

# Richtwerte für den Nährstoffanfall aus der Rindviehmast

Patrick Schlegel<sup>1</sup>, Corsin Willi<sup>2</sup>, Othmar Vollenweider<sup>2</sup> und Isabelle Morel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

<sup>2</sup>Swiss Beef, 5201 Brugg, Schweiz

Auskünfte: Patrick Schlegel, E-mail: patrick.schlegel@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs11-26>

Publikationsdatum: 21. Januar 2020



Hofdünger: Wie viele Nährstoffe aus der Rindviehmast? (Bild: Agroscope)

## Zusammenfassung

Richtwerte über Grundfutterverzehr und Nährstoffausscheidungen von Nutztieren sowie über Menge und Zusammensetzung dessen Hofdünger sind sowohl für die Düngungsplanung, wie auch für die betriebliche Nährstoffbilanzierung notwendig. Hundert Szenarien wurden berechnet, welche sich nach Rationstyp, Masttageszuwachs und Ausstallgewicht unterscheiden. Ein Tier mit einer Referenzleistung von 1400 g Masttageszuwachs und 530 kg Ausstallgewicht hatte einen Grundfutterverzehr von 1516 kg TS und eine Ausscheidung von 36,0 kg N, 4,9 kg P, 23,2 kg K, 36 g Cu und 141 g Zn über die 350 Tage dauernde Aufzucht- und Mastperiode. Mit progressiv erhöhtem Maisanteil reduzierte sich der N- und K-Gehalt der Ration und damit deren Ausscheidungen. Mit steigendem Masttageszuwachs von 100 g/t reduzierten sich die Ausscheidungen pro Tier um 1290 g N und 124 g P. Mit

steigendem Ausstallgewicht von 20 kg erhöhten sich die Ausscheidungen pro Tier um 2376 g N und 689 g P. Im Vergleich zu den bisher genutzten Ausscheidungsrichtwerten reduzierten sich die Werte pro Tier, was vor allem durch einen höheren Tageszuwachs erklärt werden kann. Die verkürzte Mastdauer führt jedoch zu mehr gemästeten Tieren pro Platz und Jahr. Dadurch erhöhten sich die Ausscheidungen pro Platz und Jahr insbesondere für N gegenüber den bisher verwendeten Richtwerten. Schlussendlich, besteht gegenüber den Fütterungsempfehlungen noch hohes Potential die Ausscheidungsmengen von umweltrelevanten Mineralstoffen (P, Cu und Zn) zu reduzieren indem weniger mineralischen Quellen in die Ration zugesetzt werden.

**Key words:** Beef cattle, mineral, nitrogen, excretion, reference values.

## Einleitung

Richtwerte über die Nährstoffausscheidungen von Nutztieren sowie über Menge und Zusammensetzung der daraus entstehenden Hofdünger sind sowohl für die Düngungsplanung, wie auch für die Berechnung der betrieblichen Nährstoffbilanz wichtig. Seit 1998 ist eine ausgeglichene betriebliche Nährstoffbilanzierung gesetzlich verankert (Schweizer Bundesrat 1998), welche mittels der «Suisse-Bilanz Methode» für Stickstoff (N), und Phosphor (P) überprüft wird. Zudem wird, zur Berechnung des betrieblichen Nährstoffhaushaltes, der Grundfutterverzehr der Nutztiere benötigt um die Grundfüttererträge der bewirtschafteten Flächen zu schätzen. Als Grundlage für die Berechnung der Stoffflüsse aus dem Futter in die Hofdünger werden Richtwerte für den Grundfutterverzehr und die Nährstoffausscheidungen verschiedenster Nutztierkategorien angegeben (Agroscope 2017a). Die letzte Revision der Richtwerte für Mastrinder stammt aus dem Jahr 1999 (Menzi *et al.* 1999). Inzwischen sind in den Bereichen Genetik, Fütterung und Haltung grosse Fortschritte gemacht worden. Eine starke Zunahme der Milchleistung mütterlicherseits und ein zunehmender Einsatz von Fleischrasse-Stieren als Kreuzungspartner (Swissgenetics 2019) führen heute zu höheren Schlachtausbeuten (56,6%, Morel *et al.* 2019) als noch vor 20 Jahren (Leh-

mann und Bencheikh 1996). Der Tageszuwachs wurde ebenfalls um rund 200 g erhöht (Lehmann und Bencheikh 1996; Morel *et al.* 2019), welcher sich in den angegebenen Wachstumskurven der Fütterungsempfehlungen von 1994 und 2018 (Lehmann und Kessler 1994; Morel *et al.* 2018) widerspiegelt. Aufgrund der Revision des Tierschutzgesetzes steht den Tieren heute grundsätzlich mehr Platz zur Verfügung, was sich wiederum positiv auf die Leistungen auswirkt. Der Nährwert der Grundfutter, insbesondere der Energiegehalt von Ganzpflanzenmaissilage hat in den letzten zwanzig Jahren zugenommen (Agroscope 2017c). Dies führt dazu, dass die Ergänzungsfütterung heute einen anderen Stellenwert hat als bei der letzten Überarbeitung der Richtwerte für Mastrinder (Menzi *et al.* 1999).

Die angeführten Änderungen in der Rindviehmast der letzten 20 Jahren bedingen eine Aktualisierung der Richtwerte zum Grundfutterverzehr und zu Nährstoffausscheidungen. Das Ziel dieser Arbeit war, mittels Modellberechnungen aktualisierte Richtwerte zum Grundfutterverzehr und zu den Ausscheidungen an N, Kalzium (Ca), P, Magnesium (Mg), Kalium (K), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) von Mastrindern zu erarbeiten und die Einflüsse von als wichtig anerkannten Parametern wie Rationstyp, Zuwachsrates und Ausstallgewicht zu quantifizieren.

Tab. 1 | Definierte Nährstoffgehalte und Nährwerte der eingesetzten Futtermittel

	NEV	APDE	APDN	RP	RF	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn
	MJ/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Grassilage <sup>1</sup>	6,1	80	99	157	239	6,1	3,7	2,0	28,1	8,1	27,3
Dürrfutter <sup>2</sup>	5,6	91	91	144	231	7,5	4,0	2,1	35,4	5,6	20,5
Ganzpflanzenmaissilage (7,2 MJ)	7,2	69	44	71	170	2,0	2,2	1,2	9,7	5,0	20,0
Ganzpflanzenmaissilage (6,8 MJ)	6,8	65	44	71	210	2,0	2,2	1,2	9,7	5,0	20,0
Maiskolbensilage (CCM)	8,6	87	57	85	67	0,2	3,4	1,1	4,6	4,0	18,0
Zuckerrübenschnittsilage	7,6	102	61	92	205	10,0	0,9	2,2	9,1	10,1	19,0
Stroh (50 % Gerste, 50 % Weizen)	2,8	46	21	34	438	3,6	0,9	0,8	16,9	3,0	15,0
Milchpulver	8,0	221	200	233	0	10,6	7,5	1,7	9,5	20,0	152,8
Aufzuchtfutter	8,6	136	148	205	51	11,0	6,8	2,8	9,1	36,0	135,0
Vormastfutter	8,8	176	205	273	51	17,0	6,8	5,1	9,1	38,0	132,0
Mastfutter (> 350 g RP)	8,0	261	352	466	45	34,0	9,7	6,3	11,4	54,0	280,0
Mastfutter (< 350 g RP)	9,1	148	170	239	51	16,0	6,8	4,8	9,1	54,0	175,0
Mineralfutter (Ca-reich)	0,0	0	0	0	0	189	45,9	35,7	0,0	600,0	2500,0

<sup>1</sup>Grassilage mit einer botanischen Zusammensetzung, die reich an Gräsern, hauptsächlich Raygräsern, ist. Sie stammt zu 29% aus dem ersten Aufwuchs und zu 71% aus weiteren Aufwüchsen bei Beginn des Rispenschiebens.

<sup>2</sup>Das Dürrfutter besteht aus einem ausgewogenen Bestand mit vorwiegend Raygras, 1. Aufwuchs und bei Beginn des Rispenschiebens.

Quellen: Agroscope, 2017; Agridea, 2014, 2018

## Material und Methoden

Wie für die meisten anderen Tierkategorien wurden die Ausscheidungen mittels Bilanz zwischen Nährstoffaufnahme über die Ration minus Nährstoffretention über den Körperzuwachs berechnet. Die Parameter und Szenarien wurden durch Agroscope und Swissbeef definiert. Agroscope führte die Berechnungen durch.

### Tierleistung

Das Einstellen der Mastrinder wurde aufgrund von Marktdaten von 2015–2017 mit einem Alter von 43 Tagen und einem Lebendgewicht (LG) von 73 kg definiert. Die Periode zwischen Einstellen beim Tiereinkauf und Ausstallen bei der Schlachtung wurde in eine Aufzuchtperiode und in eine Mastperiode unterteilt. Die Aufzuchtperiode endete mit 125 kg LG bei einem Alter von 104 Tagen, was einem Zuwachs von 852 g/Tag entspricht. Im Anschluss an die Aufzuchtperiode begann die Mastperiode, in welcher vier Szenarien von Zuwachsraten (1200, 1300, 1400 und 1500 g/Tag) und fünf Szenarien von Ausstall-LG (475, 500, 525, 550 und 575 kg) definiert wurden.

Die Nährstoffgehalte im Körper basierten auf Werten von Agroscope (2017a) und jene für Cu und Zn wurden aus Kirchessner *et al.* (1994) entnommen. Pro kg LG entsprachen die Gehalte an N, Ca, P, Mg, K, Cu und Zn

24 g, 11 g, 5,9 g, 0,35 g, 1,6 g, 1,6 mg und 25,9 mg beim Einstellen und 28 g, 13 g, 7,0 g, 0,40 g, 2,1 g, 1,9 mg und 26,9 mg beim Ausstallen.

### Futtermittel und Rationen

Während der Aufzuchtperiode wurde auf wöchentlicher Basis die Ration optimiert, indem die Grundfutter Heu und Ganzpflanzenmaissilage und die Ergänzungsfutter Milchpulver, Aufzuchtfutter und Vormastfutter entsprechend eingesetzt wurden. Während der Mastperiode wurden fünf Rationen für jeweils alle 50 kg LG Schritte optimiert, um Nettoenergie für die Fleischproduktion (NEV), absorbierbares Protein im Darm (APDE, APDN), Rohprotein (RP) zu NEV Verhältnis, Ca und P mittels der Futteraufnahmekapazität nach den Fütterungsempfehlungen (Morel *et al.* 2018) zu decken. Die Rationen während der Mastperiode waren aus folgenden Grundfutteranteilen auf Trockensubstanz (TS) Basis zusammengesetzt und wurden entsprechend ihrem Maissilageanteil benannt: 95 %<sub>CCM</sub> (70 % Ganzpflanzenmaissilage, 25 % Maiskolbensilage, 5 % Stroh); 95 % (95 % Ganzpflanzenmaissilage, 5 % Stroh); 80 % (80 % Ganzpflanzenmaissilage, 20 % Grassilage); 70 % (70 % Ganzpflanzenmaissilage, 10 % Grassilage, 20 % Zuckerrübenschnitzsilage); 60 % (60 % Ganzpflanzenmaissilage,

**Tab. 2 |** Mittlere Nährwerte ± Standardabweichung und Nährstoffgehalte der resultierenden Rationen während der Aufzucht- und Mastperiode nach Mastration, Tageszuwachs und Ausstallgewicht

Mittel ± Standardabweichung	Anzahl Szenarien	NEV	APDE	APDN	RP	RF	N	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn													
		[MJ/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[g/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]													
<b>Aufzuchtperiode</b>	1	7,9		144	147	198	83	31,6	10,4	6,0	2,7	13,4	25,3	107,5												
<b>Mastperiode</b>																										
Mastration	95 % <sub>CCM</sub>	20	7,3	0,2	105	3	101	3	144	4	150	13	23,0	0,6	8,2	0,3	3,9	0,1	2,3	0,1	9,3	0,1	16,5	1,3	75,7	3,8
	95 %	20	7,2	0,3	102	3	100	4	142	5	165	19	22,8	0,8	8,3	0,4	3,7	0,2	2,4	0,2	10,1	0,1	17,2	2,7	74,4	6,6
	80 %	20	7,2	0,2	100	4	100	4	145	5	165	17	23,3	0,8	8,1	0,4	3,8	0,2	2,4	0,2	12,8	0,5	16,8	2,7	69,9	6,7
	70 %	20	7,3	0,2	104	3	100	3	144	4	169	15	23,1	0,7	8,9	0,4	3,5	0,2	2,4	0,1	11,4	0,4	16,1	2,1	66,7	6,5
	60 %	20	7,2	0,2	97	4	101	5	149	6	166	15	23,9	0,9	8,2	0,5	4,0	0,2	2,5	0,2	15,2	0,7	18,6	3,1	69,9	7,4
Tageszuwachs g/Tag	1200	25	7,0	0,1	98	4	97	2	140	3	179	9	22,5	0,4	7,9	0,4	3,6	0,2	2,2	0,1	12,0	2,4	14,9	0,7	65,1	4,8
	1300	25	7,1	0,1	100	3	99	2	142	3	173	8	22,8	0,5	8,2	0,4	3,7	0,2	2,3	0,1	12,0	2,3	15,6	0,9	68,0	4,7
	1400	25	7,3	0,1	103	3	101	2	146	3	158	8	23,3	0,5	8,5	0,4	3,8	0,2	2,4	0,1	11,7	2,1	17,2	1,4	72,6	3,9
	1500	25	7,5	0,1	106	3	105	2	151	4	141	7	24,2	0,6	8,8	0,4	4,1	0,2	2,6	0,1	11,3	1,8	20,5	1,9	79,7	4,0
Ausstall LG kg	475	20	7,3	0,2	103	4	103	4	148	6	158	17	23,6	0,9	8,6	0,5	3,9	0,3	2,5	0,2	11,6	2,1	18,0	2,9	74,6	7,3
	500	20	7,3	0,2	103	4	102	3	146	5	161	17	23,4	0,8	8,5	0,5	3,9	0,3	2,4	0,2	11,7	2,2	17,5	2,7	72,9	7,0
	525	20	7,2	0,2	102	4	100	3	145	5	163	17	23,2	0,8	8,3	0,5	3,8	0,3	2,4	0,2	11,8	2,2	17,0	2,5	71,2	6,7
	550	20	7,2	0,2	101	4	99	3	144	5	165	16	23,0	0,8	8,2	0,5	3,8	0,3	2,4	0,2	11,8	2,2	16,6	2,3	69,7	6,5
	575	20	7,2	0,2	100	4	99	3	143	5	168	16	22,8	0,7	8,1	0,5	3,7	0,2	2,3	0,2	11,9	2,2	16,2	2,1	68,3	6,3

40 % Grassilage). Die eingesetzten Ergänzungsfutter der Mastrationen waren ein Vormastfutter, zwei Mastfutter mit unterschiedlichem RP-Gehalt und ein Ca-reiches Mineralfutter. Die Nährstoffgehalte (Tab. 1) der eingesetzten Grundfutter stammen aus den Referenzwerten von Agroscope (2017b), die des Milchpulvers aus Angaben des Marktes und der Offiziellen Futtermittelkontrolle (2015–2018) und die der Kraft- und Mineralfutter aus den Futtermittellisten von Agridea (2014, 2018) und aus Daten der offiziellen Futtermittelkontrolle (2015–2018).

### Berechnung der Stoffflüsse

Der Verzehr von Grundfutter, Ergänzungsfutter und Nährstoffen während der gesamten Aufzuchtperiode entsprachen der Summe der wöchentlichen Mengen. Mit vier Zuwachsraten, fünf Ausstall-LG und fünf Mastrationen wurden für die Mastperiode 100 Szenarien berechnet. Bei jedem Szenario wurde der TS-Verzehr von Grundfutter, Ergänzungsfutter und die Aufnahme von Nährstoffen (N, Ca, P, Mg, K, Cu und Zn) je 50 kg LG Schritt mittels der notwendigen Anzahl Tage multipliziert und aufsummiert. Stickstoff entsprach RP dividiert durch 6,25. Die Nährstoffretention eines Tieres entsprach der Differenz zwischen Einstall- und Ausstall-LG multipliziert mit den entsprechenden Nährstoffgehalten des Körpers. Die Differenz zwischen Aufnahme und Retention stellte die ausgeschiedene Menge dar.

Der TS-Verzehr von Grundfutter und Ergänzungsfutter und die Nährstoffausscheidungen wurden pro Tier, beziehungsweise pro Umtrieb für jedes der 100 Szenarien vom Einstellen bis zum Ausstallen, vom Einstellen bis 160 Tage alt und von 160 Tage alt bis zum Ausstallen berechnet. Die Trennung bei einem Alter von 160 Tagen wurde durchgeführt, da in der Schweizer Tierverkehrsdatenbank wachsende Rinder zwischen <160 Tage alt und >160 Tage alt unterschieden werden. Die Daten pro Jahr und Tierplatz wurden ohne Leerzeit zwischen Mastserien berechnet, damit diese mit der angegebenen Anzahl jährlich belegter Tierplätze der Schweizer Tierverkehrsdatenbank übereinstimmen. Die Daten pro Jahr und Tierplatz wurden somit berechnet, indem die Werte pro Umtrieb mit der Anzahl jährlicher Umtriebe (365/Tage pro Umtrieb) multipliziert wurden.

Als Grundlage zur Berechnung von Stroheinsatz und Hofdüngeranfall (Mist, Vollgülle) wurden die bisher genutzten Jahresmengen (Agroscope, 2009), welche aus Erhebungen von Menzi *et al.* (1999) stammen, herangezogen. Die jährlichen Hofdüngermengen wurden aufgrund der Änderung des Grundfutterverzehrs, welche zwischen (Agroscope, 2009) und den vorliegenden Resultaten auftreten, korrigiert. Die Unterteilung nach Altersgruppe (<160 Tage alt und >160 Tage alt) erfolgte indem der jährliche Hofdüngeranfall und Stroheinsatz als fixer Anteil des jährlichen Verzehrs der Ration defi-

Tab. 3 | Verzehr und Nährstoffausscheidungen pro Tier<sup>1</sup> je nach Mastration

	Verzehr		Ausscheidung						
	Grundfutter	Ergänz. Futter	N	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn
	kg TS	kg TS	kg	kg	kg	kg	kg	g	g
<b>Einstellen – 160 Tage alt</b>	167	183	7,2	2,8	1,1	1,1	3,9	9,4	35,4
<b>160 Tage alt – Ausstallen</b>									
Mittelwert	1350	359	28,7	8,7	3,8	3,8	19,3	27,0	106,0
95 % <sub>CCM</sub>	1360	350	28,6	8,5	4,0	3,6	14,9	26,0	113,5
95 %	1311	399	28,0	8,8	3,6	3,7	16,4	27,2	111,7
80 %	1365	345	28,7	8,2	3,8	3,7	21,1	26,4	103,1
70 %	1384	324	28,6	9,8	3,2	3,8	18,6	25,5	98,5
60 %	1330	380	29,7	8,3	4,1	4,0	25,6	29,7	103,3
<b>Einstellen – Ausstallen</b>									
Mittelwert	1516	542	36,0	11,5	4,9	4,8	23,2	36,3	141,4
95 % <sub>CCM</sub>	1532	527	35,6	11,3	5,2	4,7	18,4	35,5	150,5
95 %	1471	588	35,1	11,5	4,8	4,8	20,0	36,6	147,5
80 %	1530	529	36,1	11,0	5,0	4,8	25,2	35,8	138,4
70 %	1560	498	35,7	12,6	4,2	4,8	22,4	34,5	132,4
60 %	1489	570	37,3	11,1	5,3	5,1	30,1	39,3	138,4

<sup>1</sup>Referenz: 1400g Masttageszunahme, 530kg LG Ausstallgewicht, 393 Tage Schlachalter und 300kg SG

niert wurde. Die Nährstoffgehalte von Mist und Vollgülle wurden berechnet, indem die Nährstoffausscheidungen durch die Anfallsmengen der Hofdünger dividiert wurden. Der Nährstoffeintrag durch den Stroheinsatz wurde im Mistanfall mitberücksichtigt. Um den gesamten N des auszubringenden Hofdüngers ( $N_{\text{tot}}$ ) zu berechnen, wurden kaum vermeidbare N-Verluste im Stall und bei der Hofdüngerlagerung berücksichtigt, indem 20 % der N-Ausscheidungen abgezogen wurden.

Um die Einflüsse von Ration, Masttageszuwachs und Ausstall-LG zu quantifizieren, wurden die Daten mittels eines linearen Modells ausgewertet. Dabei wurde die Ration als fixer Effekt und der Masttageszuwachs und das Ausstall-LG als variable Effekte integriert. Die Richtwerte zu Futtermittelverzehr, Nährstoffausscheidungen, Hofdüngeranfall und Hofdüngergehalten wurden für eine Referenzleistung mittels dem linearen Modell berechnet. Als Referenzleistung galt 1400 g Masttageszuwachs, 530 kg Ausstall-LG und der Mittelwert aller Rationen (Rationsunabhängig). Einflüsse von einem gegenüber der Referenzleistung abweichenden Masttageszuwachs (je 100 g/Tag) und Ausstall-LG (je 20 kg) wurden berechnet. Da betriebliche Daten für Masttageszuwachs und Ausstall-LG teilweise nur schwierig ermittelt und zudem durch Behörden schlecht kontrolliert werden können, wurden diese Parameter auch mittels Schlachttalter und Schlachtgewicht (SG) definiert. Schlachttalter und Schlachtgewicht sind über die Schweizer Tierverskehrsdatenbank und über die Schlachthöfe einfach erhältlich.

Basierend auf dem vorhandenen Datensatz entsprach der Masttageszuwachs (g/Tag) =  $1396 + 3,19 \cdot \text{Ausstall-LG (kg)} - 4,29 \cdot \text{Schlachttalter (Tag)}$ . Das Ausstall-LG (kg) =  $\text{Schlachtgewicht (kg)} / 0,566$  (Proviande, 2016). Die Referenzleistung entsprach einem Schlachttalter von 393 Tagen und einem SG von 300 kg.

## Resultate und Diskussion

### Nährstoffgehalte der Rationen

Die Nährwerte und Nährstoffgehalte der Aufzucht- und Mastrationen sind in Tab. 2 ersichtlich. In der Mastperiode wurden diese nach Ration, Tageszuwachs und Ausstall-LG angegeben. Zwischen Rationen waren die Nährwerte vergleichbar, wobei einige Nährstoffgehalte beeinflusst wurden: Mit fallendem Maisanteil (Ganzpflanzenmaissilage oder Maiskolbensilage) stieg der K-Gehalt ( $K, \text{g/kg TS} = 22,4 - 0,13 \cdot \text{Maisproduktanteil im Grundfutter}$ ,  $R^2 = 0,74$ ), in Ration 60 % stieg der RP- und Cu-Gehalt und in Ration 70 % stieg der Ca- und fiel der P-Gehalt durch den entsprechenden Anteil an Zuckerrübenschnitzsilage. Mit steigendem Tageszuwachs oder mit tieferem Ausstall-LG konzentrierten sich, mit Ausnahme der RF- und K-Gehalte, die Nährwerte und Nährstoffgehalte der Mastration auf. Dies um gegenüber der Aufnahmekapazität den höheren Nährstoffbedarf zu kompensieren.

Im Vergleich zu den Fütterungsempfehlungen (Morel *et al.* 2018), waren die mittleren Gehalte an umweltre-

Tab. 4 | Verzehr und Nährstoffausscheidungen pro Tier<sup>1</sup> mit Korrekturen nach Masttageszuwachs, Ausstallgewicht und Mastrationstyp

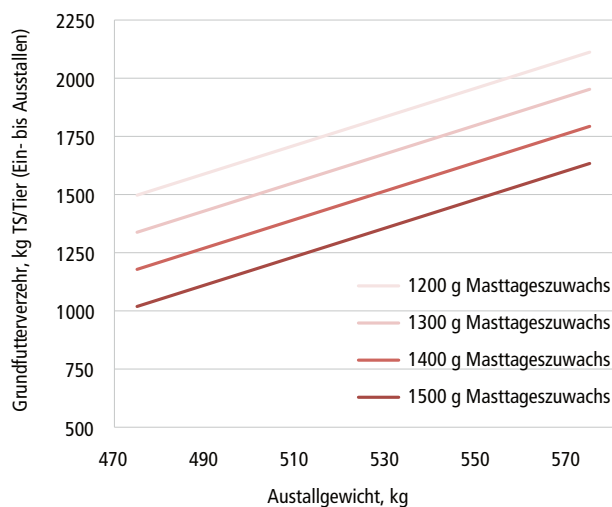
	Verzehr		Ausscheidung						
	Grundfutter	Ergänz. Futter	N	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn
	kg TS	kg TS	kg	kg	kg	kg	kg	g	g
<b>Einstallen – 160 Tage alt</b>	167	183	7,2	2,8	1,1	1,1	3,9	9,4	35,4
<b>160 Tage alt – Ausstallen</b>	1350	359	28,7	8,7	3,8	3,8	19,3	27,0	106,0
Masttageszuwachs (je +100g/Tag)	-157,7	43,0	-1,59	-0,41	-0,17		-1,81	1,14	-0,23
Ausstall LG (je +20kg)	122,9	18,0	2,38	0,69	0,32	0,27	1,72	1,63	6,97
<b>Einstallen – Ausstallen</b>	1516	542	36,0	11,5	4,9	4,8	23,2	36,3	141,4
Masttageszuwachs (je +100g/Tag)	-159,4	55,0	-1,29	-0,25	-0,12		-1,74	1,78	1,91
Ausstall LG (je +20kg)	122,9	18,0	2,38	0,69	0,32	0,27	1,72	1,63	6,97
<b>Korrektur Mastrationstyp<sup>2</sup></b>									
Ration mit ≤ 5 % Wiesenfutter			-2%				-15%		+5%
Ration mit ≥ 20 % Wiesenfutter			+3%		+5%		+20%	+5%	
Ration mit 15–20 % Zuckerrüben				+10%	-15%			-5%	-5%

<sup>1</sup>Referenz: 1400 g Masttageszunahme, 530 kg LG Ausstallgewicht, 393 Tage Schlachttalter und 300 kg SG

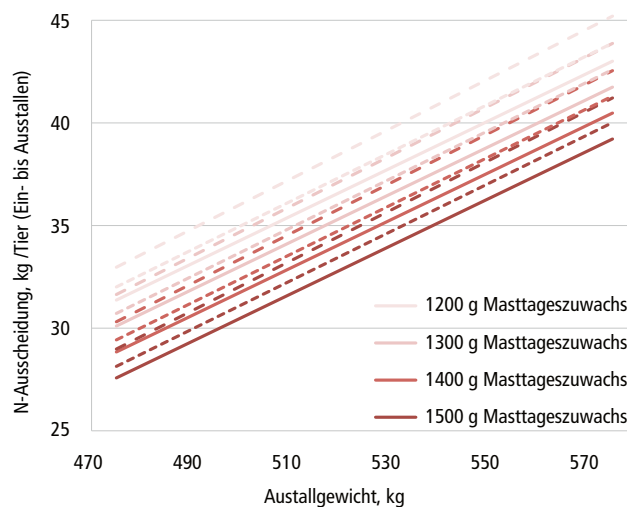
<sup>2</sup>Gilt für Perioden 160 Tage alt – Ausstallen und Einstallen – Ausstallen

Beispiel: N-Ausscheidung von Einstallen bis Ausstallen (1200 g Masttageszuwachs, 570 kg LG Ausstallgewicht, Rationstyp mit > 20 % Wiesenfutter) =  $(36,0 - 1,29 \cdot ((1200 - 1400) / 100) + (2,38 \cdot (570 - 530) / 20)) \cdot 103 / 100 = (36,0 + 2,6 + 4,7) \cdot 1,03 = 44,6 \text{ kg N / Tier}$





**Abb. 1** | Modellierter Grundfutterverzehr pro Tier nach Ausstallgewicht und Masttageszuwachs.



**Abb. 2** | Modellierter N-Ausscheidung pro Tier nach Ausstallgewicht, Masttageszuwachs und Mastrationsstyp (voll:  $\leq 5\%$  Wiesenfutter; gestrichelt:  $\geq 20\%$  Wiesenfutter; gepunktet: 15–20 % Zuckerrüben).

levanten Mineralstoffen in der Aufzucht ration um 153 % und 169 % für Cu respektive Zn erhöht. Bei den Mastrationen betrug die Erhöhung  $16 \pm 2\%$  für P,  $70 \pm 24\%$  für Cu und  $78 \pm 15\%$  für Zn. Da rund 40 % des P-, 70 % des Cu- und Zn-Gehaltes in der Aufzucht ration und rund 12 % des P-, 40 % des Cu- und 50 % des Zn-Gehaltes in den Mastrationen aus zugesetzten mineralischen Quellen stammen, besteht ein hohes Potential deren Gehalte zu reduzieren.

#### Futterverzehr und Nährstoffausscheidungen

Die modellierten Werte nach Ausstall-LG, Masttageszuwachs und Mastration wiesen pro Tier gegenüber den Ausgangsdaten der 100 Szenarien Wiederholbarkeitsraten von  $>90\%$  auf. Ausser bei den Mg- und Cu-Ausscheidungen wo die Wiederholbarkeitsraten bei 80 % lagen. Die Ration hatte keinen relevanten Einfluss auf den Grundfutterverzehr (Tab. 3). Mit zunehmendem Maisanteil (Ganzpflanzenmaissilage oder Maiskolbensilage) im Grundfutter der Mastration (je + 10 % TS) nahmen die Ausscheidungen pro Tier zwischen Ein- und Ausstallen um 2 % N und 10 % K ab und um 3 % Zn zu. Die Ausscheidung von P und Cu erhöhte sich gegenüber dem Mittel bei der Ration 60 % mit dem tiefsten Maisanteil um 9 beziehungsweise 8 %. Die Ausscheidung von Ca nahm beim Einsatz von Rübenschnittsilage in Ration 70 % um 9 % zu beziehungsweise für P, Cu und Zn um 13 %, 5 % und 6 % ab. Diese Rationseinflüsse waren vernachlässigbar bis zu einem Alter von 160 Tagen, da die Mastration nur über 56 Tage verfüttert wurde. Um die Rationseinflüsse in die Ausscheidungsrichtwerte praxistauglich einzubeziehen, wurden diese nun als Korrektur

gegenüber dem Mittel aller Rationen (Referenz) für drei Typen von Mastrationen angewendet: « $<5\%$  Wiesenfutter», « $\geq 20\%$  Wiesenfutter» und «15–20 % Zuckerrüben»

Der Futterverzehr und die Nährstoffausscheidung sind für die Referenzleistung (1400 g Masttageszuwachs, 530 kg Ausstall-LG) pro Tier in Tabelle 4 und pro Platz und Jahr in Tabelle 5 abgebildet. Diese können für die Perioden Ein- bis Ausstallen und 160 Tage alt bis Ausstallen nach Mastrationstyp, Masttageszuwachs und Ausstall-LG korrigiert werden. Mit einem zunehmenden Masttageszuwachs von 100 g/Tag gegenüber der Referenzleistung wurden Grundfutter- (Abb. 1) und Ergänzungsfutterverzehr pro Tier zwischen Ein- und Ausstallen um 10 % reduziert, beziehungsweise erhöht, die Ausscheidungen von N (Abb. 2), Ca, P und K um jeweils 4, 2, 3 und 7 % reduziert und die Cu-Ausscheidung um 5 % erhöht. Mit einem zunehmenden Ausstall-LG von 20 kg gegenüber der Referenzleistung wurden Grundfutter- und Ergänzungsfutterverzehr pro Tier zwischen Ein- und Ausstallen um jeweils 8 respektive 3 % erhöht und die Nährstoffausscheidungen wurden, je nach Element, zwischen 4 bis 7 % erhöht. Pro Platz und Jahr wurde dieser Einfluss auf die Werte um rund ein Drittel reduziert. Der Anteil ausgeschiedener gegenüber aufgenommener Nährstoffe zwischen dem Einstallen und dem Ausstallen eines Tieres lag, unabhängig ( $<5\%$  Abweichung) von der Ration und der Mastleistungen, bei 73 % N, 65 % Ca, 60 % P, 96 % Mg, 96 % K, 98 % Cu und 92 % Zn. Die Ausscheidungsdaten von  $>90\%$  lassen sich in erster Linie durch die überschüssigen Gehalte in den Rationen erklären.

Im Vergleich zu den bisher genutzten Richtwerten für den Grundfutterverzehr und die N-, P- und K-Ausscheidungen (Agroscope 2009), welche sich auf die Mittelwerte von Menzi *et al.* (1999) basieren, waren die vorliegenden Resultate pro Tier Zwischen Ein- und Ausställen mit Referenzleistung (1400 g Masttageszuwachs und 530 kg Ausstall-LG) jeweils um 13, 12, 18 und 32 % tiefer. Der Zuwachs war vergleichbar (455 vs. 457 kg) aber die Dauer zwischen dem Einstellen und Ausställen reduzierte sich um 23 % von 456 Tagen auf 350 Tage. Der durch

Menzi *et al.* (1999) angenommene Masttageszuwachs von 1100 g/Tag liegt im vorliegenden Model ausserhalb des Bereichs von 1200–1500 g/Tag. Werden die Werte aber trotzdem mit den Korrekturen der Tabelle 4 auf 1100 g/Tag berechnet, würde der Grundfutterverzehr pro Tier gegenüber den Werten von 1999 um 14 % höher und die N-, P- und K-Ausscheidungen pro Tier um jeweils 1, 10 und 14 % tiefer liegen. Die tieferen P- und K-Ausscheidungen konnten vor allem durch deren tieferen Gehalte in der Ration erklärt werden. Die wichtigste

Tab. 5 | Verzehr und Nährstoffausscheidungen pro Platz und Jahr<sup>1</sup> mit Korrekturen nach Masttageszuwachs, Ausstallgewicht und Mastrationstyp

	Verzehr			Ausscheidung						
	Umtriebe	Grundfutter	Ergänz. Futter	N	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn
	n <sup>2</sup> /Jahr	kg TS/Jahr	kg TS/Jahr	kg/Jahr	kg/Jahr	kg/Jahr	kg/Jahr	kg/Jahr	g/Jahr	g/Jahr
<b>Einstellen – 160 Tage alt</b>	3,12	520	571	22,6	8,6	3,5	3,4	12,1	29,2	110,5
<b>160 Tage alt – Ausställen</b>	1,55	2097	558	44,6	13,6	5,8	5,8	30,0	41,9	164,7
Masttageszuwachs (je +100 g/Tag)	0,146	-42,7	116,4	1,76	0,63	0,29	0,42	0,08	5,60	14,80
Ausstall LG (je +20 kg)	-0,094	57,9	-5,0	0,93	0,24	0,14	0,06	0,78	0,03	0,85
<b>Einstellen – Ausställen</b>	<b>1,04</b>	<b>1573</b>	<b>562</b>	<b>37,3</b>	<b>11,9</b>	<b>5,1</b>	<b>5,0</b>	<b>24,1</b>	<b>37,7</b>	<b>146,7</b>
Masttageszuwachs (je +100 g/Tag)	0,065	-61,6	90,4	1,05	0,50	0,20	0,30	-0,23	4,15	11,06
Ausstall LG (je +20 kg)	-0,042	59,6	-3,7	0,91	0,22	0,12	0,07	0,76	0,18	1,27
<b>Korrektur durch Mastration<sup>2</sup></b>										
Ration mit ≤5 % Wiesenfutter				-2%				-15%		+5%
Ration mit ≥20 % Wiesenfutter				+3%		+5%		+20%	+5%	
Ration mit 15–20 % Zuckerrüben					+10%	-15%			-5%	-5%

<sup>1</sup>Referenz: 1400 g Masttageszunahme, 530 kg LG Ausstallgewicht, 393 Tage Schlachalter und 300 kg SG. Der Wert pro Platz und Jahr entspricht dem Wert pro Tier / Dauer in Tage \* 365 Tage.

<sup>2</sup>Gilt für Perioden 160 Tage alt – Ausställen und Einstellen – Ausställen

Beispiel: N-Ausscheidung von Einstellen bis Ausställen (1200 g Masttageszuwachs, 570 kg LG Ausstallgewicht, Rationstyp mit >20 % Wiesenfutter) =  $(37,3 + 1,05 * ((1200-1400) / 100) + (0,91 * (570-530) / 20)) * 103/100 = (37,3-2,1 + 1,8) * 1,03 = 38,1$  kg N / Platz / Jahr

Tab. 6 | Stroheinsatz und Anfallsmengen und Nährstoffgehalte von Hofdünger<sup>1</sup> mit Korrekturen nach Masttageszuwachs, Ausstallgewicht und Mastrationstyp

	Vollgülle	Stroh-einsatz	Mist	Gehalte Vollgülle							Gehalte Mist						
				N <sub>tot</sub> <sup>2</sup>	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn	N <sub>tot</sub> <sup>2</sup>	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn
				kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t
<b>Einstellen – 160 Tage alt</b>																	
Pro Tier	1,4	3,2	1,3	4,2	2,0	0,8	0,8	2,8	6,8	25,7	5,5	3,0	1,1	1,0	6,7	8,0	30,9
Pro Platz und Jahr	4,3	10,0	4,0														
<b>160 Tage alt – Ausställen</b>																	
Pro Tier	6,8	11,3	6,1	3,4	1,3	0,6	0,6	2,9	4,1	15,9	4,5	2,0	0,8	0,8	5,9	5,0	19,9
Pro Platz und Jahr	10,5	17,5	9,5														
<b>Einstellen – Ausställen</b>																	
Pro Tier	8,1	14,5	7,4	3,5	1,4	0,6	0,6	2,8	4,5	17,5	4,7	2,2	0,8	0,8	6,1	5,5	21,9
Pro Platz und Jahr	8,4	15,0	7,6														

<sup>1</sup>Referenz: 1400 g Masttageszunahme und 530 kg LG Ausstallgewicht; oder 393 Tage Schlachalter und 300 kg SG. Der Wert pro Platz und Jahr entspricht dem Wert pro Tier / Dauer in Tage \* 365 Tage.

<sup>2</sup>N<sub>tot</sub> = N-Ausscheidung minus 20 % unvermeidbare N-Verluste im Stall und bei der Hofdüngerlagerung

Einflussgrösse für den Unterschied zwischen den vorliegenden Werten und denen von Menzi *et al.* (1999) war somit der Masttageszuwachs. Die kürzere Aufenthaltsdauer zwischen Ein- und Ausställen ergab mehr jährliche Umtriebe pro Platz. Dies bewirkte eine Änderung des Grundfutterverzehr und der N-, P- und K-Ausscheidungen pro Platz und Jahr von jeweils +12, +13, +3 und -11 % gegenüber den alten Richtwerten.

### Menge und Nährstoffgehalte von Hofdünger

In Tabelle 6 sind Stroheinsatz sowie Anfallsmengen und Nährstoffgehalte von Hofdünger für die Referenzleistung (1400g Masttageszuwachs und 530kg Ausstall-LG) dargestellt. Da die Grundlage der benutzten Hofdüngeranfallsmengen mit hoher Variabilität verbunden ist (Menzi *et al.* 1999), wurde auf die Berechnung der Einflüsse von Ration, Masttageszuwachs und Ausstall-LG verzichtet. Die Nährstoffgehalte im Hofdünger zwischen Ein- und Ausställen waren generell tiefer, obwohl sie mit Ausnahme von P- und K-Gehalt in Vollgülle noch innerhalb der Variationsbandbreite der Erhebungen von Menzi *et al.* (1999) lagen.

## Schlussfolgerungen

Der Grundfutterverzehr, die Nährstoffausscheidungen, der Anfall und der Nährstoffgehalt von Hofdünger wurde mittels hundert praxisnahen Szenarien berechnet.

Diese unterschieden sich nach Mastration, Masttageszunahme und Ausstallgewicht. Mit diesen Szenarien konnte aufgezeigt werden, dass:

- Sich mit progressiv ansteigendem Maisanteil im Grundfutter, der N- und K-Gehalt der Ration und folglich deren Ausscheidungen und Gehalte im Hofdünger reduzierten.
- Ein steigender Masttageszuwachs und ein reduziertes Ausstallgewicht eine Reduktion der Nährstoffausscheidungen pro gemästetes Tier bewirkte.
- Es besteht Potential die Ausscheidungsmengen von umweltrelevanten Mineralstoffen (P, Cu und Zn) zu reduzieren indem weniger mineralischen Quellen in die Ration zugesetzt werden.
- Die Nährstoffausscheidungen pro gemästetes Tier, im Vergleich zu den bisher genutzten Richtwerten reduziert wurden. Dies kann vor allem durch einen höheren Tageszuwachs erklärt werden. Da sich dadurch die Mastdauer wesentlich verkürzte und somit die Anzahl jährlicher Umtriebe pro Platz erhöhte, stiegen aber die Nährstoffausscheidungen pro Platz und Jahr an, vor allem bei N.

Die Richtwerte können somit auf Grundlage der genannten Einflussgrössen korrigiert werden. Zudem können Masttageszuwachs und Ausstall-LG mit Gleichungen auf Basis von offiziellen Daten über Schlachalter und Schlachtgewicht kontrolliert werden. ■

### Literatur

- Agridea 2014. Assortiment en aliments et aliments minéraux du commerce, selon base de données du plan d'alimentation, version 7.8.
- Agridea 2018. Assortiment en aliments et aliments minéraux du commerce, selon la base de données du plan d'alimentation, version 7.9.
- Agroscope, 2009. GRUDAF 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 16, 1–97.
- Agroscope, 2017a. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz* 8, Spezialpublikation, 276 S.
- Agroscope, 2017b. Nährwert des Raufutters. Zugang: [www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch) [01.07.2018].
- Agroscope, 2017c. Schweizerische Futtermitteldatenbank. Zugang: [www.feedbase.ch](http://www.feedbase.ch) [01.07.2018].
- Kirchgessner M., Heindl U. & Schwarz F. J., 1994. Gehalte und Ansatz von Spurenelementen in Geweben und Ganzkörper von wachsenden Jungbulln der Rasse Fleckvieh. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 72, 260–271.
- Lehmann E. & Kessler J., 1994. Fütterungsempfehlungen für die Grossviehmast. In: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 3. Auflage. 141–163.
- Lehmann E & Bencheikh M., 1996. Rapsextraktionsschrot in der Munimast. *Agrarforschung* 3, 215–218.
- Menzi H., Lehmann E. & Kessler J. 1999. Anfall und Zusammensetzung von Hofdünger aus der Rindviehmast. *Agrarforschung* 6, 417–420.
- Morel I., Oberson J.-L., Schlegel P., Chassot A., Lehmann E & Kessler J., 2018. Fütterungsempfehlungen für die Grossviehmast. In: Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer. Zugang: [www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch) [November 2018].
- Morel I., Oberson J.-L., Nadau V. & Wyss U., 2019. Shredlage oder Standard-Ganzpflanzenmaissilage für Mastmunis? *Agrarforschung Schweiz* 10, 60–67.
- Proviande, 2016. Der Fleischmarkt im Ueberblick. Zugang: [www.proviande.ch](http://www.proviande.ch) [01.07.2018].
- Schweizer Bundesrat, 1998. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft 910.13.
- Swissgenetics, 2019. Jahresbericht 2017/18. Zugang: [www.swissgenetics.ch](http://www.swissgenetics.ch) [01.07.2019].