen bedeutenden Einfluß auf die Höhe der Phosphorverwertung aus. Denn durch die Verdauung in den Vormägen kann auch der in den Samen von Getreide, Leguminosen und Ölfrüchten zu etwa zwei Drittel vorliegende Phytin-P genützt werden. Die Gesamtverwertbarkeit des Phosphors beträgt für Rinder mit funktionstüchtigem Pansen im Durchschnitt 70 % (GfE, 1993). Der Nettobedarf für Phosphor errechnet sich aus der Sekretion über die Milch, Ansatz in der Gravidität, dem Körperansatz und den unvermeidlichen Verlusten. Der Bruttobedarf ergibt sich unter Berücksichtigung der Verwertung von 70 %. In Tabelle 11 sind die Empfehlungen zur Versorgung von Milchkühen mit Phosphor zusammengefaßt. Die wesentlichste Änderung gegenüber den alten Versorgungsempfehlungen ist, daß der P-Bedarf im niedrigen Leistungsbereich relativ niedrig ist und bei hohen Leistungen progressiv ansteigt.

Vergleichbar mit den oben angeführten Ergebnissen zur N-Ausscheidung von Milchkühen, sinken die P-Ausscheidungen bei steigender Milchleistung, wenn man diese auf die Milchleistung der Kühe bezieht: Bei 4000, 6000 und 8000 kg Jahresmilchleistung werden 2,2, 1,8 bzw. 1,6 g P/kg Milch ausgeschieden (Abbildung 9). Der Phosphoranfall pro Kuh und Jahr erhöht sich mit steigender Milchleistung von 8,9 über 10,8 und 12,7 kg bei 4000, 6000 bzw. 8000 kg Milch. Nur dann, wenn das für die entsprechende Milchleistung notwendige Kraftfutter am eigenen Betrieb erzeugt wird, tritt mit höherer Milchleistung keine Erhöhung der P-Ausscheidungen je ha Futterfläche auf. Je ha

Tabelle 11: Empfehlungen zur Phosphorversorgung von Milchkühen (GfE, 1993)

Table 11: Recommendations for phosphorus supply of dairy cows (GfE, 1993)

Milch kg/Tag	Futteraufnahme kg T/Tag	Versorgungse g/Tag	mpfehlungen g/kg T
5	10,0	21	2,1
10	12,0	31	2,6
15	14,0	41	2,9
20	15,5	51	3,3
25	17,5	61	3,5
30	19,5	71	3,6
35	21,0	80	3,8

²⁾ 56,7 % Maisschrot im Kraftfutter als alleiniger Energieträger 8500 kg T Ertrag von Mais 3759 Tiere pro Jahr bzw. 684 Mastplätze pro ha Mais bei einem Umtrieb von 5,5 pro Jahr

^{3) 65,7 %} Maisschrot im Kraftfutter als alleiniger Energieträger 8500 kg T Ertrag von Mais 355 Tiere pro Hektar Mais und Jahr

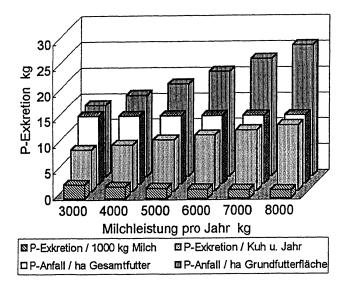


Abbildung 9: Anfall an Phosphor in Abhängigkeit von der Milchleistung

Figure 9: Excretion of phosphorus depending on milk yield

Futterfläche beträgt die P-Rücklieferung bei mittlerer Grundfutterqualität (5,5 MJ NEL) 13,1 kg (4000 kg Milchleistung) bzw. 13,2 kg (8000 kg). Wird die gesamte Güllemenge bei vollständigem Kraftfutterzukauf auf die Grundfutterfläche ausgebracht, steigt die P-Rücklieferung in diesem Fall von 15,8 (4000 kg) auf 20,4 (6000 kg) bzw. 25,4 kg (8000 kg Milch) an.

Der P-Entzug aus dem Boden über das Futter wird wesentlich von der Art des Grundfutters (Heu, Grassilage, Maissilage), botanischen Zusammensetzung, Ertragshöhe, geographischen Lage, Schnitthäufigkeit etc. bestimmt. Folglich schwankt der mittlere P-Entzug je ha Grundfutterfläche zwischen rund 15 und 35 kg. Vergleichbare Einflüsse treten auch hinsichtlich des P-Entzuges auf Ackerflächen (20 bis 35 kg) auf. Wenn man den Entzug an Phosphor durch die Pflanzen der Rücklieferung über die Ausscheidungen der Tiere gegenüberstellt, ist ersichtlich, daß bei bedarfsgerechter P-Versorgung der Kühe nur bei hohen Milchleistungen und bei gleichzeitig hohen Anteilen an Zukaufkraftfutter eine geringfügig positive P-Bilanz möglich ist. In diesem Fall sollte daher auf eine zusätzliche Phosphordüngung verzichtet werden. Bei konsequenter Umsetzung der gültigen Empfehlungen zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen und bei einer flächengebundenen Produktion treten in der Milchproduktion kaum problematische Phosphorüberschüsse auf.

4.2 Rindermast

Bei einer bedarfsgerechten Phosphorversorgung (GfE, 1995) zeigt sich in der Rindermast, daß der P-Anfall mit steigender Mastintensität pro gemästetem Stier leicht zurückgeht. Bei mittleren Tageszunahmen von 1100 g fallen pro Maststier 6,2 kg, bei 1200 g 5,8 kg und bei 1300 g 5,6 kg Phosphor über die Gülle an. Da bessere Mastleistungsergebnisse sowohl eine höhere Grundfutterqualität als auch einen höheren Kraftfuttereinsatz bedingen, wird der P-Anfall pro Flächeneinheit wesentlich von diesen Faktoren beeinflußt. Weiters besteht unter österreichischen Bedingungen zwischen der Silomaisqualität und der Ertragshöhe ein positiver Zusammenhang. Dies bedeutet daher, daß bei hohen Leistungen mehr Tiere pro Flächeneinheit gehalten werden können und daher auch der Gülleanfall ansteigt. Wie die Abbildung 10 zeigt, liegt eine positive Phosphorbilanz dann vor, wenn der Betrieb das Kraftfutter vollständig zukauft und die Gülle zur Gänze auf die Grundfutterfläche (Silomais) ausbringt. Ein anderes Bild zeigt sich hingegen, wenn das Kraftfutter am Betrieb erzeugt wird oder eine entsprechende Flächenausstattung, z. B. Marktfruchterzeugung, zur Gülleausbringung vorliegt. Bei Tageszunahmen von 1100, 1200 bzw. 1300 g ergibt sich ein um 0,9, 3,7 bzw. 6,1 kg höherer P-Entzug, als die P-Rücklieferung über die Gülle je Hektar beträgt.

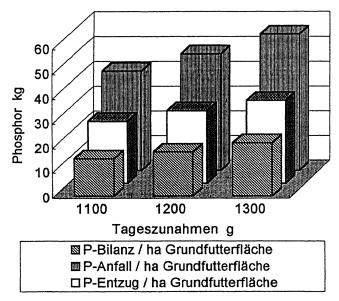


Abbildung 10: Anfall an Phosphor und Phosporbilanz in Abhängigkeit von der Mastleistung bei Ausbringung auf die Grundfutterfläche

Figure 10: Excretion of phosphorus and phosphorus balance as influenced by fattening performance when slurry is applied to the forage area

Auch in der Rindermast zeigt sich, daß nur bei hohem Tierbesatz je Flächeneinheit und bei entsprechend hohem Kraftfutterzukauf Probleme in bezug auf eine Phosphoranreicherung im Boden gegeben sind. In diesem Fall führen auch höhere Leistungen zu keiner Entlastung – im Gegenteil, der Output an Phosphor pro Flächeneinheit steigt an.

Die angeführten Berechnungen spiegeln den Fall einer bedarfsgerechten P-Versorgung wider (GfE, 1995). Wenn die Bedarfsnormen in der Fütterung nicht berücksichtigt werden und die eingesetzten Futtermittel (Kraftfutter, Eiweißkonzentrat oder Mineralstoffmischungen) überhöhte P-Gehalte aufweisen, nehmen die Ausscheidungen um die Überversorgungsmenge zu. Im Berechnungsbeispiel zeigt sich, daß zusätzlich zum P-Gehalt im Grund- und Kraftfutter nur ein geringer P-Ergänzungsbedarf (max. 1,4 g/ Tag) im Lebendmassebereich zwischen 170 und 550 kg gegeben ist. Leider weisen handelsübliche Futtermittel vielfach überhöhte P-Gehalte auf, wodurch eine erhebliche Überversorgung auftritt.

4.3 Schweine- und Geflügelhaltung

Aus wirtschaftlichen Gründen sind in der Fütterung der Schweine und des Geflügels tierische Eiweißfuttermittel weitgehend durch pflanzliche ersetzt worden. Der Phosphor aus pflanzlichen Futtermitteln wird jedoch wesentlich schlechter verwertet als der Phosphor tierischer Herkunft. In Getreide und Leguminosen liegt Phosphor zu etwa zwei Drittel als Phytinphosphor vor (Tabelle 12).

Die Rationsgestaltung hat sich daher einerseits am Bedarf der Tiere zu orientieren, andererseits muß die Phosphorquelle (Verwertung) berücksichtigt werden.

In der Schweinemast beträgt der P-Ansatz im Mittel 5,1 g je kg Zuwachs (JONGBLOED, 1987). Unter Einbeziehung der unvermeidlichen P-Verluste beträgt der P-Nettobedarf im Lebendmassebereich von 20 bis 50 kg 5 g und im zwei-

Tabelle 12: Gehalt an Phosphor und Phytin-Phosphor (MÜLLER, 1995)

Table 12: Content of phosphorus and phytic phosphorus (MÜLLER, 1995)

Futtermittel	Phosphor g/kg T	Phytin-Phosphor g/kg T	Phytin-Phosphor % des P
Mais	3,1	2,1	68
Weizen	3,8	2,3-2,9	61–76
Gerste	4,0	2,2-2,9	55-73
Sojaextraktionsschrot	7,4	4,4	59
Rapsextraktionsschrot	11,4	6,8-8,3	60-73
Futtererbsen	4,8	1,9–2,4	40–50

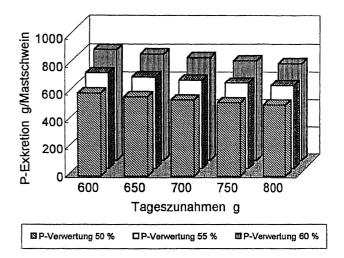


Abbildung 11: Anfall an Phosphor in Abhängigkeit von den Tageszunahmen und Phosphor-Verwertung in der Schweinemast Figure 11: Excretion of phosphorus depending on daily gains and

Figure 11: Excretion of phosphorus depending on daily gains and phosphorus utilization in pig fattening

ten Mastabschnitt 6 g je Tier und Tag (GfE, 1987). Je nach Leistungshöhe und der P-Verwertung schwankt der P-Bruttobedarf. Bei einer genau an den Bedarf angepaßten Phosphorversorgung, einer P-Verwertung von 50 % und mittleren Tageszunahmen von 700 g betragen die Phosphorausscheidungen je Mastschwein (20 bis 100 kg) etwa 750 g. Dies entspricht einer Phosphorausnutzung von 54,3 %. Bei einer um 10 % höheren P-Verwertung im Futter würden die Phosphorverluste um 18,9 % zurückgehen bzw. pro Mastschwein 558 g P ausgeschieden werden. Bei um 50 g geringeren Tageszunahmen würden sich die P-Ausscheidungen um 1,8 % oder 26 g P erhöhen (Abbildung 11).

Bei den in Österreich üblichen Mastschweinerationen (Getreide, Körnermais, Maiskornsilage, Extraktionsschrote, Mineral- und Wirkstoffergänzung) ist von einer P-Verwertung von 50–55 % auszugehen. In der Praxis sind auf Grund überhöhter Mineralfutterergänzungen zum Teil über den Bedarf hinausgehende Phosphorgehalte (10 % zu Mastbeginn und 20 % zu Mastende) anzutreffen, wodurch die Ausscheidungen im Mittel um weitere 170 g pro Schwein ansteigen.

Die P-Bilanz im Boden wird wesentlich vom Tierbesatz, dem Ertrag, dem Pflanzenbestand und der Rationsgestaltung beeinflußt. Wenn Mastschweine bedarfsgerecht versorgt werden, die Mast mit eigenem Getreide bzw. Körnermais durchgeführt und das Eiweißergänzungsfutter vollständig zugekauft wird, liegt je Flächeneinheit zumeist eine positive P-Bilanz vor. Eine beträchtliche P-Anreicherung im Boden tritt dann auf, wenn größere Mengen an Futter

zugekauft (zusätzlicher Nährstoff-Input) und wenn die Tiere nicht bedarfsgerecht mit P versorgt werden. Besondere Bedeutung kommt daher einer an die vorhandene Fläche gebundenen Tierhaltung sowie der Phasenfütterung in der Schweinemast und Zuchtsauenfütterung (vergleiche N-Ausscheidungen) zu.

In der Fütterung von Legehennen und von Mastgeflügel sind die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie in der Schweinefütterung gültig, jedoch ist der P-Anfall über die Exkremente höher, wenn sich der mögliche Tierbesatz nach der für die Energiekomponenten (Getreide) notwendigen Fläche richtet. Bei der Legehennenhaltung ergibt sich in diesem Fall im Durchschnitt eine P-Ausscheidung von 71 kg bzw. bei Masthühnern von 45 kg pro Jahr und Hektar Getreidefläche.

Nur eine möglichst vollständige Produktion des Futters am eigenen Betrieb, oder eine dementsprechende Flächenausstattung sowie eine an den Bedarf angepaßte Versorgung mit Phosphor verhindern daher eine Belastung des Bodens.

Phytaseeinsatz

In den letzten Jahren werden verstärkt Anstrengungen in Bezug auf eine Erhöhung der Phosphorverfügbarkeit durch Enzymeinsatz (Phytasen) unternommen. Durch den Einsatz des Enzymes Phytase soll der Phytin-Phosphor in pflanzlichen Futtermitteln für Monogastrier verfügbar gemacht werden. Monogastrier verfügen über keine körpereigene Phytase. Auch der Gehalt in den eingesetzten Futtermitteln ist sehr gering. Phytase wird großtechnisch durch Fermentation mit dem gentechnisch modifizierten Pilz Aspergilus niger gewonnen. Die grundsätzlichen Möglichkeiten des Einsatzes von mikrobieller Phytase gehen aus einer Übersichtsarbeit von SCHULZ und BERK (1996) hervor. Durch den Einsatz von Phytase steigt in der Schweinefütterung die P-Verdaulichkeit um 10 bis 20 Prozentpunkte an (SPIEKERS und PFEFFER, 1991). In der Schweinemast stellte Pfeiffer (1995) durch Phytaseeinsatz eine Reduktion der P-Exkretion bei gleichen Mastleistungen um 30 bzw. 41 % fest. Vergleichbare Ergebnisse erzielten auch SALOBIR et al. (1996). Eine um 52 % reduzierte faecale P-Exkretion in der Ferkelfütterung konnten PALLAUF et al. (1992) durch einen Phytasezusatz von 1000 U/kg Futter feststellen. Vergleichbare Ergebnisse zeigten sich in der Ferkelfütterung auch in Versuchen von FLACHOWSKY (1993). Weiters kann durch Phytaseeinsatz auch die Verfügbarkeit bivalenter Kationen (Ca, Zn, Mg) verbessert werden (PALLAUF et al., 1992; Flachowsky, 1993).

Auch in der Legehühnerfütterung stellten LETTNER et

al. (1995) durch Enzymeinsatz bei gleicher Legeleistung eine Reduktion der P-Exkretion um 25 % fest. Eine um bis zu 50 % verringerte tägliche P-Ausscheidung in der Fütterung von Masthühnern wurde von MÜLLER (1995) beschrieben.

Diese Untersuchungen zeigen, daß die P-Ausscheidung aus der Tierproduktion durch Enzymeinsatz abgeschwächt werden kann, allerdings werden die Futterkosten erhöht. Weiters müßte es gelingen, die technischen Probleme des Phytaseeinsatzes (Erhöhung der Hitze- und Feuchtigkeitsstabilität) zu überwinden, um einen verstärkten Einsatz in der Praxis zu ermöglichen. Aus ökologischer Sicht sollte jedoch vorrangig der flächengebundenen landwirtschaftlichen Produktion verstärktes Augenmerk geschenkt werden.

5. Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, daß die Nährstoffrücklieferung aus der Tierproduktion an den Boden unter ausgewogenen Produktionsverhältnissen (Düngung, Tierbesatz, Kraftfutterzukauf) einigermaßen dem Entzug durch die Pflanzen entspricht. Intensive Düngung und ein hoher Anteil an Zukaufsfuttermitteln führen zu einem hohen Tierbesatz pro Flächeneinheit und entsprechend hohen Ausscheidungsmengen. Die Ertragssteigerung in der Pflanzenproduktion und die Leistungssteigerung in der Nutztierhaltung führen somit zu überhöhten und daher problematischen Nährstoffrücklieferungen. Die viehwirtschaftliche Produktion, d. h. die Tieranzahl sollte an eine bestimmte Fläche gebunden sein. Es ist eine Nährstoffbilanzierung notwendig, bei welcher die dem Boden über die Düngung zugeführten Nährstoffe dem Entzug durch die Pflanzen gegenübergestellt werden. Dazu ist die Kenntnis des Pflanzenertrages und der tierischen Ausscheidungsmengen erforderlich sowie der darin enthaltenen Nährstoffe. Um die über den Bedarf hinausgehende Nährstoffzufuhr an die Nutztiere zu vermeiden, ist auch eine exakte Rationsberechnung zweckmäßig, die sowohl die tatsächliche Futteraufnahme als auch betriebsspezifische Nährstoffgehalte berücksichtigt. Bei der Haltung von Wiederkäuern kann durch deren Möglichkeit des "N-Recyclings" über den ruminohepatischen Kreislauf eine hohe Stickstoffeffizienz und damit Verringerung der Ausscheidung erreicht werden. Dies gilt in Situationen, in denen der N-Bedarf der Pansenmikroben den Proteinbedarf der Wirtstiere übersteigt (niedrige Milchleistung, Trockenstehzeit, Kalbinnenaufzucht, Rindermast im höheren Lebendmassebereich etc.). Bei hohem Proteinbedarf des Wirtstieres können die N-Ausscheidungen durch Verwendung von Futtermitteln mit geringerer Proteinabbaurate reduziert werden.

Die Kalkulationen haben weiters ergeben, daß die weitverbreitete Ansicht – hohe tierische Leistungen seien ökologisch vorteilhafter, da sie zu geringeren Nährstoffausscheidungen pro Nahrungsmittel führen (z. B. FLACHOWSKY, 1992) – relativiert werden müssen. Unter der häufig anzutreffenden Situation des Kraftfutterzukaufes in der Rinderhaltung erhöhen sich die Nährstoffausscheidungen auf die Grundfutterfläche mit steigender Leistung, während sie bezogen auf die gesamte Fläche etwa gleich bleiben.

Literatur

- AMBERGER, A., K. VILSMEIER und R. GUTZER (1982): Stickstoffraktionen verschiedener Güllen und deren Wirkung im Pflanzenversuch. Z. Pflanzenernährg., Bodenkd., 145, 325–336.
- AMON, B., J. BOXBERGER, TH. AMON und A. ZAUSSINGER (1996): Einsatz eines mobilen Emissionsmeßraumes zur Emissionsratenbestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der Rinderhaltung. Manuskript für die 3. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung". 11./12. März 1997, Kiel (im Druck).
- BLAXTER, K. L. und J. L. CLAPPERTON (1965): Prediction of the amount of methane produced by ruminants. Br. J. Nutr., 19, 511–522.
- BMLF-Arbeitskreis "Wasser" (1992): Flächenhafte Nitratbelastung des Grundwassers. Teilbereich: Potentieller Einfluß der Landwirtschaft Versuch einer kartografischen Darstellung. Förderungsdienst, 40, Sonderbeilage zu Folge 4/92.
- Brandt, M., K. Rohr und P. Lebzien (1981): Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzungen in den Vormägen von Milchkühen. 2. Mitteilung: Einfluß eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff sowie einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die mikrobielle Proteinsynthese. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 46, 49–59.
- DACCORD, R. (1996): N-Verwertung Wiederkäuer: effizient bei bekannten Grenzen. Agrarforschung 3, 415–418
- DAENICKE, R. und K. ROHR (1983): Versuche zur optimalen Kraftfutterergänzung bei der Intensivmast von Jung-

- bullen mit teigreifer Maissilage. Landbauforschung Völkenrode, 33, 65–71.
- DEGUSSA (1990): Die Aminosäuren-Zusammensetzung von Futtermitteln.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (1991): DLG-Futterwerttabellen Schweine. 6. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- EVERTS, H. und R. A. DEKKER (1994a): Effect of nitrogen supply on the retention and excretion of nitrogen and on energy metabolism of pregnant sows. Anim. Prod., 59, 293–301.
- EVERTS, H. und R. A. DEKKER (1994b): Effect of nitrogen supply on nitrogen and energy metabolism in lactating sows. Anim. Prod., 59, 445–454.
- FAP, RAC, FAC (Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Reckenholz, Station federale recherche de agronomique de Changins, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene Liebefeld) (1994): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Landwirtschaftliche Beratungszentrale (LBL), Lindau.
- FLACHOWSKY, G. (1992): Animal nutrition ecology versus economics. Anim. Res. Dev., 35, 7–22.
- FLACHOWSKY, G. (1993): Beiträge der Tierernährung zur Senkung der Umweltbelastung. Lohmann Information Okt.-Dez., 1–9.
- FLÜCKIGER, E., J.-M. BESSON und F. JANS (1989): Anfall an Kot und Harn von Hochleistungskühen. Schweiz. Landw. Fo., 28, 175–189.
- GEH (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere) Ausschuß für Bedarfsnormen (1986): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 3: Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) Ausschuß für Bedarfsnormen (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 4: Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1993): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen. Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Milchkühen mit Calcium und Phosphor. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 1, 108–113.
- 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 (Main).

- GRUBER, L. und F. LETTNER (1991): Einfluß einer reduzierten Proteinergänzung in der Rindermast mit Maissilage. Die Bodenkultur, 42, 71–82.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER and A. SCHAUER (1991): Milk yield and nitrogen balance in dairy cows at different protein levels and constant energy supply. Proc. 6th International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Herning, DK, 9-14 June 1991, 315–317.
- GRUBER, L. (1996): Neue Bedarfsnormen in der Rindermast Konsequenzen für die praktische Fütterung. Der Förderungsdienst, 44, 233–243.
- JOST, M., F. PHILIPP und P. KUNZ (1993): Reduktion des Proteingehaltes im Ferkelfutter zur Verminderung der N-Ausscheidungen. Landwirtschaft Schweiz, 6, 101–105.
- JONGBLOED, A. E. (1987): Phosphorus in the feeding of pigs. Diss. agr., Wageningen, zitiert nach Spiekers und Pfeffer (1991).
- KIRCHGESSNER, M. und M. KREUZER (1990): Exkrementmenge und N-Ausscheidung in der Broiler- und Legehennenhaltung bei Variation der Fütterungsintensität an Protein und Energie. Agribiol. Res., 43, 348-366.
- KIRCHGESSNER, M., W. WINDISCH und M. KREUZER (1991a): Stickstoffemission laktierender Milchkühe über die Gülle in Abhängigkeit von der Leistungsintensität. Agribiol. Res., 44, 1–13.
- KIRCHGESSNER, M., M. KREUZER und F. X. ROTH (1991b): Bestimmungsfaktoren der Güllecharakteristik beim Schwein. 1. Einfluß von Leistungsrichtung, -stadium und -intensität sowie Futteraufnahme und Geschlecht unter üblichen Fütterungsbedingungen. Agribiol. Res., 44, 299–324.
- KIRCHGESSNER, M. (1992): Tierernährung, DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- KIRCHGESSNER, M., W. MARKERT und F. X. ROTH (1994): Bilanzstudien zur Reduzierung der N-Ausscheidung von Mastschweinen. 4. Einfluß der Lysin- und Energieversorgung auf die N-Bilanz von Mastschweinen. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 71, 147–155.
- KREUZER, M., F. X. ROTH und M. KIRCHGESSNER (1992): Bestimmungsfaktoren der Güllecharakteristik beim Schwein. 4. Einflüsse auf P, K und Mg in der Gülle. Agribiol. Res., 45, 1–17.
- LETTNER, F., W. ZOLLITSCH und M. SCHAMS-SCHARGH (1991): Einfluß der Absenkung des Rohproteingehaltes im Legehennenalleinfutter auf Leistung, Eizusammensetzung und Stickstoffausscheidung. Die Bodenkultur, 42, 377–384.
- LETTNER, F., W. ZOLLITSCH und F. PREINING (1995): Enzy-

- mpräparate im Legehennenalleinfutter. Der Förderungsdienst, 11, 350-352.
- MARKERT, W., M. KIRCHGESSNER und F. X. ROTH (1993): Bilanzstudien zur Reduzierung der N-Ausscheidung von Mastschweinen. 1. Optimale Versorgung mit essentiellen Aminosäuren. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 70, 159–171.
- MENKE, K. H., W. WIESEMÜLLER und A. SUSENBETH (1995): Wachstum und N-Ansatz als Funktion der Aminosäureaufnahme beim Schwein eine regressive Auswertung von Literaturdaten. Übers. Tierernährg., 23, 159–187.
- MÜLLER, A. (1995): Zum Einsatz von Phytase in der Tierernährung. Lohmann Information Sept.-Dez., 21–23.
- Pallauf, J., D. Höhler, G. Rimbach und H. Neusser (1992): Einfluß einer Zulage an mikrobieller Phytase zu einer Mais-Soja-Diät auf die scheinbare Absorption von Phosphor und Calcium beim Ferkel. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 67, 30–40.
- Pasler, U., H. Nonn, H. Jeroch und D. Kahrs (1995): Untersuchungen zur N-reduzierten Fütterung von Zuchtsauen. Lohmann Information, Mai–Aug., 15–20.
- PFEFFER, E. (1992): Umweltbelastung durch die Tierhaltung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung Ernährungsphysiologische Aspekte. Züchtungskde., 64, 254–261.
- PFEIFFER, A. (1995): Untersuchungen zur Wirkung von Phytase in P-reduzierten Schweinemastrationen auf den Umfang der P-Ausscheidung sowie vergleichende Kalkulationen anhand der Phosphorgehalte im Kot. Züchtungskde., 67, 147–157.
- PROKOP, V. (1994): Reduction of nitrogen excretion in fattening pigs by utillization of synthetic amino acids. Zivocisna Vyroba, 39, 421–428 (in tschechisch).
- ROHR, K., P. LEBZIEN, H. SCHAFFT und E. SCHULZ (1986): Prediction of duodenal flow of non-ammonia nitrogen and ammino acid nitrogen in dairy cows. Livest. Prod. Sci., 14, 29–40.
- ROHR, K. (1992): Verringerung der Stickstoffausscheidungen bei Rind, Schwein und Geflügel. Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft 132 (Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft), 39–53.
- ROTH, F. X., W. MARKERT und M. KIRCHGESSNER (1993): Bilanzstudien zur Reduzierung der N-Ausscheidung von Mastschweinen. 2. Zur optimalen Versorgung mit α-Aminostickstoff von Mastschweinen. J. Anim. Physiol. a. Nutr., 70, 196–206.
- ROTH, F. X. und M. KIRCHGESSNER (1993): Verminderte Stickstoffausscheidung beim Schwein durch gezielte

- Protein- und Aminosäurenzufuhr. Züchtungskde., 65, 420–429.
- SALOBIR, K., J. SALOBIR, M. SKERJANEC, S. ZGU and J. STO-PAR (1996): The suitability of feed mixtures with low protein and phosphorus content, with amino acids and phytase for fattening pigs. Zbornik predavanj. 24. und 25. Oktober 1996, Radenci, Slowenien. 16–25 (in slowenisch).
- Schechtner, G. und Mitarbeiter (1991): Wirtschaftsdünger Richtige Gewinnung und Anwendung. Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst". BMLF, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.
- SCHULZ, E. und A. BERK (1996): Zur P-Versorgung von Schweinen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von mikrobieller Phytase. Lohmann Information, April-Iuni, 17–24.
- Schwarz, F. J., M. Kirchgessner, U. Heindl und C. Augustini (1995): Zum Einfluß unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh-Jungbullen. 2. Mitt. Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Auswirkungen auf den Rohproteinbedarf. Züchtungskde., 67, 62–74.
- 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.
- SMITS, M. C. J., H. VALK, A. ELZING and A. KEEN (1995): Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. Livest. Prod. Sci., 44, 147–156.
- Spiekers, H. und E. Pfeffer (1991): Umweltschonende Ernährung von Schwein und Rind mit Stickstoff und Phosphor. Übers. Tierernährg., 19, 201–246.
- Spiekers, H., K.-H. Grünewald, C. Seiwert, R. Struth und E. Niess (1991): Reduction of N-excretion of piglets and fattening pigs by feeding synthetic amino acids. Agribiol. Res., 44, 235–246.
- SPIEKERS, H., K.-H. GRÜNEWALD und CH. SEIWERT,

- (1993): Free amino acids in protein-reduced cereal based diets for piglets. Agribiol. Res., 46, 101-111.
- SUSENBETH, A. (1995): Factors affecting lysine utilization in growing pigs: an analysis of literature data. Livest. Prod. Sci., 43, 193–204.
- TAMMINGA, S. (1992): Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. J. Dairy Sci., 75, 345–357.
- VALK, V. (1994): Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N-utilization and milk production of dairy cows. Livest. Prod. Sci., 40, 241–250.
- WANG, T. C. and M. F. FULLER (1990): The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. Anim. Prod., 50, 155–164.
- WINDISCH, W., M. KIRCHGESSNER und M. KREUZER (1991): Güllemenge bei laktierenden Milchkühen in Abhängigkeit von der Leistungsintsität. Agribiol. Res., 44, 170–181.
- WÜRZNER, H., F. LETTNER und W. WETSCHEREK (1987): Rohproteinausbeute beim Mastgeflügel. Die Bodenkultur, 38, 63–66.
- ZOLLITSCH-STELZL, J., F. LETTNER und W. ZOLLITSCH (1994): Effekte der Reduzierung des Rohproteingehaltes in der Schweinemast. Die Bodenkultur, 43, 353–362.

Anschrift der Verfasser

Dr. Leonhard Gruber und Dr. Andreas Steinwidder, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Abteilung Viehwirtschaft, A-8952 Irdning, Österreich.

Eingelangt am 16. September 1996 Angenommen am 4. November 1996