



4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern

Walter Richner¹, René Flisch¹, Jochen Mayer¹, Patrick Schlegel², Michael Zähler³ und Harald Menzi²

¹ Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

² Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

³ Agroscope, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: walter.richner@agroscope.admin.ch

Inhalt

1. Einleitung.....	4/3
2. Hofdünger	4/3
2.1 Einleitung.....	4/3
2.2 Anfall und Nährstoffgehalte von Hofdüngern.....	4/3
2.3 Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Hofdüngern.....	4/8
2.4 Hofdüngeraufbereitung	4/9
2.5 Hofdüngereinsatz.....	4/12
3. Recyclingdünger und Gärgut	4/12
3.1 Einleitung.....	4/12
3.2 Nährstoffgehalte von Recyclingdüngern und Gärgut.....	4/13
3.3 Allgemeine Hinweise zum Einsatz von Kompost und Gärgut aus gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen.....	4/13
4. Mineraldünger.....	4/14
4.1 Einleitung.....	4/14
4.2 Düngungsrelevante Eigenschaften von Mineraldüngern.....	4/14
4.3 Wirkung von Mineraldüngern auf den Boden	4/18
5. Literatur	4/18
6. Tabellenverzeichnis.....	4/20
7. Abbildungsverzeichnis.....	4/20
8. Anhangsverzeichnis	4/20
9. Anhang	4/21

Foto auf der Vorderseite: Ursus Kaufmann, Agroscope.

1. Einleitung

Gemäss dem Düngungskonzept (vgl. Modul 1/ Einleitung, Abbildung 2) wird der Nährstoffbedarf der Kulturen nebst den Nährstoffen, die aus der organischen Bodensubstanz und Ernterückständen freigesetzt werden, über Dünger gedeckt. Eine optimale pflanzenbauliche Nutzung der Nährstoffe kann nur erreicht werden, wenn genaue Kenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten unter Berücksichtigung pflanzenbaulicher und umweltrelevanter Aspekte vorliegen. Dazu sind primär Informationen über den mengenmässigen Anfall der Hofdünger und die Nährstoffgehalte von Hof-, Recycling- und Mineraldüngern nötig. Zudem sind Angaben zu den düngungsrelevanten Eigenschaften dieser Dünger notwendig, wie z. B. die Wirkungsgeschwindigkeit, die Gehalte an erwünschten und unerwünschten Inhaltsstoffen und spezifische Auswirkungen auf den Boden. Diesen Informationen widmet sich dieses Modul der Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD; Richner und Sinaj 2017).

2. Hofdünger

2.1 Einleitung

Auf vielen Betrieben deckt der Nährstoffanfall über die betriebseigenen Hofdünger (Gülle und Mist) einen wesentlichen Teil des Nährstoffbedarfs der Kulturen. Der richtige Einsatz der Hofdünger ist daher auf allen Betrieben mit Tierhaltung von entscheidender Bedeutung für eine pflanzen- und umweltgerechte sowie wirtschaftliche Düngung. Da der unsachgemässe Einsatz von Hofdüngern die Umwelt belastet (vgl. Modul 7/ Düngung und Umwelt), ist der sorgfältige Umgang mit ihnen auch ökologisch von grosser Bedeutung. Erschwert wird der gezielte Einsatz der Hofdünger durch die meist grossen anfallenden Mengen, die relativ geringen und nicht genau bekannten Nährstoffgehalte, die je nach Bedingungen unterschiedlich hohen Verluste, vor allem in Form von Ammoniak (NH_3), sowie durch die Unsicherheit in der Vorhersage der Verfügbarkeit der verschiedenen Fraktionen des Hofdüngerkstickstoffs, insbesondere des organisch gebundenen Stickstoffs (N). Richtwerte bilden in der Regel die einzige Möglichkeit, Hofdünger quantitativ und qualitativ zu beurteilen, auch wenn einzelbetrieblich oft mehr oder weniger grosse Abweichungen von den effektiven Nährstoffflüssen in Hofdüngern festzustellen sind. In Kombination mit Angaben über mögliche Abweichungen der Nährstoffflüsse und generellen Anwendungsempfehlungen können Richtwerte zu den tierischen Ausscheidungen und den Nährstoffgehalten der Hofdünger einen wesentlichen Beitrag zu einem agronomisch und ökologisch sinnvollen Umgang mit Hofdüngern leisten.

2.2 Anfall und Nährstoffgehalte von Hofdüngern

2.2.1 Datengrundlagen und Berechnungsmethoden

Die Nutztiere scheiden einen grossen Teil der durch das Futter aufgenommenen Stoffe mit den Exkrementen wie-

der aus (Abbildung 1). Je nach Nährstoff, Tierart, Fütterung, Leistungsniveau, Tiergesundheit usw. kann der ausgeschiedene Anteil der aufgenommenen Nährstoffe innerhalb eines Landwirtschaftsbetriebes zwischen 50 und 100 % variieren. Durch die Verwendung der Exkremente als Dünger kann aber der betriebsinterne Nährstoffkreislauf grösstenteils geschlossen werden.

Alle Angaben über die Nährstoffausscheidungen der Nutztiere und die Nährstoffgehalte der Hofdünger basieren auf Bilanzrechnungen: Aufnahme im Futter minus Retention in Tierkörper, Milch und Eiern. Diese Berechnungen orientieren sich an Fütterungsplänen mit verschiedenen Futtermitteln und teilweise an Erhebungen in der Praxis. Sie berücksichtigen den aktuellen Stand der Produktionstechnik in der Praxis. Der Nähr- und Mineralstoffbedarf der Nutztiere wurde den Fütterungsnormen von Agroscope (Agroscope 2015, 2016) entnommen. Für die Raufuttergehalte wurden die Referenzwerte für Nährwerte von Raufutter von Agroscope (2017) verwendet. Die Nährstoffgehalte in den tierischen Produkten sind in Tabelle 1 enthalten.



Abbildung 1 | Die pflanzen- und umweltgerechte Verwertung der von Nutztieren ausgeschiedenen Nährstoffe ist eine Herausforderung für tierhaltende Betriebe (Foto: Harald Menzi, Agroscope).

Als Folge von N-Verlusten im Stall, bei der Lagerung und Ausbringung sowie einer unvollständigen Verfügbarkeit des organisch gebundenen N entspricht die N-Menge in den Ausscheidungen oder in den ausgebrachten Hofdüngern nicht der Menge, die in der Düngung eingesetzt werden kann. Es wird daher zwischen Gesamt-N (N_{tot} ; analytisch bestimmbar; vgl. Definition in Anhang 1), gelöstem N ($N_{\text{lös}}$; analytisch bestimmbar; vgl. Definition in Anhang 1) und bei guter Produktionstechnik pflanzenverfügbarem N (N_{verf} ; ermittelt anhand von Ergebnissen aus langjähriger Versuchstätigkeit; vgl. Definition in Anhang 1) unterschieden. Im Allgemeinen wird angenommen, dass mittelfristig im Durchschnitt aller Nutztierarten etwa 60 % des Gesamt-N in den Hofdüngern für die Pflanzen verfügbar wird. Unter Berücksichtigung unvermeidbarer Verluste im

Stall und während der Lagerung entspricht dies einer gesamtbetrieblichen Verfügbarkeit des von den Tieren ausgeschiedenen N von etwa 50 %.

2.2.2 Nährstoffausscheidungen der Nutztiere

Tabelle 2 zeigt die Nährstoffmengen, die von verschiedenen Nutztierarten bei durchschnittlichen Produktionsbedingungen pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr ausgeschieden werden. Alle Angaben beziehen sich auf die tierischen Ausscheidungen (ohne Einstreu) bei durchschnittlicher Produktionsintensität und einer Fütterung gemäss den Empfehlungen von Agroscope (Agroscope 2015, 2016). Allfällige Abweichungen von den Richtwerten bzw. Angaben zu möglichen Korrekturen für betriebspezifische Berechnungen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Dokumentierende Angaben zu den bei den Berechnungen verwendeten Annahmen sind in Anhang 2 zusammengefasst.

Tabelle 1 | Nährstoffgehalte von Tierkörpern, Milch und Eiern.

Diese Werte werden in Bilanzrechnungen zur Bestimmung der Nährstoffausscheidungen verwendet.

Tierart/Produkt	Nährstoffgehalt (g/kg Lebendgewicht, g/l Milch, g/kg Ei)						
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca
Milchkuh	25	6,0	14	1,6	1,9	0,50	11,6
Kalb	24	5,9	14	1,6	1,9	0,35	11,0
Mastmuni	28	7,0	16	2,1	2,5	0,40	13,0
Schaf	22	6,0	14	1,2	1,4	0,30	11,0
Ziege	21	5,3	12	1,5	1,8	0,35	9,0
Ferkel	25	5,3	12	2,3	2,9	0,34	8,3
Schwein, Mastzunahme (25–120 kg)	26	5,4	12	2,3	2,8	0,30	8,0
Mastschwein, Sau ¹	25	5,1	12	2,2	2,7	0,30	8,0
Geflügel	29	5,8	13	2,6	3,1	0,30	10,0
Milch	5,5	1,0	2,3	1,6	1,9	0,10	1,2
Eier	18	1,8	4,2	1,2	1,4	0,50	33,0

¹ Mutterschweine werden in Bilanzen meist nicht berücksichtigt.

Tabelle 2 | Richtwerte für Nährstoffausscheidungen im Kot und Harn verschiedener Nutztierarten.

Angaben für zusätzliche Nutztierarten sind in Anhang 3 aufgeführt.

Tierart/Nutzungsrichtung		Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr						Grundfutter- verzehr (dt Trocken- substanz/Jahr)	
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg		Ca
Milchkuh	7500 kg Jahresleistung ¹	112	17	39	143	172	14	36	56
Mutterkuh ²	schwere Rassen (> 700 kg)	95	14	31	131	158	10	30	50
	mittelschwere Rassen (600–700 kg)	85	12	28	117	141	9,0	27	45
	leichte Rassen (< 600 kg)	72	10	24	98	118	8,0	23	38
Aufzuchtrind ^{A1}	unter 1-jährig	25	3,3	7,5	29	35	4,0	10	11
	1- bis 2-jährig	40	5,7	13	50	60	5,0	15	22
	über 2-jährig	55	8,7	20	62	75	7,0	23	33
Mastkalb ^{A2}	pro Platz	18	3,1	7,1	9,4	11	1,1	7,0	1,0
	pro gemästetes Tier	5,5	0,9	2,1	2,8	3,4	0,3	2,1	0,3
Mutterkuhkalb ^{A3}	bis ca. 350 kg, pro gemästetes Tier	22	3,1	7,0	20	24	1,3	3,8	6,0
	bis ca. 220 kg, pro gemästetes Tier	9,0	1,4	3,2	5,5	6,6	0,6	1,5	1,0
Rindviehmast (Muni) (65–530 kg) ^{A4}	bis Alter 160 Tage, pro Platz	23	2,2	5,0	19	23	1,3	2,9	6
	Alter > 160 Tage, pro Platz	49	5,7	13	34	42	4,2	15	21
Rindviehweidemast (65–530 kg) ^{A5}		40	5,2	12	46	55	4,0	13	16
Zuchttier		50	7,9	18	70	85	5,0	20	30
Stute mit Fohlen ^{A6}		52	13	31	73	88	7	23	29
anderes Pferd ^{A7}	über 3-jährig	44	10	23	62	75	5	19	29
Fohlen	0,5- bis 3-jährig	42	8	18	56	67	4	14	26
Ziegenplatz ³		17	2,5	5,7	20	24	1,5	6,5	7,5
Schafplatz ^{3, A8}		18	2,6	6,0	21	25	2,0	7,0	8
Milchschaafplatz ³		20	3,7	8,5	24	29	2,1	7,4	9
Mastschwein/Remonte ^{4, A9}	pro Platz	13	2,3	5,3	4,8	5,8	1,4	3,3	0
	pro produziertes Tier	3,9	0,7	1,6	1,5	1,8	0,40	1,0	0
Zuchtschweineplatz ^{5, A10}		44	9,2	21	19	23	4,2	11	0
Eber		18	4,4	10	8,0	9,6	1,5	6,0	0
säugende Zuchtsau ^{5, A10}	pro Platz	49	10	23	15	18	4,4	12	0
	pro Sau und Umtrieb	5,0	1,0	2,3	1,5	1,8	0,40	1,2	0
Galtsau ^{5, A10}	pro Platz	25	6,5	15	14	16	2,3	8,5	0
	pro Sau und Umtrieb	8,3	2,2	5,1	4,6	5,5	0,80	2,9	0
abgesetzte Ferkel ^{5, A10}	pro Platz	3,9	0,73	1,7	1,9	2,3	0,50	0,70	0
	pro aufgezogenes Ferkel	0,41	0,08	0,17	0,20	0,24	0,05	0,08	0

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Tierart		Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr							Grundfutterverzehr (dt Trockensubstanz/Jahr)
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca	
Legehennen ^{6, A11}	pro 100 Plätze	80	20	46	25	30	6,5	100	0
Junghennen ^{A12}	pro 100 Plätze	30	7,4	17	10	12	2,5	11	0
	pro 100 aufgezogene Tiere	13	3,3	7,5	4,5	5,4	1,1	5	0
Mastpoulets ^{7, A13}	pro 100 Plätze	36	6,0	13	18	22	4,4	4	0
Masttruten ⁸	pro 100 Plätze	140	31	70	33	40	18	35	0
	pro 100 gemästete Tiere	48	11	25	11	13	6,5	12	0

Fussnoten¹⁻⁸ vgl. Tabelle 3Fussnoten^{A1-A13} vgl. Anhang 2

Tabelle 3 | Fussnoten zu Tabelle 2 mit Angaben zur richtigen Zuordnung der Kategorien oder zu betriebsspezifischen Korrekturen, die für Nährstoffflussberechnungen wichtig sind.

Weitere Fussnoten zu den Annahmen, die für die Berechnungen der Nährstoffausscheidungen angenommen wurden, finden sich in Anhang 2.

Fussnote in Tabelle 2	Tierart/ Nutzungsrichtung	Beschreibung der Produktion
1	Milchkuh	Mittlere Jahresmilchleistung: 7500 kg; mittleres Lebendgewicht ausgewachsen: 660 kg. Je 1000 kg geringerer Leistung verringern sich die Ausscheidungen um 5 % N, 7 % P (P ₂ O ₅), 3 % K (K ₂ O), 7 % Mg, 6 % Ca und der Grundfutterverzehr um 1.5 %; je 1000 kg höherer Leistung erhöhen sich die Ausscheidungen und der Grundfutterverzehr im gleichen Verhältnis. Diese Korrektur berücksichtigt auch die Unterschiede im Lebendgewicht.
2	Mutterkuh	Mutterkuh (1 Kalb); die angegebenen Ausscheidungswerte beziehen sich auf das Muttertier ohne Kalb. Für Kühe mit mehr als einem Kalb können die Werte der nächstschwereren Kategorie verwendet werden. Schwere Rassen: 720–800 kg mittleres ausgewachsenes Lebendgewicht (z. B. Limousin, Blonde d'Aquitaine, Charolais). Mittelschwere Rassen: 600–700 kg (z. B. Braunvieh, Simmental, Angus, F1-Kreuzungskühe). Leichte Rassen: 500–550 kg (z. B. Galloway, Grauvieh, Eringer).
3	Schaf- und Ziegenplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.
4	Mastschweineplatz	Der Anfall von P basiert auf einem Gehalt von 5,2 g P pro kg Futter (14 MJ ¹ VES ² pro kg Futter; Standardfutter ohne stickstoff- und phosphorreduziertes Futter [NPr]; Phasenfütterung). Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 30 %. Der N-Anfall basiert auf einem Rohprotein(RP)-Gehalt von 170 g/kg Futter (14 MJ ¹ VES ² pro kg Futter). Abweichungen um 10 g RP/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 9 %. Detailliertere Angaben zur Berechnung der Ausscheidungen beim Einsatz von Futtermitteln mit reduziertem N- und P-Gehalt sind in den Suisse-Bilanz-Zusatzmodulen 6 und 7 (Agridea und BLW 2016) aufgeführt.
5	Zuchtschweine	Pro Zuchtschweineplatz und Jahr basiert der N- und P-Anfall auf einem mittleren RP-Gehalt von 173 g/kg und einem P-Gehalt von 5,8 g/kg (für Sauen Kombifutter; Anteil Sauenfutter 61 %, Anteil Ferkelfutter 39 %). Pro 10 g Reduktion des RP-Gehaltes ergibt sich eine Reduktion der N-Ausscheidungen um 8 %, pro 1 g Reduktion des P-Gehaltes eine Reduktion der P-Ausscheidungen um 24 %. Für die arbeitsteilige Produktion (bzw. unterschiedliches Futter für säugende Sauen und Galtsauen) wurde als Basiswert ein RP-Gehalt von 145 g/kg für Galtsauenfutter, 180 g/kg für Säugendsauenfutter und 177 g/kg für Ferkelfutter sowie für den P-Gehalt für Sauen (galt und säugend) 6 g/kg und für Ferkel 5,7 g/kg angenommen. Pro 10 g Reduktion des RP-Gehaltes ergibt sich eine Reduktion der N-Ausscheidungen um 6 % für Galtsauen, 8 % für säugende Sauen und 12 % für Ferkel. Pro g Reduktion des P-Gehaltes ergibt sich eine Reduktion der P-Ausscheidungen um 18 % für Galtsauen, 23 % für säugende Sauen und 40 % für Ferkel. Detailliertere Angaben zur Berechnung der Ausscheidungen beim Einsatz von Futtermitteln mit reduziertem N- und P-Gehalt sind in den Suisse-Bilanz-Zusatzmodulen 6 und 7 (Agridea und BLW 2016) aufgeführt.
6	Legehennen	Der P-Anfall basiert auf einem Gehalt von 5,7 g P pro kg Futter. Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 20 %.
7	Mastpoulets	Für die Nährstoffbilanz können die Ausscheidungen mit dem entsprechenden Hilfsmittel (Suisse-Bilanz-Zusatzmodul 7 «Import/Export-Bilanz», Agridea und BLW 2016) unter Berücksichtigung der effektiven Ein- und Ausstellungen berechnet werden. Für Betriebe mit einem Durchschnittsbestand ab 3000 Tieren ist diese Berechnung obligatorisch.
8	Masttruten	Produktion von Truten mit einem durchschnittlichen Mastendgewicht von 12 kg und 2,8 Umtrieben pro Jahr. Bei Truten-Vormastplätzen (bis etwa 1,5 kg Lebendgewicht, 6 Umtriebe pro Jahr) kann pro 100 Tierplätze und Jahr mit einem Anfall von 40 kg N, 9 kg P und 10 kg K gerechnet werden. Für die Ausmast (von 1,5 bis 13 kg Lebendgewicht; 2,9 Umtriebe pro Jahr) beträgt der entsprechende Anfall pro 100 Plätze 230 kg N, 50 kg P und 58 kg K.

¹ Megajoule² Verdauliche Energie Schwein

Für Rindvieh und Kleinwiederkäuer beziehen sich die Angaben auf Tierzahlen gemäss Tierverkehrsdatenbank (TVD; ohne Leerzeiten). Für Schweine und Geflügel wurden übliche Leerzeiten zwischen Umtrieben in den Angaben pro Tierplatz und Jahr berücksichtigt (vgl. Anhang 2).

Für besondere Fälle sind für einzelne Tierkategorien mit klar abgegrenzten Produktionszyklen (ohne ganzjährige Produktion) neben den Standardangaben pro Tierplatz und Jahr auch Angaben pro produziertem Tier aufgeführt.

Angaben zu den Ausscheidungen und zum Grundfutterverzehr zusätzlicher Tierkategorien sind in Anhang 3 aufgeführt.

2.2.3 Hofdüngeranfall

Die Fütterung beeinflusst die Menge an tierischen Exkrementen und somit die anfallende Gülle- und Mistmenge. Die Richtwerte für den Gülle- und Mistanfall bei verschiedenen Nutztierarten und Aufstallungssystemen (Tabelle 4) dienen in erster Linie der Bemessung des benötigten Hofdüngerlagerraumes sowie der groben Planung der Düngung.

Ob nur Gülle, Mist und Gülle oder nur Mist produziert werden, hängt vom Aufstallungssystem ab. Für Anbinde- und Laufställe kann mit den gleichen Hofdüngermengen gerechnet werden. In der aufgeführten Mistmenge sind

Tabelle 4 | Richtwerte für den jährlichen Anfall von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems.

	Tierart/Nutzungsrichtung	Hofdüngeranfall und Stroheinsatz pro Jahr bei Stallhaltung ¹ in Abhängigkeit des Aufstallungssystems ²					
		nur Gülle ³ (m ³)	Gülle/Mist ^{3, 4}			nur Mist ⁴	
			Stroh-einsatz (dt/Jahr)	Gülle kotarm (m ³)	Mist (t)	Stroh-einsatz (dt/Jahr)	Mist (t)
1	Milchkuh mit 7500 kg Jahresleistung ⁵	23	6,8	11	8,9	30	21
1	Mutterkuh, schwer ⁶	19	5,0	9,4	7,6	25	18
1	mittelschwer ⁶	17	5,0	8,7	6,7	25	16
1	leicht ⁶	15	5,0	7,0	5,7	25	13
1	Aufzuchtrind, unter 1-jährig	4,8	1,5	2,4	2,0	8,0	4,6
1	Aufzuchtrind, 1- bis 2-jährig	8,0	2,5	4,0	3,2	12	7,6
1	Aufzuchtrind, über 2-jährig	12	3,5	5,4	4,4	16	10
1	Mastkälberplatz					4,2	3,2
1	Mutterkuhkalb, bis ca. 350 kg	4,1	1,3	2,0	1,6	4,2	3,8
1	Mutterkuhkalb, bis ca. 220 kg	1,6	0,6	0,8	0,6	2,4	1,5
1	Rindviehmastplatz, bis Alter 160 Tage	4,5	je nach Stall ⁷			11,0	5,0
1	Rindviehmastplatz, Alter > 160 Tage	10	je nach Stall ⁷			16	11
1	Pferd (Frischmist)					29	12 ⁸
1	Stute mit Fohlen, bis 0,5-jährig (Frischmist)					36	14 ⁸
1	Fohlen, 0,5–2,5 Jahre (Frischmist)					15	10 ⁸
1	Ziegenplatz					3,7	1,7
1	Schafplatz					3,7	1,7
1	Milchschaafplatz					3,7	2,3
1	Mastschweineplatz	1,6	je nach Stall ⁷			2,6	1,2
1	Zuchtschweineplatz	7,5	je nach Stall ⁷			8,0	4,2
1	Abferkelsauenplatz	8,2	je nach Stall ⁷			10	3,5
1	Galtsauenplatz	5,5	je nach Stall ⁷			6,0	2,3
1	Ferkelplatz	0,6	je nach Stall ⁷			1,0	0,3
				Kotgrube/ Boden- haltung			
100	Legehennenplätze	2,7		1,5			
100	Junghennenplätze	1,0		0,6			
100	Mastpouletplätze			0,8			
100	Masttrutenplätze			3,0			

typische Einstreumengen und Lagerungsverluste berücksichtigt. Die Lagerungsverluste können je nach Mistart, Art der Lagerung, klimatischen Bedingungen usw. variieren. Daher kann auch die Mistmenge vom aufgeführten Wert abweichen.

Die Angaben beziehen sich auf eine dauernde Stallbelegung. Bei zeitweiser Stallabwesenheit der Tiere (Weide) ist die Gülle- und Mistmenge zeitproportional zu reduzieren (Abbildung 2). Bei z. B. 200 Tagen Weide à 8 h/Tag ist die Berechnung wie folgt:

$$(200 \times 8) / (365 \times 24) \times 100 \rightarrow \text{Reduktion um } 18,3 \%$$

Fussnoten zu Tabelle 4, Seite 4/6

- ¹ Bei zeitweiser Stallabwesenheit (Weidegang, Alpung) sind die anfallenden Hofdüngermengen entsprechend der Anzahl abwesender Tage geringer. Die Mengen beziehen sich auf eine mittlere Leistungsstufe. Bei höherer Produktionsintensität ist die anfallende Hofdüngermenge entsprechend höher.
- ² Ob nur Gülle, Mist und Gülle oder nur Mist produziert werden, hängt vom Aufstallungssystem ab. Für Anbinde- und Laufställe kann mit den gleichen Mengen gerechnet werden. In der aufgeführten Mistmenge sind Lagerungsverluste berücksichtigt. Diese können je nach Mistart, Art der Lagerung, klimatischen Bedingungen usw. variieren. Daher kann auch die Mistmenge vom aufgeführten Wert abweichen.
Für Stapelmist und Laufstallmist (vgl. Anhang 1) kann ein mittleres Raumgewicht von 700–800 kg/m³ angenommen werden. Mit Mistkran oder Frontlader geladener Mist wiegt auf dem Wagen rund 550–650 kg/m³, von Hand geladener 700–800 kg/m³. Alle diese Werte gelten nicht für Mist, der zum grössten Teil Futterreste oder andere organische Abfälle enthält, und nicht für abgeschorrt Kot ohne Einstreu (Alpställe). Für betriebsspezifische Angaben empfiehlt es sich, das Gewicht durch Wägungen mehrerer normal geladener Mistzetter zu bestimmen.
- ³ Die Gülleart ist neben der Tierart hauptsächlich vom darin enthaltenen Kotanteil abhängig. Die Güllemengen beziehen sich alle auf unverdünnte Gülle. Die durch die Zufuhr von Abwasser entstehende zusätzliche Menge muss anhand von Tabelle 5 bestimmt werden. Üblich ist eine Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser) von ca. 1 : 1.
- ⁴ Die Mistart und -qualität ist abhängig von der Einstreumenge und vom darin enthaltenen Kot- und Harnanteil. Wird viel eingestreut und/oder wenig Kot abgeschorrt, dann entsteht ein strohreicher Mist. Gewichtsmässig ist der Einfluss der Einstreumenge auf den Mistanfall gering.
- ⁵ Bezieht sich auf eine mittlere Jahresmilchleistung von 7500 kg. Je 1000 kg geringere Leistung ist mit 5 % geringeren, je 1000 kg Mehrleistung mit 5 % höheren Werten zu rechnen. Diese Korrektur berücksichtigt auch die Unterschiede im Lebendgewicht.
- ⁶ Schwere Rassen: > 700 kg
Mittelschwere Rassen: 600–700 kg
Leichte Rassen: < 600 kg
- ⁷ In diesen Ställen entsteht in der Regel je auf einem Teil der Fläche Gülle bzw. Mist. Die Produkte sind deshalb Vollgülle und Laufstallmist gleichzusetzen. Die Aufteilung kann überschlagsmässig anhand des Flächenanteils bestimmt werden. Beispiel: Bei einem Stall mit 60 % eingestreuter Fläche und 40 % Spaltenboden ist mit 60 % der angegebenen Laufstallmistmenge und 40 % der angegebenen Vollgüllemenge zu rechnen.
- ⁸ Die angegebenen Werte beziehen sich auf frischen Pferdemist (weniger als ein Monat gelagert). Bei längerer Lagerung bzw. Verrottung (mehr als drei Monate) kann mit der Hälfte des angegebenen Wertes gerechnet werden.

Die Hofdüngermengen beziehen sich auf eine mittlere Leistungsstufe (vgl. Tabelle 3 und Anhang 2); bei höherer Produktionsintensität ist die anfallende Menge entsprechend höher.

Die Angaben in Tabelle 4 beziehen sich auf unverdünnte Gülle. Auf den meisten Betrieben gelangen neben der Gülle auch bedeutende Mengen an Wasser in die Güllegrube: Wasser aus der Stallreinigung, Abwasser aus der Milchammer, Regenwasser von nicht überdachten Plätzen, Haushaltabwasser usw. Die effektive Güllemenge kann daher erst bestimmt werden, wenn neben dem Anfall an unverdünnter Gülle auch die in die Gülle gelangte Wassermenge bekannt ist. Entsprechende Richtwerte sind in Tabelle 5 enthalten. Üblich ist eine Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser) von ca. 1 : 1. Zur Verhinderung grösserer N-Verluste beim Ausbringen (NH₃-Verflüchtigung, vgl. Modul 7/ Düngung und Umwelt, Tabelle 2) ist insbesondere während des Sommers eine stärkere Verdünnung empfehlenswert.

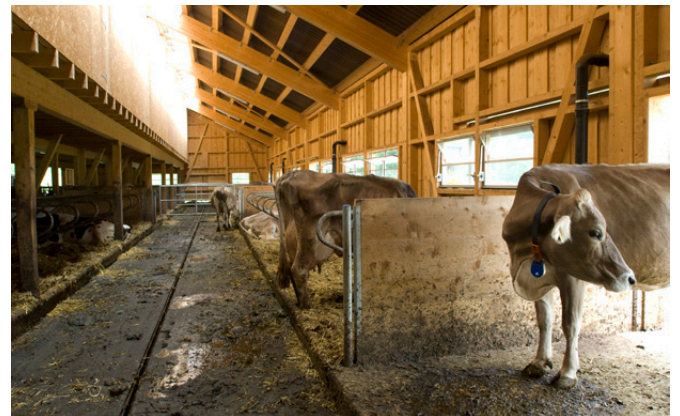


Abbildung 2 | Bei zeitweiser Stallabwesenheit der Tiere ist die Gülle- und Mistmenge zeitproportional zu reduzieren (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope).

2.2.4 Nährstoffgehalte von Hofdüngern

Die Richtwerte zu den durchschnittlichen Nährstoffgehalten von Gülle und Mist verschiedener Tierarten sind in Tabelle 6 ersichtlich. Für Gülle sind die Gehalte der unverdünnten Gülle aufgeführt. Zur Bestimmung des Gehaltes der verdünnten Gülle muss die zusätzlich in die Gülle gelangende Wassermenge gemäss Tabelle 5 mitberücksichtigt werden:

Gehalt verdünnt	=	Gehalt unverdünnt
		(Teile Gülle unverdünnt + Teile Wasser)

Die Fütterung beeinflusst den Nährstoffgehalt der Hofdünger. Die Richtwerte sind jedoch so festgelegt, dass Korrekturen nur bei besonderen Bedingungen (Anhang 2) nötig sind. Dies kann beispielsweise im Biolandbau der Fall sein, wenn der K-Gehalt des Raufutters generell vom Standardwert abweicht oder der P-Gehalt der Schweine- und Geflügelrationen wegen des Verbotes von Phytase höher ist als in der konventionellen Produktion. Die Aufberei-

Tabelle 5 | Richtwerte zur Ermittlung der in die Güllegrube geleiteten Abwassermengen (vgl. BAFU und BLW 2011).
Der Wasserverbrauch pro Grossvieheinheit (GVE) kann stark variieren. Genauere Angaben für den Einzelbetrieb lassen sich mit Wasseruhren bestimmen.

Tierart/Art des Abwassers	Bezugsbasis	m ³ /Monat		m ³ /Jahr
		Sommer	Winter	
Rindvieh Stallreinigung und Tierpflege (Rindvieh) ¹ Betreiben einer Schwemmenmistung ²	GVE GVE	1,0 0,5	0,2 0,5	7,0 6,0
Schweine Stallreinigung und Tierpflege ³	MSP ⁹	0,04		0,5
Geflügel Reinigung von Legehennenställen ³ Reinigung von Mastgeflügelställen ³	1000 LHP ¹⁰ 1000 MPP ¹¹	0,2 0,4		2,5 5,0
Gülle des Mistplatzes , Ablauf befestigter und nicht überdachter Laufplätze , nicht überdachte Flachsiloplaten mit vollständiger Entwässerung in die Güllegrube	m ² und 100 mm Niederschlag	0,1		1,2
Ablauf nicht überdachter Flachsiloplatte mit Entwässerung über eine Silosaftrinne ⁴	m ² und 100 mm Niederschlag	0,025		0,3
Reinigung von Milchkammer Kühltank ⁵ Eimermelkanlage Rohrmelkanlage (Anbindestall oder Melkstand) Standplätze im Melkstand ⁶ Automatisches Melksystem (AMS) ⁷	Melkeinheit (ME) Tankvolumen (L) ME ME Standplatz (S) Einheit	0,5 + 0,05 × ME 0,0015 × L 3 + 0,5 × ME 4 + 0,5 × ME 0,5 × S 25		6 + 0,6 × ME 0,018 × L 36 + 6 × ME 48 + 6 × ME 6 × S 300
Haushaltabwasser ⁸ normale Verhältnisse mit Waschmaschine, Dusche/Bad und WC einfache sanitäre Einrichtungen Sonderfälle mit dauernd deutlich geringerem Abwasseranfall	Bewohner Bewohner Bewohner	5,0 3,5 2,0		60 42 24

¹ Die angegebene Wasserzufuhr reicht im Allgemeinen für das Betreiben einer Treibentmistung mit Staunase.

² Diese Wassermenge wird meistens zusätzlich zur Menge für die normale Stallreinigung eingesetzt. Sie wird für ein einwandfreies Funktionieren des Systems benötigt und kann daher auch im Winter kaum reduziert werden.

³ Wird für die Reinigung kein Hochdruckreiniger eingesetzt, ist die Menge bedeutend höher. In der Regel fällt nur am Ende des Umtriebes Reinigungswasser an.

⁴ Unverschmutztes Niederschlagswasser auf Siloplatte wird zur Versickerung abgeleitet.

⁵ Bei täglich einmaliger Reinigung.

⁶ Pro Standplatz, inkl. Reinigung der Melkgrube. Melkkarussell: Die Angaben des Herstellers sind zu beachten.

⁷ 0,5–0,8 Liter Abwasser pro kg Milch pro Jahr. Kann im Einzelfall noch höher liegen.

⁸ Es ist zu klären, ob die Einleitung des Abwassers in die Güllegrube im konkreten Fall gemäss BAFU und BLW (2011) zulässig ist.

⁹ Mastschweineplatz

¹⁰ Legehennenplätze

¹¹ Mastpouletplätze

tung der Hofdünger (vgl. Kapitel 2.4) kann deren Nährstoffgehalte wesentlich verändern.

2.3 Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Hofdüngern

Überall, wo Hofdünger gelagert oder ausgebracht werden, geht N, hauptsächlich in Form von NH₃, verloren. Für die unvermeidbaren Verluste im Stall und während der Lagerung werden bei Rindvieh üblicherweise beim Laufstall 20 % und beim Anbindestall 15 % des ausgeschiedenen N angenommen, bei Schweinen 20 % und bei Geflügel 30–50 %. Für die Berechnung der Richtwerte der Hofdünger-gehalte von Rindvieh (Tabelle 6) wurden die unvermeidbaren Verluste für Laufställe angenommen.

Auch beim Ausbringen von Gülle und Mist treten N-Verluste in Form von NH₃-Verflüchtigung auf. Zudem ist ein Teil des N in Gülle und Mist organisch gebunden und für die Pflanzen nicht unmittelbar verfügbar. Dieser N wird Bestandteil der

organischen Substanz des Bodens und erst durch – zum Teil Jahre dauernde – Abbauprozesse mineralisiert und für die Pflanzen verfügbar. Der Zeitpunkt und die Intensität der Mineralisierung sind äusserst schwierig abzuschätzen. Der verfügbare N (N_{verf}) in den Hofdüngern entspricht der zu erwartenden N-Menge, die bei sorgfältiger Hofdüngerewirtschaft von den Pflanzen im Verlauf von etwa drei Jahren aufnehmbar ist. Er setzt sich aus dem löslichen N-Anteil (N_{lös}), der nach dem verlustarmen Ausbringen den Pflanzen rasch zur Verfügung steht, und dem mittelfristig (zwei bis drei Jahre nach der Hofdüngerausbringung) aus der organischen Substanz mineralisierbaren Anteil zusammen. Tabelle 7 zeigt die durchschnittliche Wirkung verschiedener Hofdünger im Anwendungsjahr und ihre mittelfristige N-Wirkung.

Für Parzellen, die regelmässig Hofdünger erhalten, können die Angaben über den verfügbaren N aus der ersten Spalte von Tabelle 7 direkt übernommen werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkungen früherer

Tabelle 6 | Richtwerte der Gehalte an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) und Nährstoffen von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten bei Stallhaltung.

Tierart/Hofdüngerart	Gehalte (kg/m ³ unverdünnte Gülle bzw. kg/t Mist)										
	TS	OS	N _{tot} ³	N _{lös} ³	N _{verf} ³	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca
Kühe/Rindviehaufzucht											
Vollgülle ¹	90	70	3,9	2,1	2,0–2,7	0,74	1,7	6,2	7,5	0,61	1,5
Gülle, kotarm ¹	75	40	4,5	2,9	2,9–3,8	0,47	1,1	9,0	11	0,58	1,0
Stapelmist ²	190	150	4,5	0,7	0,9–1,8	1,3	3,0	5,1	6,1	0,93	3,0
Laufstallmist ²	210	175	4,9	1,2	1,2–2,5	0,94	2,2	8,4	10	0,82	2,2
Rindviehmast											
Vollgülle ¹	90	65	4,0	2,1	2,0–2,8	0,55	1,3	3,7	4,5	0,37	1,2
Laufstallmist ²	210	155	4,1	1,0	1,0–1,8	0,57	1,3	4,4	5,3	0,42	1,5
Kälber											
Kälbermist ²	200	150	5,0	1,9	1,3–2,5	1,1	2,5	4,7	5,7	0,89	1,7
Pferde											
Pferdemist, frisch ²	350	300	4,4	1,2	0,3–0,8	1,1	2,5	8,1	9,8	0,6	2,5
Pferdemist ²	350	240	6,8	0,7	0,7–1,8	2,2	5,0	16,2	19	1,3	5,0
Schafe/Ziegen											
Schaf-/Ziegenmist ²	270	200	8,2	2,4	3,3–4,9	1,6	3,7	14	17	1,3	4,9
Schweine											
Schweinegülle Mast ^{1,4}	50	36	6,5	4,6	3,3–4,6	1,4	3,2	3,0	3,6	0,88	2,1
Schweinegülle Zucht ^{1,5}	50	33	4,7	3,3	2,4–3,4	1,2	2,7	2,5	3,0	0,56	1,5
Schweinemist ²	270	230	8,8	2,6	3,5–5,3	2,9	6,6	6,0	7,3	1,5	5,0
Geflügel											
Hennen/Junghennenkot (Kotband) ²	350	250	21	6,3	8,4–13	7,4	17	9,3	11	2,4	37
Hennen/Junghennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung) ²	500	330	26	7	11–16	13	30	17	20	4,3	67
Pouletmist ^{2,6}	650	440	32	10	13–19	7,5	17	23	28	5,5	5
Trutenmist ²	600	400	28	7,5	12–18	10	23	10,8	13	6,0	12

¹ Die Güllegehalte beziehen sich auf unverdünnte Gülle. Die durch die Zufuhr von Abwasser entstehende Verdünnung muss anhand von Tabelle 5 bestimmt werden. Beispiel bei Verdünnung 1 : 1,5 (Teile Gülle : Teile Wasser): Gehalt unverdünnt / (1 + 1,5).

² Wo nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf eine mittlere Mistverrottung (vgl. Anhang 1).

³ Für Angaben zu N-Formen und -Verlusten vgl. Kapitel 2.3.

⁴ Für detailliertere Angaben vgl. Fussnote 4 in Tabelle 3.

⁵ Für detailliertere Angaben vgl. Fussnote 5 in Tabelle 3.

⁶ Gilt unabhängig von der Mastdauer für die gebräuchlichsten Systeme.

Hofdüngergaben berücksichtigt werden. Im Futterbau ist eher mit den oberen, im Ackerbau eher mit den unteren Werten des angegebenen Bereichs zu rechnen. Zur Schätzung des im Anwendungsjahr verfügbaren N in der Gülle kann der Gehalt an Ammoniumstickstoff (NH₄⁺-N) verwendet werden. Dieser lässt sich mit Schnelltestmethoden (vgl. Kapitel 2.5.2) auf dem Betrieb mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Die Differenz zwischen dem ausgebrachten Gesamt-N (N_{tot}) und dem verfügbaren N in den Hofdüngern entspricht den nach der Ausbringung auftretenden NH₃-Verlusten und dem Anteil von organisch gebundenem N, der im Boden in Form von organischer Substanz (Humus) über längere Zeiträume gespeichert wird.

Werden die Hofdünger nicht zu einem optimalen Zeitpunkt (Abbildung 3) ausgebracht (nach Ende der Vegetationsperiode im Herbst, bei ungünstigen Witterungs- oder Bodenverhältnissen usw.) kann die N-Wirkung deutlich geringer sein. Der ungenutzte verfügbare N kann dabei zu einem guten Teil durch Auswaschung, Abschwemmung oder Verflüchtigung verloren gehen. Diese Stickstoffverluste belasten die Umwelt und sind daher so gering wie

möglich zu halten. Sie stellen zudem einen ökonomischen Verlust dar, wenn Nährstoffverluste durch Düngerezufuhr kompensiert werden.

2.4 Hofdüngeraufbereitung

2.4.1 Anaerobe Vergärung

Anaerob (unter Luftabschluss) vergorene Gülle weist gegenüber unvergorener Gülle veränderte Eigenschaften auf, die bei der Düngung zu berücksichtigen sind. Die Vergärung von Gülle in Biogasanlagen führt zu einem Abbau der organischen Substanz des Ausgangsmaterials und zu einer Reduktion des Trockensubstanz(TS)-Gehaltes und der Viskosität. Dadurch wird die Gülle fließfähiger und sickert beim Ausbringen rascher in den Boden ein als unvergorene Gülle, wodurch gasförmige N-Verluste verringert werden können.

Infolge des Abbaus der organischen Substanz des Ausgangsmaterials während der Vergärung wird ein Teil des organisch gebundenen N zu pflanzenverfügbarem NH₄⁺ mineralisiert. Dadurch nimmt die Konzentration von NH₄⁺-N

Tabelle 7 | Anteil des mittelfristig und im Anwendungsjahr verfügbaren Stickstoffs (N_{verf}) in verschiedenen Hofdüngern.

Hofdüngerart	Mittelfristige N-Verfügbarkeit in % des Gesamt-N-Gehaltes ¹	N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr in % des Gesamt-N-Gehaltes ²	
		Futterbau	Ackerbau
Vollgülle	50–70	55	45
Rindviehgülle, kotarm	65–85	70	60
Stapelmist	20–40 ³	20	15
Laufstallmist	25–50 ³	25	20
Pferdemist	10–25 ³	15	10
Schaf- und Ziegenmist	40–60 ³	40	30
Schweinegülle	50–70	60	50
Schweinemist	40–60 ³	4	35
Hennenkot (Kotband)	40–60 ³	4	40
Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung)	40–60 ³	4	35
Geflügelmist (Mast), Poulet, Truten	40–60 ³	4	35

¹ Diese Verfügbarkeit kann bei optimaler Verwertung der Dünger unter durchschnittlichen schweizerischen Boden- und Klimaverhältnissen erreicht werden. Sie umfasst sowohl die kurzfristige Wirkung wie die Nachwirkung in den folgenden Jahren (vgl. auch Definition N_{verf} in Anhang 1). Auf Parzellen, die regelmässig Hofdünger erhalten, kann diese Verfügbarkeit in Düngungsberechnungen verwendet werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkung früherer Hofdüngergaben berücksichtigt wird. Bei einmaligen Mistgaben kann die N-Wirkung auf zwei bis drei Jahre verteilt werden. Bei Gülle ist dies kaum sinnvoll. Im Futterbau ist eher mit den oberen, im Ackerbau eher mit den unteren Werten des angegebenen Bereiches zu rechnen.

² N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr bei optimalem, verlustarmem Einsatz der Dünger. Der restliche N wird in den Folgejahren mineralisiert. Die Mineralisierung ist stark von den Boden- und Witterungsbedingungen abhängig. Die N-Verfügbarkeit kann je nach Zeitpunkt der Mineralisierung eine unterschiedliche agronomische und/oder ökologische Wirkung (Ertrag und Qualität der Pflanzen, Verluste) haben (vgl. auch Definition N_{verf} in Anhang 1).

³ Auf Böden mit einem Tongehalt von über 30 % kann höchstens mit dem unteren Wert des Streubereichs der mittelfristigen N-Verfügbarkeit gerechnet werden; oft ist die Verfügbarkeit unter diesen Bodenbedingungen noch wesentlich tiefer. Entsprechend gering ist auch die Verfügbarkeit im ersten Jahr nach der Anwendung.

⁴ Die Anwendung dieser Hofdüngerarten ist im Naturfutterbau nicht empfohlen.

in der vergorenen Gülle zu, während die Konzentration von organisch gebundenem N gleichzeitig abnimmt. Durch die Zunahme des NH_4^+ -Anteils wird die Pflanzenverfügbarkeit des Gülle-N erhöht und besser kalkulierbar.

Im Ausbringungsjahr entspricht die N-Ausnutzung von flüssigem Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen zumindest derjenigen von Hofdüngern (Tabelle 7). Durch die Zunahme des NH_4^+ -Anteils und die gleichzeitige Abnahme leicht mikrobiell verfügbarer C-Verbindungen (engeres C:N-Verhältnis) wird weniger NH_4^+ -N im Boden immobilisiert. Folglich übersteigt in der Regel die N-Ausnutzung bei optimaler, verlustarmer Ausbringung (z. B. mit Schleppschlauch) im Ausbringungsjahr diejenige von unvergorenen Hofdüngern. Die N-Ausnutzungseffizienz von vergorener Gülle (und Kovergärung mit Kosubstraten) ist um 10–25 % erhöht (Bosshard *et al.* 2010; Möller und Müller 2012; Webb *et al.* 2013).

Der pH-Wert der Gülle steigt während der Vergärung an, da ein Teil des organisch gebundenen N in $(\text{NH}_4^+)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Ammoniumkarbonat) überführt wird. Der Anstieg des pH-Wertes und des NH_4^+ -N-Anteils erhöht das Potenzial von gasförmigen N-Verlusten bei unsachgemässer Lagerung und Ausbringung.

2.4.2 Fest-Flüssig-Trennung (Separierung)

Dieses mechanische Verfahren trennt die Gülle in Feststoffe (P-haltiger, langsam wirkender Dünger) und in eine

Flüssigphase, die Dünngülle (enthält v. a. gelöste Nährstoffe; schnell wirkender Dünger). Durch das Abtrennen grober Festpartikel aus der Gülle werden die Eigenschaften der Dünngülle verbessert. Die Dünngülle besitzt gegenüber nicht separierter Gülle folgende Vorteile:

- Volumenreduktion
- keine Schwimm- und Deckschichtbildung (i. d. R. kein Rühren vor dem Ausbringen nötig)
- keine Verstopfung der Ausbringaggregate
- schnelles Abfließen auf der Pflanzenoberfläche
- bessere Infiltration in den Boden
- geringere NH_3 -Emissionen
- Verbesserung der N-Ausnutzungseffizienz

Der Nachteil besteht darin, dass zwei Lagerbehälter nötig sind; ein gedeckter für die Flüssigphase und einer für die Feststoffe.

Die Dünngülle kann im Acker- und Futterbau eingesetzt werden. Die Feststoffe können im Ackerbau als Dünger ausgebracht werden, Kompost zugemischt oder (bei TS-Gehalten > 25 %) kompostiert werden.

2.4.3 Güllezusätze

Güllezusätze sind in grosser Anzahl und Vielfalt auf dem Markt. Die angepriesenen Wirkungen sind oft nicht erhärtet und stehen vielfach in Zusammenhang mit einem generell sorgfältigeren Umgang mit der Gülle. Einen Überblick über Güllezusatzprodukte und ihre Wirkungsweise

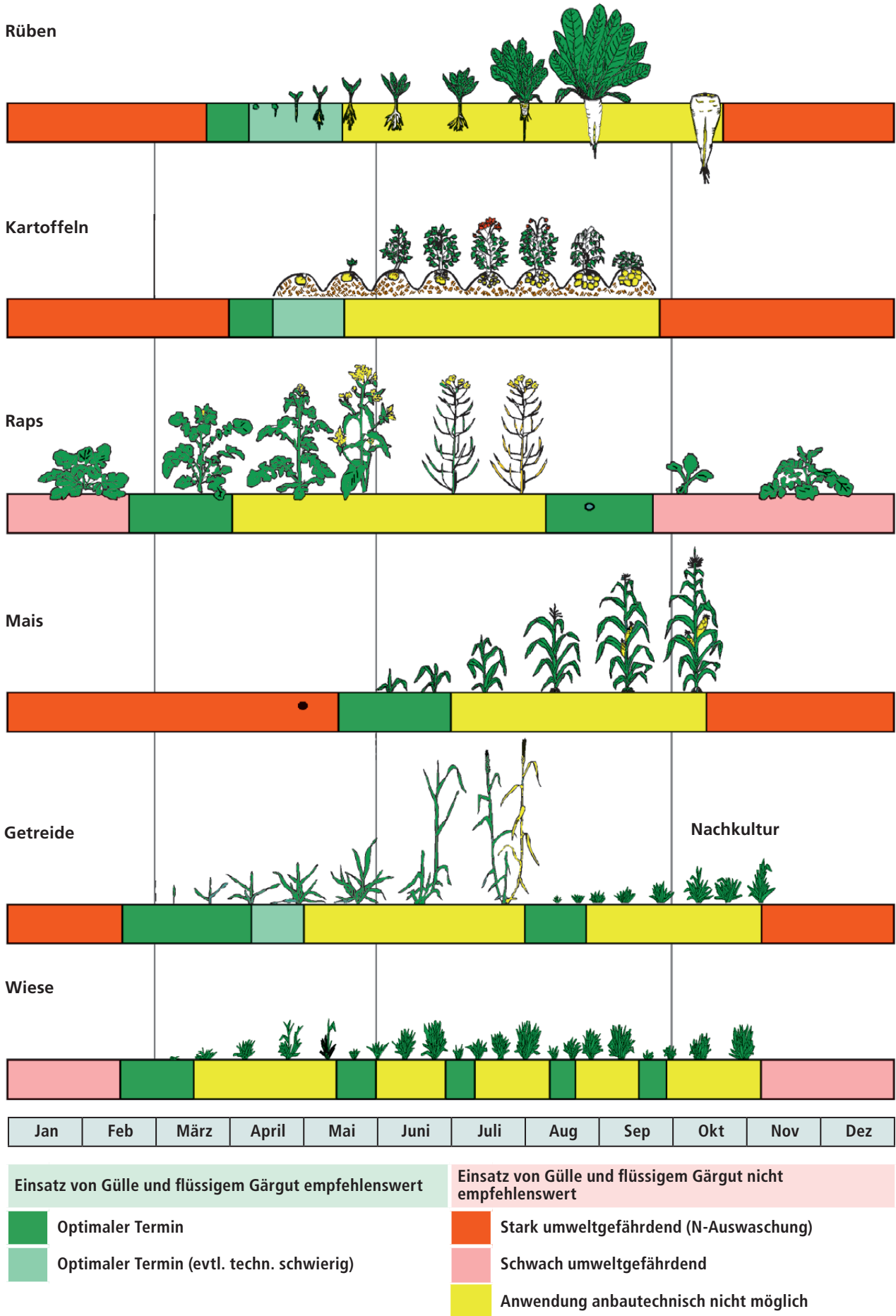


Abbildung 3 | Schematische Darstellung der pflanzenbaulichen und ökologischen Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülleanwendung auf saugfähigem Boden. Die zeitlichen Angaben sind den Standortbedingungen anzupassen.

geben z. B. AGFF (1999) und IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz (2009).

2.4.4 Güllebelüftung

Die kaum mehr gebräuchliche Güllebelüftung weist weder agronomisch noch ökologisch entscheidende Vorteile auf. Bezüglich der Geruchsemissionen zeigt das Verfahren dagegen Vorteile gegenüber der anaeroben Lagerung der Gülle. Dem stehen die Kosten für die Installation und den Betrieb des Systems gegenüber. Bei unsachgemässer Belüftung (zu häufig und/oder zu intensiv) sind hohe N-Verluste in Form von NH_3 -Emissionen unvermeidbar.

2.5 Hofdüngereinsatz

2.5.1 Hofdüngerlagerkapazität und Anwendungszeitpunkt von Gülle und Mist

Gülle und Mist fallen laufend an. Ihre Ausbringungszeitpunkte werden jedoch durch die Kulturart und ihren Nährstoffbedarf, das Entwicklungsstadium der Pflanzen sowie durch Standort- und Witterungsbedingungen (Befahrbarkeit des Bodens, Risiko von Nährstoffverlusten) eingeschränkt. Voraussetzung für einen zeitlich optimalen Einsatz der Hofdünger ist unter anderem eine genügend grosse Lagerkapazität, damit Hofdünger nicht zu ungeeigneten Zeitpunkten bzw. ausserhalb der Vegetationsperiode ausgebracht werden müssen (Abbildung 4). Dabei sollte die Lagerkapazität gemäss BAFU und BLW (2011) im Talgebiet (Tal- und Hügelzone¹) mindestens fünf Monaten und im Berggebiet (Bergzone I–IV) mindestens sechs Monaten entsprechen. Abbildung 3 zeigt, während welchen Perioden bei verschiedenen Kulturen in der Regel ein Hofdüngereinsatz sinnvoll und möglich ist.

2.5.2 Kriterien zur Bemessung der Hofdüngergaben

Die Bemessung der Hofdüngergaben richtet sich in erster Linie nach dem N- und P-Bedarf der Kulturen und dem Gehalt an pflanzenverfügbarem N und Phosphor (P) der Hofdünger; dabei sind die Einzelgaben primär auf den N- und die jährlichen Gaben primär auf den P-Bedarf auszurichten. Für eine ausreichend genaue Bestimmung des NH_4^+ -Gehaltes in der Gülle leisten Schnellmessgeräte (z. B. Güllemax) gute Dienste.

In der Regel sind einzelne Güllegaben von 20–30 m^3/ha im Futterbau und von 30–40 m^3/ha im Ackerbau sinnvoll; für Stallmist wird die Ausbringung von max. 20 t/ha verrottetem Mist pro Gabe empfohlen (BDU 2004).

Bei grösseren Mengen und/oder höheren NH_4^+ -N-Gehalten sowie bei suboptimaler Ausbringtechnik (vgl. Modul 5/ Ausbringtechnik bei Hof-, Recycling- und Mineraldüngern, Tabelle 2) kann das Risiko von Nährstoffverlusten, insbesondere von NH_3 -N, beträchtlich zunehmen. Zur Verringerung

¹ Gemäss Verordnung über den landwirtschaftlichen Produktionskatalog und die Ausscheidung von Zonen (Landwirtschaftliche Zonen-Verordnung, SR 912.1).

von Nährstoffverlusten bei der Ausbringung von Hofdüngern sind die Empfehlungen im Modul 7/ Düngung und Umwelt zu beachten.

Bezüglich der maximalen Ausbringmengen von Einzelgaben sind die Einschränkungen in Tabellen 3 und 4 des Moduls 7/ Düngung und Umwelt zu beachten. Die ausgebrachten Mengen von P, Kalium (K) und Magnesium (Mg) sind nachzurechnen und bei der nächsten Grunddüngung zu berücksichtigen. Grundsätzlich wird für P, K und Mg eine volle Wirkung im Anwendungsjahr angenommen. Beim Einsatz von Gülle sollte die ausgebrachte Nährstoffmenge den nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung korrigierten Pflanzenbedarf bei keinem Nährstoff wesentlich übersteigen.



Abbildung 4 | Eine Voraussetzung für den zeitlich optimalen Einsatz der Gülle ist eine ausreichende Lagerkapazität, damit sie zu pflanzenbaulich optimalen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode ausgebracht werden kann (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope).

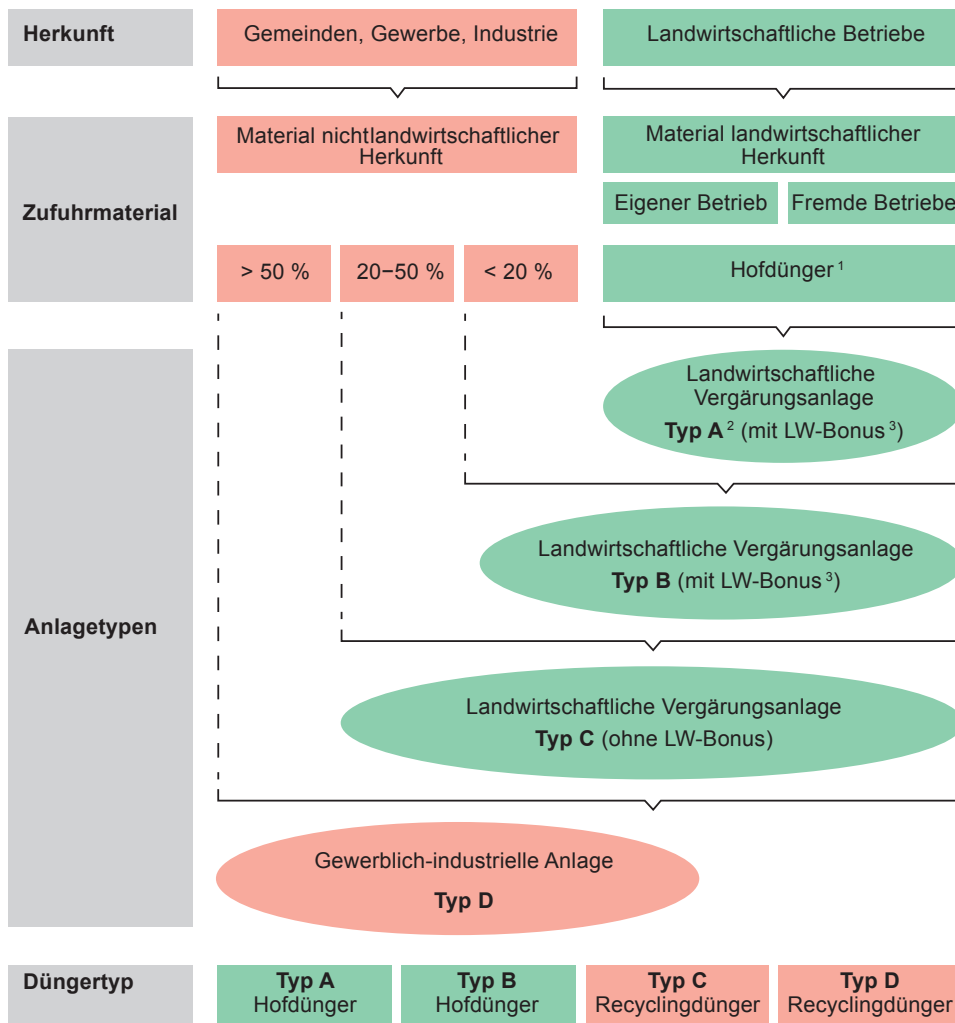
3. Recyclingdünger und Gärgut

3.1 Einleitung

Zu den Recyclingdüngern zählen Kompost, festes und flüssiges Gärgut sowie unverrottetes pflanzliches Material. Kompost ist fachgerecht, unter Luftzutritt (aerob) verrottetes pflanzliches, tierisches oder mikrobielles Material; festes und flüssiges Gärgut ist fachgerecht unter Luftabschluss (anaerob) vergorenes pflanzliches, tierisches oder mikrobielles Material und stammt in der Regel aus gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen (Abbildung 5).

Entsprechend der Dünger-Verordnung (DüV, Art. 5) gilt Gärgut als flüssig, wenn der TS-Gehalt weniger als 20 % beträgt. Flüssiges Gärgut aus der Feststoffvergärung kann jedoch höhere TS-Gehalte aufweisen (Tabelle 8). Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen gilt als Recyclingdünger, wenn die Hofdünger mit mehr als 20 % Material nicht landwirtschaftlicher Herkunft vergoren werden (Abbildung 5, DüV).

Neben den mengenmässig wichtigeren Recyclingdüngern Kompost und Gärgut gibt es organische Handelsdünger,



¹ Sollte im Hofdünger Material nichtlandwirtschaftlicher Herkunft enthalten sein, wie dies gemäss Dünger-Verordnung (DüV) bis zu max. 20 % möglich ist, muss dies bei der Berechnung des Anteils zur Bestimmung des Anlagentyps berücksichtigt werden.

² Landwirtschaftliche Vergärungsanlagen Typ A vergären kein Zufuhrmaterial nichtlandwirtschaftlicher Herkunft, auch kein Zufuhrmaterial nichtlandwirtschaftlicher Herkunft, das gemäss DüV zugelassen wäre, um immer noch als Hofdünger zu gelten (max. 20 %).

³ Für den Landwirtschafts-Bonus gelten Energiepflanzen und Material nichtlandwirtschaftlicher Herkunft < 20 % (Energieverordnung Anhang 1.5 Ziff. 6.5 Bst. e).

Abbildung 5 | Zuordnung von Vergärungsprodukten zu Hof- und Recyclingdüngern (Abbildung modifiziert aus Agridea und BLW 2013); Gärgut aus landwirtschaftlichen Anlagen mit einem Anteil von mehr als 20 % Frischsubstanz nichtlandwirtschaftlicher Herkunft gilt als Recyclingdünger.

die aus Nebenprodukten der Verarbeitung von tierischen oder pflanzlichen Produkten hergestellt werden. Beispiele sind Hornspäne oder Dünger aus Zuckerrübenmelasse. Diese Dünger werden wegen der relativ hohen Kosten pro Einheit Nährstoff v. a. im Biolandbau in Kulturen mit hoher Wertschöpfung (z.B. Spezialkulturen, Kartoffeln) eingesetzt.

3.2 Nährstoffgehalte von Recyclingdüngern und Gärgut

Ausgehend vom Ausgangsmaterial können die Nährstoffgehalte in Gärgut und Kompost stark schwanken (Tabelle 8). Deshalb sollte für die Düngungsbemessung wenn immer möglich anstelle der in Tabelle 8 aufgeführten Richtwerte aktuelle Analysenwerte verwendet werden. Die Höhe der Düngergabe ist unter Berücksichtigung des Nährstoffbedarfes der Pflanzen, des Nährstoffgehalts des Düngers, der Wirksamkeit der anzuwendenden Dünger, der Nachwirkung vorangegangener Düngemassnahmen sowie der Nährstoffversorgung des Bodens zu bemessen. Durch die routinemässige Kontrolle von Recyclingdüngern wird zudem gewährleistet, dass nur schadstoffarme Recyclingdünger in der Landwirtschaft verwertet werden.

3.3 Allgemeine Hinweise zum Einsatz von Kompost und Gärgut aus gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen

Innert drei Jahren dürfen bis zu 25 t/ha Kompost und festes Gärgut (bezogen auf die TS) oder 200 m³/ha flüssiges Gärgut zu Düngezwecken verwendet werden, wenn dadurch der Bedarf der Pflanzen an N und P nicht überstiegen wird. Innert zehn Jahren dürfen nicht mehr als 100 t/ha Kompost und festes Gärgut (bezogen auf die TS) als Bodenverbesserer, Substrat, Erosionsschutz, für Rekultivierungen oder für künstliche Kulturerde verwendet werden (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung Anhang 2.6 Ziff. 3.2.2).

Bei der Ausbringung von flüssigem Gärgut sind grundsätzlich die gleichen Prinzipien wie bei der Anwendung von Hofdüngern zu beachten (vgl. Kapitel 2.5; vgl. Modul 7/ Düngung und Umwelt). Festes Gärgut kann entweder direkt ausgebracht, mit Kompost vermischt oder vor der Anwendung kompostiert werden.

Weitere Anwendungsempfehlungen für flüssiges und festes Gärgut sowie Kompost sind in der Schweizerischen

Tabelle 8 | Mittlere Gehalte (Medianwerte) an Trocken-substanz (TS), organischer Substanz (OS) sowie Nährstoffen von Recyclingdüngern aus gewerblich-industriellen Anlagen.

	Recyclingdünger		
	Gärgut fest ¹ (GiV ³)	Gärgut flüssig ¹ (GiV ³)	Kompost ²
	kg pro t Frischsubstanz		
TS	490	130	510
min ⁴	290	50	220
max ⁵	820	230	930
n ⁶	197	106	1041
OS	235	61	214
min	44	47	46
max	368	77	480
n	197	106	1041
N_{tot}	6	4	7
min	2	2	2
max	14	8	15
n	197	106	1039
N_{lös}⁷	0,3	2	0,3
min	0,005	1	0,01
max	2,5	5	3
n	197	82	362
N_{verf} (%)	8	8	5–10
P (P₂O₅)	1,3 (3)	0,9 (2)	1,3 (3)
min	0,4 (1)	0,4 (1)	0,4 (1)
max	3,5 (8)	1,7 (4)	6,5 (15)
n	197	106	1038
K (K₂O)	4,2 (5)	3,3 (4)	4,2 (5)
min	1,7 (2)	0,8 (1)	1,7 (2)
max	12,5 (15)	6,6 (8)	14 (17)
n	197	106	1038
Mg	3	1	3
min	1	0,5	0,5
max	7	2	10
n	197	106	1038
Ca	25	5	25
min	11	3	7
max	80	11	28
n	197	106	943
Salzgehalt (mS/cm)⁹	3	12	3
min	0,6	7	0,6
max	8	30	8
n	197	82	481

¹ Auf Grund der zurzeit zu kleinen Datenbasis können für festes und flüssiges Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen noch keine Werte angegeben werden.

² Aufgeführt sind Angaben zu Komposten aus biogenen Abfällen (organische Haushalt- und Gartenabfälle). Die angegebenen Werte sind Mediane von verschiedenen Aufbereitungen (Frisch-, Reife-, Feldrandkompost usw.). Das Raumgewicht beträgt 500–800 kg/m³.

³ Gewerblich-industrielle Vergärungsanlagen

⁴ Minimalwert

⁵ Maximalwert

⁶ Anzahl analysierter Proben

⁷ Wasserlöslicher, rasch pflanzenverfügbarer mineralischer N (Summe von NH₄⁺- und NO₃⁻-N)

⁸ Zur mittleren N-Verfügbarkeit von festem und flüssigem Gärgut existiert momentan eine zu geringe Datenbasis, um gesicherte Aussagen machen zu können.

⁹ Salzgehalt (mS/cm) < 1: gering, keine Pflanzenschädigung; 1–2: normal, keine Pflanzenschädigung; 2–4: leicht erhöht, evtl. Schäden bei salzempfindlichen Pflanzen; > 4: erhöht, Schäden bei vielen Pflanzen. Bei Salzgehalten über 2 mS/cm wird die Applikation zu jungen Pflanzenbeständen, die salzempfindlich reagieren könnten (z.B. Mais, Kartoffeln, Bohnen, Erbsen, Rotklee, Tabak), nicht empfohlen.

Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut (Abächerli et al. 2010) zu finden.

4. Mineraldünger

4.1 Einleitung

Nach den Hofdüngern sind Mineraldünger die wichtigste Quelle von zugeführten Nährstoffen für Kulturpflanzen. Sie enthalten N, P, K, Mg, Schwefel (S), Calcium (Ca) und verschiedene Mikronährstoffe als Einzelnährstoffe oder mehrere dieser Nährstoffe in Form von Mehrnährstoffdüngern.

Mineraldünger kommen in vielen Fällen als Ergänzung zu Hof- und Recyclingdüngern zum Einsatz. Mehrnährstoffdünger haben den Vorteil, dass mehrere Nährstoffe gleichzeitig und damit kostengünstig ausgebracht werden können. Die Berücksichtigung der Bodengehalte, die Ansprüche der Kulturen und die Berücksichtigung des optimalen Zeitpunktes für die Ausbringung eines Nährstoffs erschweren es jedoch oft, den Mehrnährstoffdünger mit der richtigen Zusammensetzung zu finden. Aus agronomischer und ökologischer Sicht ist es deshalb oftmals sinnvoller, die fehlenden Nährstoffe mit Einzelnährstoffdüngern auszubringen.

Zur pflanzen- und umweltgerechten Anwendung der Mineraldünger sind vertiefte Kenntnisse über ihre für die Düngung relevanten Eigenschaften notwendig. Diese grundlegenden Informationen sind in den nachfolgenden Kapiteln zu finden.

4.2 Düngungsrelevante Eigenschaften von Mineraldüngern

4.2.1 Mineralische Stickstoffdünger

Die in den mineralischen N-Düngern enthaltenen N-Formen sind in der Regel rascher pflanzenverfügbar und gezielter einsetzbar als organisch gebundener N (Tabelle 9). Für eine sehr rasche Wirkung werden nitrathaltige Dünger eingesetzt, während NH₄⁺ eine leicht verzögerte Düngewirkung zeigt. Dies wird im Fall von NH₄⁺ bei der sog. CUL-TAN-Düngung genutzt (vgl. Modul 5/ Ausbringtechnik bei Hof-, Recycling- und Mineraldüngern). Harnstoff ist eine erst nach mikrobieller N-Umsetzung und daher relativ langsam wirksame, aber pro Einheit N die günstigste mineralische N-Form. Das Risiko für NH₃-N-Verluste aus Harnstoff ist jedoch insbesondere in alkalischen Böden und bei trockenen Bedingungen (Dünger bleibt oberflächlich länger liegen) erhöht, da die NH₃-Emissionen mit zunehmendem pH-Wert des Bodens ansteigen.

Zur Reduktion der Zahl von N-Teilgaben (Überfahrten) und damit zur Senkung von Kosten sowie zur Reduktion der N-Verluste nach der Ausbringung werden N-Dünger mit Nitrifikationshemmern, sogenannte stabilisierte Dünger, auf dem Markt angeboten. Besondere Vorteile verspricht man sich vor allem durch den Schutz vor Auswa-

Tabelle 9 | Eigenschaften von Stickstoffformen und -düngern.

Stickstoffform	Eigenschaften	Anwendungsgrundsätze
Nitrat (Salpeter), NO_3^-	schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr erhöht	Zeitpunkt und Menge exakt dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen
Ammonium, NH_4^+	Wirkung verzögert und anhaltend; Verflüchtigungsgefahr erhöht	bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten
Ammoniumnitrat (Ammonsalpeter), $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$	teils schnelle, teils verzögerte Wirkung	bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten
Harnstoff, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Wirkung verzögert und anhaltend; Verflüchtigungsgefahr erhöht	in neutralen und alkalischen Böden oberflächlich einarbeiten; im Futterbau nicht während Schönwetterperioden ausbringen
organisch gebundener Stickstoff, R-NH_2	langsame bis sehr langsame und unsichere Wirkung; unkontrollierbare Mineralisierung durch Bodenmikroorganismen, dadurch Gefahr von Nitratauswaschung	regelmässige kleinere Gaben anstelle von grossen einmaligen Gaben; Brachperioden während Vegetationszeit vermeiden, da dann eine unkontrollierte Mineralisierung zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann

Tabelle 10 | Eigenschaften von Phosphorformen und -düngern.

Phosphorform	Eigenschaften	Anwendungsgrundsätze
wasserlöslich (z. B. Superphosphat, Triplesuperphosphat)	schnelle Wirkung bei allen Böden, schwach bodenversauernd	neutrale und alkalische Böden: regelmässiger Einsatz; saure Böden: gelegentlicher Einsatz
ammonicitratlöslich (z. B. Rhenania-Phosphat)	teils schnelle, teils langsame Wirkung	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bei pH-Wert < 6,6; in normal versorgten Böden bei pH-Wert < 7,5
zitronensäurelöslich (z. B. Thomasmehl, Thomas- kalk, Knochenmehl)	langsame Wirkung; leichte Kalkwirkung; wirkt pH-erhaltend in schwach sauren Böden	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bei pH-Wert < 6,2; in gut versorgten Böden bei pH-Wert < 7,5
Rohphosphat (z. B. Hyperphosphat)	sehr langsam wirkend	Einsatz bei sauren (pH-Wert < 5,8) und leicht sauren Böden (pH-Wert 5,9–6,7)
organisch	langsame bis sehr langsame Wirkung; wird erst durch mikrobiellen Abbau der organischen Substanz bzw. durch enzymatische Spaltung pflanzenverfügbar	Einsatz zur Erhaltung der Bodengehalte bei ausreichender Bodenversorgung; verzögerte Wirkung im Frühjahr (bei tiefen Bodentemperaturen)

schungs- und Denitrifikationsverlusten von Dünger-N, bei vorgezogener Düngerausbringung in Trockengebieten oder bei Spätgaben, bei denen eine Einarbeitung der Dünger nicht mehr möglich ist. Die Mehrkosten solcher Produkte sind zu berücksichtigen und müssen den betriebspezifischen Ausbringkosten gegenübergestellt werden.

4.2.2 Mineralische Phosphordünger

Mineralische P-Dünger werden aufgrund ihrer Löslichkeit charakterisiert (Tabelle 10). Beim chemischen bzw. thermischen Aufschluss der Rohphosphate wird die Apatitstruktur zerstört und das Phosphat in eine wasserlösliche Form überführt. Der wasserlösliche P ist gut pflanzenverfügbar.

Bei voll aufgeschlossenen Phosphaten wird das Rohphosphat mit Schwefel- oder Phosphorsäure praktisch vollständig in wasserlösliches Phosphat überführt. Beim Teilaufschluss wird aus Kostengründen mit einem reduzierten Säureeinsatz gearbeitet. Es entstehen Dünger mit unterschiedlichen Anteilen an mineralsäurelöslichem und wasserlöslichem P. Die nicht aufgeschlossenen Düngerphosphate werden im Boden nur langsam durch Säureeinwirkung (z. B. Wurzelauausscheidungen) aufgeschlossen.

Die mineralischen P-Dünger unterscheiden sich deshalb stark in ihrer Wirkungsgeschwindigkeit (Tabelle 10). Am

schnellsten wirkt Superphosphat mit wasserlöslichem P, am langsamsten Rohphosphat, das im Boden zuerst durch Säureeinwirkung aufgeschlossen werden muss.

Für die Düngewirkung der mineralischen P-Düngung ist die Bodenreaktion bestimmend: Superphosphat wird in neutralen und alkalischen Böden eingesetzt, die anderen P-Formen in leicht sauren bis sauren Böden.

4.2.3 Mineralische Kaliumdünger

Es sind alle für die Düngung eingesetzten K-Formen gut wasserlöslich und entsprechend schnell wirksam (Tabelle 11). Wichtiger für die Wahl der K-Form sind die Nebenbestandteile der Dünger: Die chlorhaltigen Kalisalze sollten bei chloempfindlichen Kulturen nicht oder nur in reduzierten Mengen eingesetzt werden, während Kaliumsulfatdünger für chloempfindliche Pflanzen geeignet sind. Kaliumsulfatdünger eignen sich neben der K-Düngung besonders auch zur S-Versorgung der Kulturen.

4.2.4 Weitere Mineraldünger (Magnesium, Schwefel und Calcium)

Bei den Mg-Düngern ist zu unterscheiden zwischen dem raschwirksamen, wasserlöslichen Magnesiumsulfat, das bei akutem Mangel gedüngt wird, und den langsamer wir-

Tabelle 11 | Eigenschaften von Kaliumformen und -düngern.

Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
Kaliumchlorid (z. B. Kalisalze)	wasserlöslich; schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr in sehr sandigen Böden; enthält 40–50 % Chlor	Einzelgabe auf 300 kg K ₂ O/ha bzw. 249 kg K/ha beschränken; bei sehr sandigen Böden im Frühjahr ausbringen; reduzierte Gaben zu chloempfindlichen Kulturen (z. B. Kartoffeln, Tabak, verschiedene Gemüse- und Beerenarten)
Kaliumsulfat (z. B. Kalisulfat, Patentkali/ Kalimagnesia)	wasserlöslich; schnelle Wirkung; enthält 15–20 % S	Einsatz bei chloempfindlichen Kulturen, Kulturen mit erhöhtem Schwefelbedarf sowie bei säureliebenden Kulturen
Kaliumnitrat	wasserlöslich; schnelle Wirkung; enthält 13 % N	geeignet für Blattdüngung; Spezialdünger für Sonderfälle (Gemüse, Tabak)

Tabelle 12 | Eigenschaften von Formen und Düngern weiterer Nährstoffe.

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
Magnesium	Magnesiumsulfat (z. B. Kieserit, Bittersalz)	wasserlöslich, schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr bei leichteren Böden	Einsatz bei akutem Magnesiumbedarf (Blattdüngung mit Bittersalz, Bodendüngung mit Kieserit); auf leichteren Böden im Frühjahr ausbringen
	Magnesiumkarbonat	schwach löslich; langsame und anhaltende Wirkung; geringe Auswaschungsgefahr	Einsatz zur Behebung von leichterem Mangel in sauren Böden; Erhaltungsdüngung in neutralen, schwach sauren und sauren Böden
	Magnesiumoxid	Verzögerte, lang anhaltende Wirkung	Einsatz zur Erhaltungsdüngung bei allen Bodenarten
Schwefel	Sulfat (z. B. Kieserit, Bittersalz)	wasserlöslich; schnelle Wirkung; erhöhte Auswaschungsgefahr	Zeitpunkt und Menge dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen (Einsatz wie mineralischer N-Dünger, Mg-Gehalt beachten)
	Elementarer Schwefel	langsame Wirkung; von Pflanzen nicht aufnehmbar; muss zuerst durch Bakterien in Sulfatform umgewandelt werden	frühe Gaben (evtl. bereits im Herbst); für Einsatz bei akutem S-Mangel nicht empfohlen
	Organischer Schwefel	langsame und unsichere Wirkung; unkontrollierbare Mineralisierung durch Bodenmikroorganismen, dadurch Gefahr von Auswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben; regelmässige kleinere Gaben
Calcium	Calciumchlorid	wasserlöslich, schnelle Wirkung	Einsatz bei akutem Ca-Bedarf (Blattdüngung)
	Calciumsulfat (Gips)	wenig wasserlöslich	Bodendüngung, um den Ca-Gehalt des Bodens anzuheben, ohne den pH-Wert zu erhöhen

kenden Magnesiumkarbonat und -oxid, die aufgrund ihrer langsamen Wirkung primär zur Mg-Erhaltungsdüngung eingesetzt werden (Tabelle 12).

S wird in mineralischer Form meist als Sulfat (SO₄²⁻) eingesetzt, das deutlich rascher wirksam ist als organisch gebundener S, z. B. in Hofdüngern (Tabelle 12). S ist in Sulfat- oder elementarer Form in verschiedenen Düngern enthalten (Tabelle 13), die primär als N-, P-, K- oder Mg-Dünger eingesetzt werden.

Eine reine Ca-Düngung ist in den seltensten Fällen notwendig, da Ca in den meisten Böden ausreichend vorhanden ist. Die Pflanzen nehmen Ca als zweiwertiges Kation (Ca²⁺) auf. Es besteht eine relativ grosse Auswaschungsgefahr aufgrund der meist hohen Ca-Gehalte im Boden. Um die Pflanzen mit zusätzlichem Ca zu versorgen, wird meist die Blattdüngung gewählt, da nur bestimmte Pflanzenteile wie Blätter oder Früchte versorgt werden müssen.

4.2.5 Weitere Mineraldünger (Mikronährstoffe)

Mikronährstoffe sind im Boden oft in genügender Menge vorhanden oder werden als Bestandteile anderer Dünger

(Mineral- oder organische Dünger) regelmässig zugeführt. Bei zu hohem pH-Wert des Bodens oder nach hohen Kalkgaben kann die Pflanzenverfügbarkeit von Mikronährstoffen jedoch reduziert sein. In diesen Fällen können Bor, Mangan und andere Mikronährstoffe in mineralischer Form als Boden- oder Blattdünger eingesetzt werden.

Die Blattdüngung ist in der Regel die sicherste Art der Versorgung von Kulturen mit Mikronährstoffen, weil ein Teil der Nährstoffe direkt über das Blatt aufgenommen wird und nicht dem Risiko der Festlegung im Boden unterliegt. Deshalb kann mit Blattdüngung rasch auf Mangelsituationen reagiert werden.

Weitere Angaben zur Düngung mit Mikronährstoffen sind in den Modulen 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen sowie 3/ Pflanzenanalysen und in den kulturspezifischen Modulen zu finden.

4.2.6 Kalkdünger

Bei den Kalkdüngern (Tabelle 14) steht nicht die Zufuhr von spezifischen Nährstoffen, sondern die Steuerung der Bodenreaktion (pH-Wert) und die Verbesserung der

Tabelle 13 | Gehalte von wichtigen Mineraldüngern an Schwefel und weiteren Nährstoffen.

Dünger	Schwefel- gehalt (%)	Nährstoffgehalt (%)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Mn	Ca
N-Dünger	Ammonsulfat	24	21				
	Ammonsulfatsalpeter	13	26				
	Ammonsulfatsalpeter, stabilisiert (Entec®)	13	26				
	Ammoniumsulfatlösung (ASL)	9	8				
	Ammoniumsulfat-Harn- stoff-Lösung (AHL)	6	20				
P-Dünger	Superphosphat	12		18			10 ¹
	Superphosphat-Mg	6		18	4,0		18 ¹
	NovaPhos 23	8		23			
K-Dünger	Kaliumsulfat	18		50			
	Patentkali	17		30	6,0		
	40er Kali mit MgO (Kornkali)	4		40	3,6		
Mg-Dünger	Magnesiumsulfat (Kieserit; Bodendüngung)	20			15,0		
	Magnesiumsulfat (Bittersalz; Blattdüngung)	13			9,8		
weitere Dünger / Mehr- nährstoffdünger	Mangansulfat	15				32	
	Gips (Calciumsulfat)	15					21 ¹
	Magnesia-Kainit	4		11		3	
	Mehrnährstoffdünger	bis 8	nach Angaben des Herstellers				
	Blattdünger	bis 18	nach Angaben des Herstellers				

¹ Ca-Gehalt nicht basisch wirksam.

Tabelle 14 | Eigenschaften verschiedener Kalkdünger.

Handelsname	Kalkanteil			Wesentliche Gehalte an Nebenbestandteilen	Wirkung
	Chemische Formel	Gehalt (%)	Neutralisationswert ¹ (Bezugsbasis für Kalk- wirkung, ausgedrückt in CaO-Äquivalenten, %)		
Düngkalk Kalksteinmehl Kohlensaurer Kalk	CaCO ₃	> 90	50		langsam
Meeralgenkalk	CaCO ₃ MgCO ₃	75–80 10	50	2–3 % Mg	langsam
Dolomitkalk	CaCO ₃ MgCO ₃	50–60 40	45–50	12 % Mg	langsam
Löschkalk, Ätzkalk	Ca(OH) ₂		55		schnell
Branntkalk	CaO	75–90	75–90		schnell
Magnesium-Branntkalk	CaO MgO	60 25	95	15 % Mg	schnell
Ricokalk ²	CaCO ₃	54	30	30 % H ₂ O; 1,1 % P ₂ O ₅ ; 0,6 % Mg; 0,3 % N	mittel
Düngkalk als Nebenprodukt der Kiesgewinnung	CaCO ₃	Je nach Herkunft und Charge variabel		Nährstoffe sind nur in geringen Mengen enthalten	langsam

¹ Rechnerisch ermittelter Neutralisationswert = Gehalt in % (CaCO₃ x 0,56 + MgCO₃ x 0,67 + CaO x 1,0 + MgO x 1,39).

² Recyclingdünger aus der Zuckerrübenverarbeitung.

Bodenstruktur im Vordergrund. Dadurch lässt sich die Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen indirekt beeinflussen.

Die Kalkdünger unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen chemischen Bindungsform des Ca stark in ihrer Wirkungsgeschwindigkeit. Rasch wirkend sind Löss- und Branntkalk, während die Kalke, die Calcium- oder Magnesiumkarbonat enthalten, viel langsamer wirken. Schnell wirksame Kalkdünger werden v.a. dann eingesetzt, wenn eine rasche Erhöhung des pH-Wertes des Bodens erwünscht ist, wobei in solchen Fällen die Kalkverträglichkeit der angebauten Kulturen zu beachten ist. Kohlenstoffhaltige Kalke (kohlenstoffhaltige Kalke) wirken langsamer und eignen sich für die Erhaltungskalkung. Neben den Inhaltsstoffen beeinflusst auch der Vermahlungsgrad die Wirksamkeit der Kalke. Mit stärkerer Vermahlung wird durch die Vergrößerung der Oberfläche die Kalkwirkung beschleunigt bzw. verbessert.

4.2.7 Düngemittellisten

Eine Auflistung der im Handel erhältlichen Mineraldünger mit ihren Nährstoffgehalten ist in der Düngemittelliste der Datenblätter Ackerbau (Agridea 2016) zu finden. Die aktuelle Düngerliste kann unter <http://www.agridea.ch/de/publikationen/publikationen/pflanzenbau/duengung/liste-der-duengemittel-fuer-den-ackerbau> heruntergeladen werden.

Die für den Biolandbau zugelassenen Düngemittel sind in der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL 2017) enthalten.

Die beiden Listen sind nicht abschliessend; es kann weitere zugelassene, auf dem schweizerischen Markt gehandelte Dünger geben, die nicht enthalten sind.

4.3 Wirkung von Mineraldüngern auf den Boden

Die Beeinflussung der Bodenreaktion ist eine wichtige kurzfristige Wirkung von Düngern (Tabelle 15; Sluijsmans 1970). Zu beachten ist eine Versauerung durch regelmässige Anwendung von SO_4^{2-} - oder NH_4^+ -haltigen Düngern.

Nebst der Wirkung auf die Bodenreaktion wird eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Bodenprozessen durch Dünger bzw. die damit verabreichten Nährstoffe beeinflusst. Es würde zu weit gehen, in diesen Düngungsgrundlagen umfassend auf diese Thematik einzugehen. Informationen dazu sind z. B. in Gisi *et al.* (1990) zu finden.

Längerfristige unerwünschte Wirkungen bei der wiederholten Anwendung von ungeeigneten Düngern sind die mögliche Akkumulation von Schadstoffen wie Schwermetallen (vgl. Modul 7/ Düngung und Umwelt).

Tabelle 15 | Einfluss verschiedener Dünger auf die Bodenreaktion (pH-Wert).

Versauernde Wirkung (pH-senkend)	Neutrale oder alkalische Wirkung (pH-erhaltend oder pH-erhöhend)
Sulfatdünger	Kalkstickstoff
Ammoniumdünger	Thomasmehl, Thomaskalk
Harnstoff	Hyperphosphat (weicherdiges Rohphosphat)
Superphosphat, Triplesuperphosphat	Schweinegülle
Rindergülle	Kalkdünger

5. Literatur

- Abächerli F., Baier U., Berner F., Bosshard C., Fuchs J., Galli U., Gfeller H., Leuenberger R., Mayer J., Pfaffen P., Schleiss K. & Wellinger A., 2010. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Mit Anwendungsempfehlungen für flüssiges Gärgut, festes Gärgut, Kompost. Inspektionskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz, Biogas Forum, Kompostforum Schweiz, Interessengemeinschaft Anlagen des Kompostforums Schweiz und Verband Kompost- und Vergärwerke Schweiz VKS.
- AGFF, 1999. Güllezusatzmittel. AGFF-Information D3. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), Zürich.
- Agridea, 2016. Datenblätter Ackerbau. Agridea, Lindau.
- Agridea & BLW, 2013. Weisungen zur Handhabung von Vergärungsprodukten in der Suisse-Bilanz – Zusatzmodul 8 zur Suisse-Bilanz. Auflage 1.1, September 2013. Agridea, Lindau und Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. 13 S.
- Agridea & BLW, 2016. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz. Auflage 1.8. Agridea, Lindau, und Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. Zugang: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/oekologischer-leistungsnachweis/ausgeglichen-duengerbilanz.html> [28. 2. 2017].
- Agroscope, 2015. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Zugang: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html> [02. 10. 2015].
- Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Schweine (Gelbes Buch). Zugang: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-schweine.html> [02. 10. 2015].
- Agroscope, 2017. Referenzwerte für Nährwerte von Raufutter. Zugang: <http://www.agroscope.ch>.
- BAFU & BLW, 2011. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umwelt-Vollzug Nr. 1101. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 123 S.
- BDU, 2004. Hofdünger – gezielt eingesetzt. Beratergruppe «Boden Düngung Umwelt» BDU, AGRIDEA, Lindau. 4 S.
- Bosshard C., Flisch R., Mayer J., Basler S., Hersener J.-L., Meier U. & Richner W., 2010. Verbesserung der Stickstoffeffizienz von Gülle durch Aufbereitung. Agrarforschung Schweiz 1 (10), 378–383.
- FiBL, 2017. Betriebsmittelliste 2017. Hilfsstoffe für den biologischen Landbau in der Schweiz. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick. 132 S. Zugang: <https://shop.fibl.org/chde/mwdownloads/download/link/id/52/> [13. 4. 2017].
- Gisi U., Schenker R., Schulin R., Stadelmann F.X. & Sticher H., 1990. Bodenökologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York. 304 S.
- IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz, 2009. Güllebehandlung und Güllezusätze – Empfehlungen für die Landwirtschaft. Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz

- der Kommission Umwelt, Internationale Bodenseekonferenz, Kempten. 29 S.
- Möller K. & Müller T., 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engin. Life Sci.* 12, 242–257.
- Richner W. & Sinaj S., 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz* 8 (6), Spezialpublikation, 276 S.
- Sluijsmans C.M.J., 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 126, 97–103.
- Webb J., Sørensen P., Velthof G., Amon B., Pinto M., Rodhe L., Salomon E., Hutchings N., Burczyk P. & Reid J., 2013. An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Adv. Agron.* 119, 371–442.

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Nährstoffgehalte von Tierkörpern, Milch und Eiern.	4/4
Tabelle 2 Richtwerte für Nährstoffausscheidungen im Kot und Harn verschiedener Nutztierarten.	4/4
Tabelle 3 Fussnoten zu Tabelle 2 mit Angaben zur richtigen Zuordnung der Kategorien oder zu betriebsspezifischen Korrekturen, die für Nährstoffflussberechnungen wichtig sind.	4/5
Tabelle 4 Richtwerte für den jährlichen Anfall von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems.	4/6
Tabelle 5 Richtwerte zur Ermittlung der in die Güllegrube geleiteten Abwassermengen.	4/8
Tabelle 6 Richtwerte der Gehalte an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) und Nährstoffen von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten bei Stallhaltung.	4/9
Tabelle 7 Anteil des mittelfristig und im Anwendungsjahr verfügbaren Stickstoffs in verschiedenen Hofdüngern.	4/10
Tabelle 8 Mittlere Gehalte (Medianwerte) an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) sowie Nährstoffen von Recyclingdüngern aus gewerblich-industriellen Anlagen.	4/14
Tabelle 9 Eigenschaften von Stickstoffformen und -düngern.	4/15
Tabelle 10 Eigenschaften von Phosphorformen und -düngern.	4/15
Tabelle 11 Eigenschaften von Kaliumformen und -düngern.	4/16
Tabelle 12 Eigenschaften von Formen und Düngern weiterer Nährstoffe.	4/16
Tabelle 13 Gehalte von wichtigen Mineraldüngern an Schwefel und weiteren Nährstoffen.	4/17
Tabelle 14 Eigenschaften verschiedener Kalkdünger.	4/17
Tabelle 15 Einfluss verschiedener Dünger auf die Bodenreaktion (pH-Wert).	4/18

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Die pflanzen- und umweltgerechte Verwertung der von Nutztieren ausgeschiedenen Nährstoffe ist eine Herausforderung für tierhaltende Betriebe.	4/3
Abbildung 2 Bei zeitweiser Stallabwesenheit der Tiere ist die Gülle- und Mistmenge zeitproportional zu reduzieren.	4/7
Abbildung 3 Schematische Darstellung der pflanzenbaulichen und ökologischen Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülleanwendung auf saugfähigem Boden.	4/11
Abbildung 4 Eine Voraussetzung für den zeitlich optimalen Einsatz der Gülle ist eine ausreichende Lagerkapazität, damit sie zu pflanzenbaulich optimalen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode ausgebracht werden kann.	4/12
Abbildung 5 Zuordnung von Vergärungsprodukten zu Hof- und Recyclingdüngern.	4/13

8. Anhangsverzeichnis

Anhang 1 Definition wichtiger Begriffe und Abkürzungen im Bereich der Dünger.	4/21
Anhang 2 Weiterführende Fussnoten zu Tabelle 2, in Ergänzung von Tabelle 3, mit allgemeinen Bemerkungen sowie Angaben zu den Produktionsbedingungen, die für die Berechnungen der Nährstoffausscheidungen angenommen wurden.	4/22
Anhang 3 Richtwerte für Nährstoffausscheidungen im Kot und Harn für zusätzliche Tierkategorien.	4/23

9. Anhang

Anhang 1 Definition wichtiger Begriffe und Abkürzungen im Bereich der Dünger.	
Auszug aus dem Modul 17/ Anhänge, Anhang 2 und 3	
Abkürzung/Begriff	Übliche Bezeichnung/Erläuterung
Frischmist	Mist, der weniger als einen Monat gelagert wurde
FS	Frischsubstanz
Gülle kotarm	Enthält den grössten Teil des Harns und wechselnde Mengen an Kot (je nach Aufstallungssystem und Einstreumengen)
GVE	Grossvieheinheit
Hennenmist, Pouletmist, Trutenmist	Enthält nebst der Einstreu die gesamten Ausscheidungen von Geflügel
Hennenkot	Enthält die gesamten Ausscheidungen von Geflügel aus Kotband-Aufstallungssystemen
Kälber-, Schweine-, Pferde-, Schaf- und Ziegenmist	Mist, der mehr als drei Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigten Platz gelagert wurde. Struktur des Strohs/Einstreumaterials noch klar ersichtlich. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und einen unterschiedlichen Teil des Harnanfalls
Laufstallmist	Mist aus Tiefstreulaufställen. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und Harnanfall
Mistkompost	Mist, der mehr als sechs Monate gelagert und mehrmals umgesetzt wurde. Struktur des Strohs/Einstreumaterials nicht mehr erkennbar. Farbe: dunkelbraun. Ausgangsmaterial: Frisch- oder Laufstallmist aus der Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten
Nährstoffrichtwerte Hofdünger	Die Werte wurden grösstenteils mit Hilfe von Fütterungsplänen (je nach Tierart mit mehreren Rationen) berechnet. Teilweise wurden auch Hofdüngeranalysen aus Praxisbetrieben verwendet. Im Einzelfall können in Abhängigkeit von Fütterung und Aufstallungssystem grössere Abweichungen auftreten.
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
N _{lös}	Wasserlösliche Stickstoffformen (Ammonium, Harnstoff u. a.) in Ausscheidungen der Nutztiere und in Hofdüngern
NO ₃ ⁻	Nitrat
N _{tot}	Gesamt-Stickstoff (unabhängig von der Form)
N _{verf}	Verfügbare Stickstoff. Prozentualer Anteil des anfallenden Gesamt-Stickstoffs in Ernterückständen, Hof-, Recycling- und Gründüngern, der bei optimaler Wirtschaftsweise kurz- und mittelfristig für die Pflanzen verfügbar ist bzw. verfügbar wird. Diese Grösse ist nicht identisch mit dem ertragswirksamen N, da ein Teil des organischen N auch ausserhalb der Ertragsbildungsphasen der Kulturen verfügbar wird und zu erwünschten (z. B. bei Getreide) oder zu unerwünschten (z. B. bei Zuckerrüben, Blattgemüse) Zunahmen der N-Gehalte in den Ernteprodukten (Haupt- und/oder Nebenprodukte) und/oder besonders im Acker- und Feldgemüsebau auch zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann.
N-Wirkung	Wirkung des N von Hof- oder Recyclingdüngern auf Ertrag und/oder Qualität der Pflanzen. Die Angabe erfolgt in Prozent der Wirkung einer gleichen Stickstoffmenge in Form eines mineralischen Vergleichsdüngers (Mineraldüngeräquivalent), meistens Ammonsalpeter. Bei Kulturen, die nicht während einer vollständigen Vegetationsperiode wachsen (z. B. Getreide, Kartoffeln) sowie bei nicht optimaler Hofdüngerwirtschaft ist als Folge erhöhter N-Verluste die N-Wirkung oft geringer.
OS	Organische Substanz
Rottemist	Mist, der mehr als drei Monate gelagert und mindestens einmal umgesetzt wurde. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist schwach ersichtlich. Farbe: braun. Ausgangsmaterial: Frisch- oder Laufstallmist aus Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten
Stapelmist	Mist, der mehr als drei Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigten Platz gelagert wurde. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Farbe: dunkelbraun bis grünlich. Ausgangsmaterial: Frischmist aus Rindviehhaltung.
Stickstoffausnutzung, scheinbare	Prozentualer Anteil des gedüngten Stickstoffs, der in der erntbaren Pflanzenmasse enthalten ist. Er wird auf Basis von Versuchen, die Verfahren mit und ohne N-Düngung beinhalten, ermittelt: $\text{Scheinbare N-Ausnutzung (\%)} = \frac{(N\text{-Entzug}_{\text{gedüngt}} - N\text{-Entzug}_{\text{ungedüngt}})}{\text{totale N-Menge}_{\text{gedüngt}}} \times 100$.
TS	Trockensubstanz
Vollgülle, Schweinegülle	Gülle, welche die gesamten Ausscheidungen der Tiere und eventuelle Einstreumaterialien (Strohhacksel, Sägemehl, Späne usw.) enthält.

Anhang 2 | Weiterführende Fussnoten zu Tabelle 2, in Ergänzung von Tabelle 3, mit allgemeinen Bemerkungen sowie Angaben zu den Produktionsbedingungen, die für die Berechnungen der Nährstoffausscheidungen angenommen wurden.

Fussnote in Tabelle 2	Kriterium/Stichwort	Umschreibung der Produktion
A1	Aufzuchtrind	Gilt für eine Milchkuh gem. Fussnote 1 in Tabelle 3. Die Angaben gelten für ein Erstkalbealter von ca. 27–30 Monaten. Für ein Abkalbealter um 24 Monate beträgt der Grundfutterverzehr im ersten Jahr 17 dt und der Anfall 30 kg N, 4,5 kg P, 36 kg K, 4 kg Mg, 12 kg Ca bzw. im zweiten Jahr 30 dt und der Anfall 45 kg N, 6,5 kg P, 54 kg K, 6 kg Mg, 18 kg Ca. Kälber, die im Alter von 3–6 Wochen verkauft werden, bleiben unberücksichtigt.
A2	Mastkalb	Mast von 60 bis ca. 220 kg mit einem mittleren Tageszuwachs von 1400 g; ca. 3,3 Umtriebe pro Mastkälberplatz und Jahr (nach Tierverkehrsdatenbank).
A3	Mutterkuhkalb	Mutterkuhkalb bis Endgewicht ca. 350 kg (Natura-Beef) oder ca. 220 kg (Natura-Veal); nur ein Umtrieb pro Jahr möglich.
A4	Rindviehmast (intensiv)	Intensivmast von ca. 65 auf 520 kg bei einem mittleren Tageszuwachs von ca. 1400 g (Munis). Werden die Tiere erst nach dem Absetzen eingestallt, kann für die ganze Mastperiode mit den Werten für Tiere älter als 160 Tage gerechnet werden. Für Vormastkälber können die gleichen Werte wie für Mastkälber verwendet werden.
A5	Rindvieh-Weidemast	Weidemast mit ein oder zwei Weideperioden (ca. 17 bzw. 22 Monate), Geburt bis Endgewicht ca. 530 kg.
A6	Stute mit Fohlen, bis 0,5-jährig	Das im Frühling geborene Fohlen bleibt bis im Herbst bei der Stute. Bleibt es länger auf dem Betrieb, muss es separat berechnet werden. Weil der Mehrbedarf der Stute gegenüber Reit- und Arbeitspferden in der Regel durch Kraftfutter gedeckt wird, wird der Grundfutterverzehr nicht erhöht. Wird als Kraftfutter nur Hafer (maximal 700 kg pro Jahr) eingesetzt, erhöht sich der Grundfutterverzehr um 5 dt.
A7	Anderes Pferd, über 3-jährig	Ausgewachsenes Pferd mit einem mittleren Gewicht von 550 kg. Bei leichteren Tieren oder Ponys, Eseln, Jungtieren usw. kann der Anfall dem Gewicht entsprechend umgerechnet werden. Die Angaben gelten für geringe Arbeitsbelastung (eine Stunde pro Tag: Arbeit, Reiten). Bei stärkerer Arbeitsbeanspruchung steigen die N- und P-Ausscheidungen um 7 % pro Stunde, diejenigen anderer Nährstoffe um 4 %.
A8	Schafplatz	Die Werte beziehen sich auf eine relativ intensive Produktion mit Wiesenfutter, das ähnlich ist wie für die Milchproduktion. Bei extensiver Haltung mit Wiesenfutter in fortgeschrittenem Nutzungsstadium beträgt der Anfall 12 kg N, 2 kg P (4,6 kg P ₂ O ₅), 17 kg K (20 kg K ₂ O), 2 kg Mg und 7 kg Ca und der Grundfutterverzehr 8 dt pro Jahr.
A9	Mastschweineplatz	Ein Mastschweineplatz (MSP) entspricht einem Tierplatz für die Mast von 26 auf ca. 108 kg bei mittlerem Tageszuwachs von 800–850 g (ca. 3,3 Umtriebe pro Jahr). Angenommene Leerzeit zwischen Umtrieben: 7 Tage.
A10	Zuchtschweine	Ein Zuchtschweineplatz (ZSP) besteht aus einem Mutterschwein inkl. Aufzucht der Ferkel bis zu einem Gewicht von 25–30 kg. Pro ZSP können 24–28 Ferkel pro Jahr abgesetzt werden. Remonten sind gleich wie Mastschweine einzusetzen. Angenommene Leerzeit zwischen Umtrieben: Zuchtschweineplatz 0 Tage; säugende Sauen, Galtsauen, Ferkel: je 3 Tage.
A11	Legehennen	Umtriebsdauer ca. ein Jahr. Sie hat keinen Einfluss auf die Ausscheidungen.
A12	Junghennen	Küken erreichen in 18 Wochen ein Gewicht von 1,3–1,6 kg; 2–2,5 Umtriebe pro Jahr.
A13	Mastpoulets	Diese Ausscheidungen gelten pro 100 Normalmastplätze (Endgewicht der Tiere gut 2 kg) bei normaler Stallbelegung (max. 30 kg/m ²) und Fütterung und ohne Teilausstallungen. Für intensive Rassen entspricht dies einer Mastdauer von knapp 40 Tagen. Im Gegensatz zu anderen Tierarten werden die Nährstoffausscheidungswerte von Mastpoulets nur auf Basis von Plätzen und nicht auf Basis von gemästeten Tieren angegeben, weil Endgewicht der Tiere und Umtriebsdauer sehr variabel sind.

**Anhang 3 | Richtwerte für Nährstoffausscheidungen im Kot und Harn für zusätzliche Tierkategorien
(angegeben – wenn nicht anders erwähnt – in kg pro Platz und Jahr).**

Tierart	Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr						Grundfutter- verzehr (dt TS/Jahr)
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	
Maultiere, Maulesel (jeden Alters)	25	5,7	13	35,7	43	9,0	17
Ponys, Kleinpferde, Esel (jeden Alters)	16	3,5	8,0	22,4	27	1,8	10
Weidemastlamm, Weidemastgitzli	2,1	0,3	0,8	2,9	3,5	0,3	0,40
Bison, über 3-jährig	60	13,1	30	91,3	110	6,0	39
Bison, unter 3-jährig	20	4,4	10	37,3	45	2,5	18
Damhirsche ¹	20	3,1	7,0	24,1	29	2,4	10
Rothirsch	40	6,1	14	48,1	58	4,8	20
Wapiti	80	12,2	28	96,3	116	9,6	40
Lama, über 3-jährig	17	2,8	6,5	23,2	28	1,7	8,5
Lama, unter 3-jährig	11	1,7	4,0	12,4	15	1,0	4,9
Alpaka, über 3-jährig	11	1,7	4,0	14,9	18	1,0	5,5
Alpaka, unter 3-jährig	7,0	1,1	2,5	7,5	9,0	0,5	3,0
Kaninchen: Zibbe inkl. Jungtiere bis 35 Tage	2,6	0,7	1,5	2,1	2,5	–	0,36
Kaninchen: Jungtiere ab ca. 35 Tagen (100 Plätze)	79	21,0	48	62,2	75	–	4,0
Strauss, älter als 13 Monate	24	4,4	10	12,4	15	1,3	11
Strauss, jünger als 13 Monate	11	2,6	6,0	6,6	8,0	0,8	2,0
Enten (100 Plätze)	66	14,8	34	19,9	24	5,0	–
Gänse (100 Plätze)	105	23,1	53	24,9	30	14	–
Perlhühner (100 Plätze)	38	8,3	19	11,6	14	3,0	–
Wachteln (100 Plätze)	30	7,9	18	5,4	6,5	–	–

¹ Muttertier plus Nachwuchs bis 16 Monate; eine Einheit = zwei Tiere am Stichtag.

