

Anfall und Zusammensetzung von Hofdünger aus der Rindviehmast

Harald MENZI, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL) Liebefeld, CH-3003 Bern
Eduard LEHMANN und Jürg KESSLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux
Auskünfte: Harald Menzi, e-mail: harald.menzi@shl.bfh.ch, Fax +41(0)31 910 22 99, Tel. +41(0)31 910 22 07

Für den gezielten Hofdüngereinsatz werden zuverlässige Angaben über den Anfall und die Zusammensetzung von Gülle und Mist benötigt. Als Grundlage für entsprechende neue Richtwerte für Rindviehmastbetriebe wurden Bilanzversuche auf Praxisbetrieben durchgeführt. Die Ergebnisse zu Nährstoffausscheidungen sowie Anfall und Zusammensetzung von Gülle und Mist zeigen, dass nur kleinere Anpassungen an den bisherigen Richtwerten notwendig sind.

Richtwerte über die Nährstoffausscheidungen von Nutztieren sowie über Menge und Zusammensetzung der daraus entstehenden Hofdünger sind sowohl in der Düngungsplanung, wie auch für die Berechnung der Nährstoffbilanz für den ökologischen Leistungsnachweis wichtige Grundlagen. Die Richtwerte für Rindviehmastbetriebe in den «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» (Forschungsanstalten 1994) wurden teilweise von entsprechenden Werten für Milchvieh abgeleitet. Daher waren sie unter Praxisverhältnissen nur beschränkt zuverlässig. Diese Lücke zu schliessen, war das Ziel unserer Versuche. Erfasst haben wir: die Gülle- und Mistmenge, die Pflanzen-Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphat (P_2O_5), Kali (K_2O), Magnesium (Mg) und Kalzium (Ca) sowie die Schwermetalle Kupfer (Cu), Zink (Zn), Cadmium (Cd) und Blei (Pb).

Bilanzversuche auf Praxisbetrieben

Zwischen Ende 1994 und Anfang 1997 wurden auf 15 Praxisbetrieben in verschiedenen Regionen der Schweiz Bilanzversuche (Bilanzrechnungen anhand von Futter- und Hofdüngererhebungen) mit Mastmünnen durchgeführt (vgl. Kasten: Erhebungen in Stichworten). Insgesamt konnten die Ergebnisse von 37 Erhebungsperioden auf 13 Betrieben für die Schlussauswertung verwendet werden. Davon stammten 27 Erhebungsperioden (9 Betriebe) von Betrieben mit Vollgüllesystemen, sechs (2 Betriebe) von Betrieben mit Mistsystemen und vier (2 Betriebe) von Betrieben mit Gülle- und Mistproduktion. Die Stichprobe ist für Schweizer Rindviehmastbetriebe ohne Weidemast repräsentativ.

Nährstoffausscheidungen

Um Ungenauigkeiten wegen Verlusten (Ammoniakverflüchtigung) und schwieriger Hofdünger-Probenahme zu vermeiden,

wurden die Ausscheidungen der Tiere anhand der Ergebnisse der Bilanzrechnung beurteilt. Die ermittelten Ausscheidungen von 38 kg N und 13,1 kg P_2O_5 pro Tierplatz und Jahr lagen für N um knapp 10 % über und für P_2O_5 um gut 20 % unter den heutigen Richtwerten (Tab. 1). Für N entsprechen sie relativ gut den unveröffentlichten Bilanzrechnungen, welche 1992 für praxisübliche Rationen bei einem Tageszuwachs von 1100 bis 1200 g Ausscheidungen von

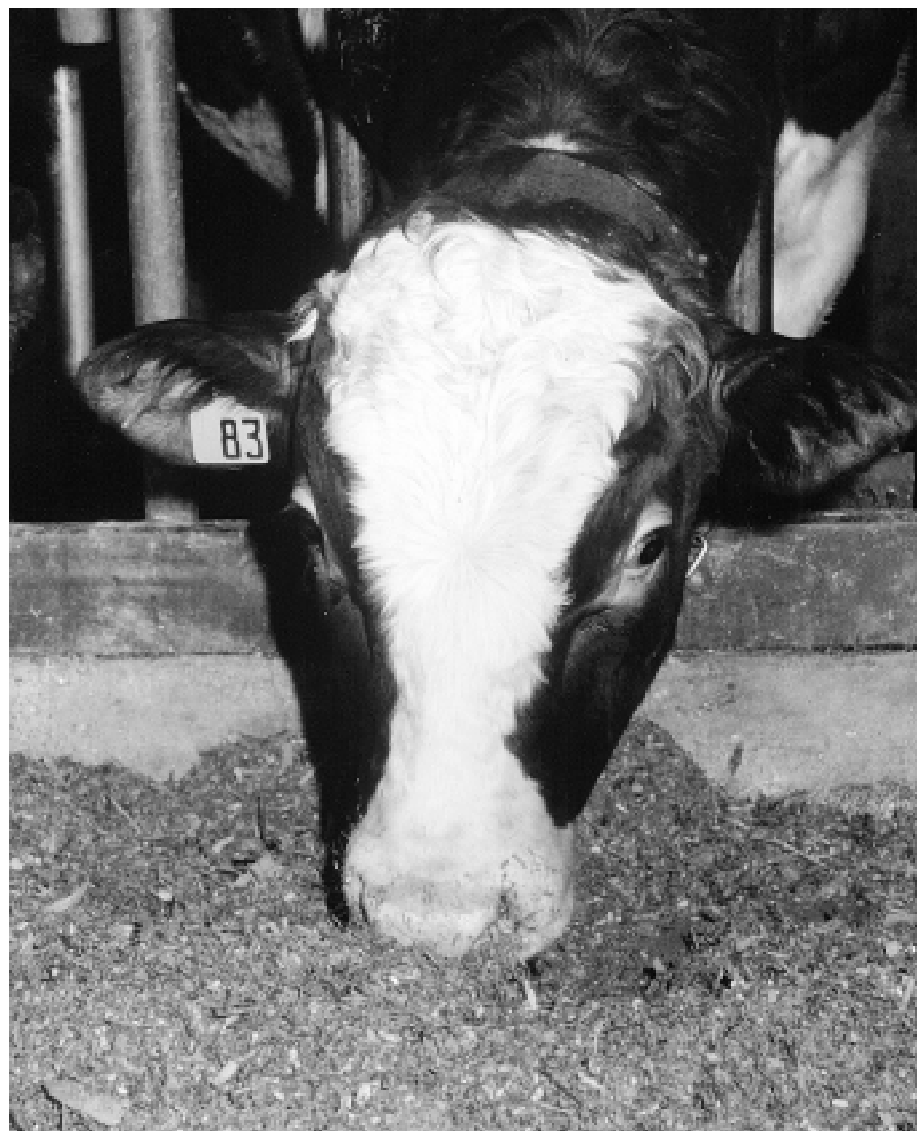


Abb. 1. Der Mistanfall und die Phosphatausscheidungen waren etwas geringer als die entsprechenden Richtwerte. Für alle weiteren Angaben stimmen die mittleren Versuchsergebnisse gut mit den Richtwerten überein.

Erhebungen in Stichworten

■ Auswahl der Betriebe: Hauptkriterium → Eignung für quantitative Güllebeziehungswise Mysterhebungen und Bereitschaft der Betriebsleitung.

■ Produktionstechnik: betriebsüblich; Anteil Maissilage in der Ration → 0 bis 81 %; Tageszuwachs im Erhebungszeitraum → 1050-1490 g (Mittelwert 1253 g; Angaben der Betriebsleitung); Grösse der Tierbestände → 25 bis 125 Muni (Mittelwert 56 Muni); mittleres Tiergewicht während der Erhebungsperioden → 335 kg (190-495 kg); mittlere Abweichung der Ration von der Bedarfsempfehlung → -7,2 % für Energie und Protein, +18 % für Phosphor (P).

■ Hofdüngererhebungen: Dauer → 2 bis 190 Tage (entsprechend den Einrichtungen); Mengenbestimmung und Probenahme → Gülle in Schwemmkanal oder Güllegrube; Mengenbestimmung und Probenahme Mist → Ende Erhebungsperiode bzw. bei täglicher Entmistung; Probenzahl → 4 bis 6 pro Erhebung.

■ Fütterung: Verzehrserhebung und Probenahme etwa Mitte Erhebungsdauer (meistens während drei Tagen);

■ Bilanzrechnung: Ausscheidung = (Futtermenge mal Futtergehalt) minus (Zuwachs mal angenommener Gehalt Retention), dient als Angabe zur Ausscheidung und zur Kontrolle der Hofdüngererhebung; mittlere Abweichung zwischen Ausscheidungen nach Hofdüngererhebung und Bilanzergebnis: N -18 % (Ammoniakverflüchtigung), P₂O₅ +9 %, K₂O +1 %, Cu +13 %, Zn und Cd -7 %.

■ Hochrechnung: Standardisierung des Anfalls auf mittleres Tiergewicht von 300 kg nach Energiebedarf (RAP 1994); Hochrechnung auf 365 Tage (Anfall pro Masttierplatz und Jahr).

34 bis 39 kg N ergaben. Für P wurden damals Ausscheidungen von 12 bis 25 kg P₂O₅ berechnet. Grund für die deutliche Abnahme der P₂O₅-Ausscheidung ist der heute geringere P-Gehalt pro Einheit Energie in den Ergänzungsfuttermitteln für Mastvieh. Die P₂O₅-Ausscheidungen sind allerdings immer noch rund 50 % höher als bei einer konsequenten Fütterung gemäss Empfehlungen der RAP (1994). Dies ist

Tab. 1. Ausscheidung an Stickstoff (N_{total}), Phosphat (P₂O₅), Kali (K₂O), Magnesium (Mg), Kalzium (Ca), Kupfer (Cu), Zink (Zn) und Cadmium (Cd) pro Muniplatz und Jahr

	Mittelwert	Standardabweichung	Richtwert 1994 ¹
	kg / Muniplatz und Jahr		
N _{total}	38,0	7,7	35
P ₂ O ₅	13,1	2,9	17
K ₂ O	38,6	13,2	36
Mg	4,9	1,3	4
Ca	10,2	4,5	12
	g / Muniplatz und Jahr		
Cu	32,6	15,7	nb
Zn	202,9	133,7	nb
Cd	0,103	0,042	nb

¹ Forschungsanstalten (1994); nb: nicht bekannt

hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass eine Phasenfütterung, die den abnehmenden P-Bedarf pro Einheit Energie im Lauf des Wachstums berücksichtigt, aus praktischen Gründen schwierig zu verwirklichen ist.

Die Streuung zwischen verschiedenen Erhebungsperioden war für N, P₂O₅ und Mg geringer als für K₂O. Die N- und P-Versorgung kann über das Ergänzungsfuttermittel gut reguliert werden, währenddem der Kaliumgehalt der Ration allein vom natürlichen Kaliumgehalt der Futtermittel bestimmt wird. Erstaunlicherweise konnte für keinen der Düngernährstoffe, auch nicht für K₂O, eine gesicherte Abhängigkeit zwischen dem Maisanteil in der Ration und den Ausscheidungen nachgewiesen werden. Auch zwischen dem mittleren Tageszuwachs und den Ausscheidungen wurde keine gesicherte Beziehung gefunden.

Pro gemästetes Tier betragen die mittleren Ausscheidungen 33,7 kg N, 11,6 kg P₂O₅ und 34,0 kg K₂O. Diese Werte sind allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da der für die Umrechnung benötigte mittlere Tageszuwachs in den meisten Fällen auf Schätzungen beruht.

Tab. 3. Koeffizienten des Frischmasse- (FS) beziehungsweise Trockenmasseanfalls (TS) in der Gülle und der FS-, TS- und Energieaufnahme (NEV) im Futter (27 Erhebungsperioden auf 8 Betrieben)

	Mittelwert	Standardabweichung
FS-Anfall / FS-Verzehr	1,38	0,39
TS-Anfall / TS-Verzehr	3,36	0,70
FS-Anfall / MJ NEV-Verzehr	483,5	92,5
TS-Anfall / FS-Verzehr	0,12	0,03
TS-Anfall / TS-Verzehr	0,29	0,06
TS-Anfall / MJ NEV-Verzehr	42,1	8,5

Tab. 2. Anfall an Frisch- und Trockensubstanz in der Gülle und im Mist: 27 Erhebungsperioden auf acht Betrieben mit Vollgüllesystemen und sechs Erhebungsperioden auf zwei Betrieben mit Mistsystemen

	Mittelwert	Standardabweichung	Richtwert 1994 ¹
	kg / Muniplatz und Jahr		
Vollgüllesysteme			
Frischmasse	7'512	1'552	7'500
Trockenmasse	655	143	675
Mistsysteme			
Frischmasse	6'778	630	7'200
Trockenmasse	1'219	166	1'584

¹ Forschungsanstalten (1994).

Auf Betrieben mit Güllesystem kann davon ausgegangen werden, dass die Nährstoffmenge in der Gülle, ausser für N, den Ausscheidungen entspricht. In Mistsystemen kommen je nach Einstreumenge und Gehalt des Strohs etwa 3 bis 6 kg N, 1 bis 3 kg P₂O₅ und 5 bis 15 kg K₂O hinzu.

Gülle- und Mistmenge

Der ermittelte Anfall an Gülle (Frisch- und Trockensubstanz) wich kaum von den bisherigen Richtwerten ab (Tab. 2). Der Mistanfall war dagegen gut 5 % geringer, der Trockensubstanzanfall im Mist sogar um fast 25 %. Dies weist darauf hin, dass die Wasser- und Trockensubstanzverluste während der Verrottung bei der Erstellung der Richtwerte unterschätzt wurden. Die geringe Anzahl von zehn Erhebungen auf vier Betrieben mit unterschiedlichen Stallsystemen lässt zu diesen Prozessen allerdings keine detaillierten Schlüsse zu. Der absolute Hofdüngieranfall ist je nach Tier- und Produktionsart sehr unterschiedlich. Um Versuchsergebnisse auf allgemeingültige Richtwerte umzurechnen, werden daher eher Koeffizienten



Abb. 2. Die Ergebnisse gelten für die heute übliche Intensivmast mit einem mittleren Tageszuwachs von 1 100 bis 1 500 g. Für die extensive Weidemast sind weitere Abklärungen notwendig.

Tab. 4. Nährstoffgehalte in der Gülle: mit Bilanz und Hofdüngeranfall berechnet sowie gemessen (27 Erhebungsperioden auf 9 Betrieben mit Güllesystem): Mittelwert (\bar{x}), Standardabweichung (s) und Richtwerte 1994¹

		Berechnet		Gemessen		Richtwert 1994 ¹
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	
TS	g/kg	nb	nb	88,8	18,3	90
OS	g/kg	nb	nb	65,9	15,1	70
N _{total}	g/kg	5,5	1,3	4,3	1,0	3,7
N _{NH₄}	g/kg	nb	nb	2,1	0,7	nb
P ₂ O ₅	g/kg	1,9	0,4	2,0	0,4	2,1
K ₂ O	g/kg	5,7	2,2	5,5	1,4	5
Mg	g/kg	0,7	0,2	0,7	0,2	0,5
Ca	g/kg	1,4	0,7	1,6	0,6	1,5
Cu	mg/kg	5,2	3,0	5,5	3,1	nb
Zn	mg/kg	31,9	28,3	29,3	21,3	nb
Cd	mg/kg	0,013	1,8	0,014	0,007	nb
Pb	mg/kg	nb	nb	0,24	0,12	nb

¹ Forschungsanstalten 1994
nb: nicht bestimmt

Tab. 5. Gemessene Nährstoffgehalte im Mist (10 Erhebungsperioden auf 4 Betrieben)

		Mittelwert	Standardabweichung	Richtwert 1994 ¹
TS	g/kg	207,7	39,1	220
OS	g/kg	155,2	2,9	175
N _{total}	g/kg	5,3	0,8	4,2
N _{NH₄}	g/kg	1,1	0,5	nb
P ₂ O ₅	g/kg	2,5	0,6	2,8
K ₂ O	g/kg	7,7	1,7	7
Mg	g/kg	1,0	0,5	0,7
Ca	g/kg	2,7	0,8	2,3
Cu	mg/kg	5,4	1,9	nb
Zn	mg/kg	23,4	17,8	nb
Cd	mg/kg	0,028	0,013	nb
Pb	mg/kg	0,73	0,29	nb

¹ Forschungsanstalten 1994
nb: nicht bestimmt

zwischen Gülleanfall und Verzehr verwendet. In den Erhebungen mit Mastmüts war die Streuung für solche Koeffizienten (Tab. 3) nicht geringer als für die absoluten Anfallswerte. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Unterschiede im Leistungsniveau und in der Zusammensetzung der Ration bei Masttieren wesentlich geringer sind. Gleichwohl können die Koeffizienten für die Extrapolation unserer Ergebnisse auf andere Verhältnisse nützlich sein.

Der Gülleanfall wurde weder vom Leistungsniveau noch vom Maissilageanteil in der Ration wesentlich beeinflusst.

Nährstoffgehalt von Gülle und Mist

Zwischen Bilanzrechnung und Erhebung gab es nur geringe Unterschiede für die Nährstoffgehalte in der Gülle (Tab. 4). Die einzige Ausnahme betrifft den 20 %igen Unterschied für N, welcher im Bereich der erwarteten Ammoniakverluste liegt.

Die Differenz zwischen den in unseren Untersuchungen bestimmten Gehalten in der Gülle und den bisherigen Richtwerten betrug für fast alle Inhaltsstoffe weniger als 10 %. Einzig der N- und Mg-Gehalt lag deutlich über dem Richtwert. Das Gleiche gilt für die Gehalte im Mist (Tab. 5).

Einzelne der gemessenen Werte wichen bis zu $\pm 30\%$ vom Mittelwert ab. Für K₂O war der Bereich etwas breiter als für N und P₂O₅. Ein Teil der Streuung ist auf Probleme bei der Erhebung (Probenahme und Mengenbestimmung) zurückzuführen. In der Realität dürften die Gehaltsunterschiede zwischen Betrieben eher kleiner sein.

Bezogen auf die Frischsubstanz nahm der K₂O-Gehalt mit steigendem Maisanteil in der Ration tendenzmässig ab ($r^2=0,07$) und der N-Gehalt zu ($r^2=0,05$). Bezogen auf die Trockensubstanz war die lineare Korrelation zwischen Maisanteil und K₂O-Gehalt mit einem Bestimmtheitsmass (r^2) von 0,27 noch deutlicher, jene zwischen Maisanteil und N-Gehalt jedoch nicht mehr vorhanden.

Schwermetalle

In Ausscheidungen (Tab. 1) und Gehalten von Gülle und Mist (Tab. 2) haben wir für Schwermetalle eine grössere Streuung festgestellt als für die Hauptnährstoffe. Für Cu und Zn ist dies auf die Zugabe dieser Elemente im Futter zurückzuführen. Entsprechend deutlich war die Korre-

lation zwischen den Gehalten in der Ration und in der Gülle (Cu $r^2=0,37$; Zn $r^2=0,83$). Abgesehen von wenigen Ausnahmen stammten über 50 % des Cu- und Zn-Gehaltes der Ration aus dem Kraftfutter (Maximum 80-90 %).

Das empfohlene Cu- und Zn-Angebot von 10 beziehungsweise 50 mg pro Kilo Trockensubstanz (TS; Kessler 1993) war während der meisten Erhebungsperioden gedeckt. Der Durchschnitt aller Erhebungsperioden betrug 14,5 mg Cu und 91 mg Zn pro kg TS, die maximalen Werte 34 beziehungsweise 285 mg pro kg TS. Ein grosses Potenzial, um Schwermetalleinträge zu verringern, besteht somit nur auf einzelnen Betrieben.

Futterverzehr

Zur Berechnung des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltes wird neben den Ausscheidungen der Tiere auch der Grundfutterverzehr benötigt. Dieser betrug in unseren Erhebungen drei bis sechs Kilo mit einem Mittelwert von 4,8 kg. Es bestand ein klarer positiver Zusammenhang zwischen dem Gewicht der Tiere und dem Grundfutterverzehr ($r^2=0,41$). Dagegen nahm der Grundfutterverzehr mit steigendem mittlerem Tageszuwachs ab ($r^2=-0,21$), da höhere Leistungen in der Regel mit einem grösseren Anteil von Kraftfutter in der Ration verbunden sind.

Konsequenzen für die Praxis

Die bisherigen Richtwerte über Nährstoffausscheidungen von Mastmunis stimmten recht gut mit den Verhältnissen in der Praxis überein. Es werden deshalb bei der nächsten Revision der Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau nur geringe Anpassungen notwendig sein. Am Wesentlichsten ist die geringere P_2O_5 -Ausscheidung der Tiere.

Die Zusammensetzung der Ration und das Leistungsniveau (mittlerer Tageszuwachs) haben einzeln nur einen relativ geringen Einfluss auf die Nährstoffausscheidungen pro Tierplatz und Jahr sowie auf Anfall und Zusammensetzung der Hofdünger. Trotzdem können Werte in der Praxis um bis zu etwa 20 % vom Mittelwert beziehungsweise vom Richtwert abweichen. Ein Teil dieser Streuung wird verursacht durch kurzfristige Schwankungen im Futtergehalt, Tierzustand und den Umweltbedingungen und gleicht sich im Lauf der Zeit aus. Ein

anderer Teil ist auf systematische produktionstechnische Unterschiede zwischen den Betrieben zurückzuführen.

Im Gegensatz zu Milchviehbetrieben gelangt auf den meisten Rindviehmastbetrieben sehr wenig Wasser in die Gülle. Entsprechend sollte die Gülle vor dem Ausbringen verdünnt werden.

Dem Schwermetallgehalt der Ration sollte noch vermehrt Beachtung geschenkt werden, um erhöhte Schwermetalleinträge, welche die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen können, zu vermeiden.

Die dargestellten Ergebnisse gelten für Munis in der Intensivmast (Tageszuwachs zwischen 1000 und 1500 g). Für die Weidemast können diese Werte nur beschränkt verwendet werden. In diesem Bereich sind weitere Abklärungen notwendig.

DANK

Wir danken allen an den Untersuchungen beteiligten Betrieben für ihre Unterstützung sowie S. Heller, H.P. Lüthi und T. Probst für ihre grossen, während Praktikas geleisteten Beiträge zu den Erhebungen und Auswertungen. Die Untersuchungen zum Schwermetallgehalt in Fütterung und Hofdünger wurden durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft unterstützt.

LITERATUR

■ Forschungsanstalten, 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 1 (7; Beilage), 40 Seiten.

■ Kessler J., 1993. Schwermetalle in der Tierproduktion. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 273-277.

■ RAP (Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux; Eds.), 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen. Landw. Lehrmittelzentrale, Zollikofen, 328 Seiten

RÉSUMÉ

Production et composition des engrais de ferme des bovins d'engraissement

Pour la mise à jour des valeurs indicatives sur la production et la composition du lisier ou du purin et du fumier des bovins d'engraissement, 37 essais de bilan des éléments nutritifs ont été effectués dans 13 exploitations. La croissance journalière des animaux ayant participé à ces essais a varié entre 1'100 et 1'500 grammes. La production de lisier par place d'engraissement s'est élevée à 7,5 t de matière fraîche ou 0,65 t de matière sèche. Lors de la récolte des engrais de ferme sous forme de fumier, la matière fraîche a été de 6,8 t et la matière sèche de 1,2 t.

L'excrétion moyenne annuelle par place d'engraissement s'est montée à 38 kg d'azote, 13 kg de phosphates (P_2O_5) et 39 kg de potasse (K_2O). A l'exception de l'excrétion des phosphates et de la production de fumier dont les valeurs sont nettement inférieures, les résultats correspondent bien aux valeurs indicatives actuelles. Un important potentiel de réduction des teneurs en cuivre et en zinc des engrais de ferme grâce à l'ajustement de la teneur en ces éléments dans la ration, n'existe que dans quelques rares exploitations.

SUMMARY

Amount and composition of manure produced by fattening beef cattle

To furnish a reliable basis for the revision of the guide values on manure production and composition of fattening beef cattle, 37 balance experiments were conducted on 13 Swiss farms. The daily growth rate of the animals varied between 1100 and 1500 grams. The mean annual production of slurry per fattening beef place was 7.5 t of fresh matter and 0.65 kg of dry matter. For solid manure systems it was 6.8 t of fresh and 1.2 t of dry matter. The mean annual excretion per fattening beef place was 38 kg nitrogen, 13 kg phosphate (P_2O_5) and 39 kg potash (K_2O). Apart from the phosphate excretion and the amount of solid manure, which were both significantly lower, these results correspond well with the present Swiss guide values. Only on few farms there was a significant potential of reducing the copper and zinc content of the manure by reducing the amount of these elements in the ration.

KEY WORDS: fattening beef cattle, manure, nutrients, heavy metals, guide values