

### 7.3. Strategie der Stickstoffdüngung bei beschränkten N-Mengen

Bei einer Beschränkung der verfügbaren oder einsetzbaren N-Menge pro Betrieb (aus ökonomischen und/oder ökologischen Gründen, Biolandbau) wird öfters die Frage nach der Verteilung der N-Mengen zu den einzelnen Kulturen gestellt. Folgende Hinweise können zur optimalen Verteilung der Stickstoffmenge zu den einzelnen Kulturen hilfreich sein.

- Verteilung zu den einzelnen Kulturen nach wirtschaftlichen Kriterien (Ertragswirksamkeit einzelner Gaben, vgl. Tab. 32) vornehmen

- Dem Bedarf der Pflanzen angepasste Mengen ausreichend verdünnter Gülle (mindestens 1:2, besser 1:3) verlustarm ausbringen (siehe Tab. 52)

- Bei mengen- und zeitgerechtem Einsatz nimmt mit zunehmendem Nitratanteil des Düngers (Harnstoff - Ammonsalpeter - Kalksalpeter) das N-Verlustpotenzial (NH<sub>3</sub>-Verflüchtigung) ab

- Keine Einzelgabe über 60 kg N/ha

- Im Ackerbau Bodenvorräte konsequent und systematisch nutzen (N<sub>min</sub>-Analysen)

- Ackerkulturen im Frühjahr (Getreide, Raps) vorsichtig andüngen, damit bei später zu düngenden Kulturen (Rüben, Kartoffeln, Mais) kein grösserer Engpass entsteht

- Im Getreidebau eventuell 3. N-Gabe reduzieren oder ganz weglassen

- Bei Rüben, Mais und Kartoffeln in der Regel keine N-Düngung zur Saat oder Pflanzung

- Keine Reduktion der N-Düngung zu Kartoffeln bei einer Staudenhöhe von 10-15 cm, Bedarf der verschiedenen Sorten beachten

- Auf N-Düngung von Gründungskulturen verzichten.

- Im Futterbau die vorhandenen N-Dünger bevorzugt auf den produktivsten, günstig gelegenen, intensiv nutzbaren Flächen (entsprechend ihres Bedarfes) einsetzen

- Stickstoff zu kleehaltigen Wiesen oder vor allem zu wenig intensiv genutzten Wiesen sparen

- In intensiv nutzbaren Wiesen und Weiden während der trockenen Sommerzeit auf eine N-Gabe verzichten (nicht ausschliesslich auf der gleichen Fläche und nicht in zwei aufeinanderfolgenden Aufwüchsen)

- Hofdünger in erster Linie auf den Mähwiesen einsetzen

**Tabelle 32. Ertragswirksamkeit der Stickstoffdüngung und N-Ausnutzung bei einigen Ackerkulturen (beispielhafte Versuchsergebnisse)**

Durchschnitte von jeweils 3 bis 5 Versuchsjahren mit 2 bis 8 Standorten und 2 bis 6 Sorten.

Anzahl Versuche: Winterweizen 36; Wintergerste 7; Raps 8; Kartoffeln 13; Mais 34; Zuckerrüben 22

- Weiden höchstens ein- oder zweimal güllen und einen allfälligen zusätzlichen N-Bedarf mit Mineraldünger decken

Die Ertragswirksamkeit von N-Gaben kann in Düngungsversuchen mit Hilfe des Vergleichs verschiedener Düngungsverfahren berechnet werden. Sie unterliegt jedoch grösseren Schwankungen, die vor allem vom N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens zum Zeitpunkt der Haupt-N-Gabe und der mikrobiellen Stickstoffnachlieferung des Bodens während der Vegetationszeit abhängig sind. In Tabelle 32 sind beispielhaft einige Versuchsergebnisse aufgeführt. Die absoluten Zahlen sind lediglich als variable Grössenordnung zu betrachten. Die Richtung und die Grössenordnung der Unterschiede zwischen einzelnen Gaben bei einer Kultur (Getreidebau) und zwischen den Kulturen sind dagegen allgemein gültig.

Kultur	Durchschnittlicher N <sub>min</sub> -Gehalt des Bodens
<b>Winterweizen</b> - 1. N-Gabe - Zusätzliche 2. N-Gabe (zu 1. Gabe) - Zusätzliche 3. N-Gabe (zu 1. und 2. Gabe)	38
<b>Wintergerste</b> - 1. N-Gabe - Zusätzliche 2. N-Gabe (zu 1. Gabe) - Zusätzliche 3. N-Gabe (zu 1. und 2. Gabe)	26
<b>Raps</b> - Suboptimale N-Gabe - Zusätzliche N-Gabe (zu suboptimaler Gabe)	
<b>Kartoffeln</b> - Suboptimale N-Gabe (Reduktion der optimalen N-Gabe um 40 kg N/ha) - Zusätzliche N-Gabe (zu suboptimaler Gabe zur Erreichung der optimalen N-Gabe)	95 <sup>1</sup> 95 <sup>1</sup>
<b>Mais</b> - Suboptimale N-Gabe (Reduktion der optimalen N-Gabe um 40 kg N/ha) - Zusätzliche N-Gabe (zu suboptimaler Gabe zur Erreichung der optimalen N-Gabe)	115 <sup>1</sup> 115
<b>Zuckerrüben</b> - Suboptimale N-Gabe (Reduktion der optimalen N-Gabe um 40 kg N/ha) - Zusätzliche N-Gabe (zu suboptimaler Gabe zur Erreichung der optimalen N-Gabe)	120 120

Bemessung der N-Düngung (N <sub>min</sub> -Formel)	Durchschnittliche N-Düngung		Durchschnittlicher Mehrertrag pro kg N gedüngt	N-Ausnutzung (kg N Mehrentzug pro 100 kg N gedüngt)
	kg N/ha	Zeitpunkt		
120-N <sub>min</sub> – –	<b>82</b> (82) + <b>30</b>  (82+30) + <b>50</b>	Veg.-Beginn 1-Knoten  Nach Stad. 37	<b>20</b> kg Körner <b>13</b> kg Körner  <b>8</b> kg Körner	54 72  62
80-N <sub>min</sub> – –	<b>54</b> (54) + <b>30</b>  (54+30) + <b>50</b>	Veg.-Beginn 1-Knoten  Nach Stad. 37	<b>24</b> kg Körner <b>12</b> kg Körner  <b>6</b> kg Körner	55 63  58
– –	<b>100</b> (100) + <b>40</b>	Veg.-Beginn Nach Veg.-Beg.	<b>6</b> kg Körner <b>4</b> kg Körner	
160-N <sub>min</sub>  200-N <sub>min</sub>	<b>95</b> <sup>2</sup>  (95) + <b>40</b>	Stauden 15 cm  Stauden 15 cm	<b>84</b> kg Knollen  <b>27</b> kg Knollen	56  23
160-N <sub>min</sub>  200-N <sub>min</sub>	<b>75</b> <sup>2</sup>  (75) + <b>40</b>	6-8 Blätter  6-8 Blätter	<b>27</b> kg Körner  <b>13</b> kg Körner	50  43
160-N <sub>min</sub>  200-N <sub>min</sub>	<b>80</b> <sup>2</sup>  (80) + <b>40</b>	6-8 Blätter Zucker  6-8 Blätter	<b>99</b> kg Rüben mit <b>16</b> kg bereinigtem  <b>41</b> kg Rüben mit <b>5</b> kg bereinigtem Zucker	69  65

<sup>1</sup> Nach einer N-Gabe von 30 kg N/ha zur Saat oder Pflanzung

<sup>2</sup> Inklusiv der N-Gabe von 30 kg N/ha zur Saat oder Pflanzung

## 8. Kalkdüngung

Der Kalkzustand des Bodens wird entscheidend durch das Muttergestein, aus dem der Boden entstanden ist, durch die Niederschlagsverhältnisse sowie durch die Bewirtschaftungsweise beeinflusst. Der Ca-Entzug durch die Kulturen (Tab. 59) wird grösstenteils durch den Ca-Gehalt der Ernterückstände, Hof- und Abfalldünger sowie der Mineraldünger ausgeglichen, ohne den Kalkhaushalt des Bodens (pH-Wert, Basensättigung) entscheidend zu beeinflussen. Zur Verbesserung des Kalkzustandes mehr oder weniger saurer Böden ist eine gezielte Kalkdüngung in Form von Calciumoxid (CaO) oder Calciumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>) beziehungsweise Magnesiumkarbonat (MgCO<sub>3</sub>) notwendig. In Böden mit einem pH-Wert zwischen 5,9 und 6,5 ist der regelmässige Einsatz kalkhaltiger beziehungsweise basisch wirkender Stickstoff-, Phosphat- und/oder Magnesiumdünger empfehlenswert. Bei pH-Werten unter 5,9 (Ackerbau) beziehungsweise unter 5,5 (Futterbau) ist unter Berücksichtigung weiterer Faktoren (Basensättigung, botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes) eine gezielte Kalkdüngung ins Auge zu fassen. Die eventuell zu düngenden Kalkmengen sind gemäss internationaler Usanz in der Form CaO (Calciumoxid) angegeben. Die neutralisierende Wirkung erfolgt durch die Verbindung Calciumhydroxid [Ca(OH)<sub>2</sub>], welche im Boden aus CaO oder aus CaCO<sub>3</sub> entsteht. Zur Bemessung der Kalkdüngung stehen zwei Hilfsmittel zur Verfügung. Eine grobe Bemessung kann aufgrund des pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>-Wertes des Bodens vorgenommen werden (Tab. 33).

Für eine wesentlich gezieltere Bemessung dient die Kationenumtauschkapazität des Bodens als Grundlage. In Tabelle 34 sind die empfohlenen Kalkgaben in Abhängigkeit der Kationenumtauschkapazität und der Basensättigung des Bodens sowie der Bewirtschaftung aufgeführt. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei futterbaulicher Nutzung des Bodens in der Regel bei einer Basensättigung unter 50 % eine Kalkdüngung notwendig sein kann. Im Ackerbau liegt der entsprechende Wert bei 60 %.

Kulturspezifische Kalkgaben bei einem pH-Wert des Bodens über 6,2 sind mit einigen Risiken behaftet und daher nur ausnahmsweise (maximal 10-15 dt CaO/ha) zu verabreichen. Besonders in Fruchtfolgen mit Kartoffeln ist auf kulturspezifische Kalkgaben zu verzichten, um wesentliche Ertragseinbussen bei der genannten Kultur - ohne sichtbare Mängel am wachsenden Bestand - zu vermeiden.

**Tabelle 33. Grobe Bemessung von Kalkgaben aufgrund des pH-Wertes und des Tongehaltes des Bodens sowie der Bodennutzung**

pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> des Bodens	Tongehalt unter 10 %	
	Ackerland und Kunstpflanzen	Naturwiesen
< 5,0	20	10
5,0 - 5,5	15	7,5
5,6 - 6,2	10	5
>6,2	0	0

**Tabelle 34. Bemessung von Kalkgaben aufgrund der Basensättigung und der Kationenaustauschkapazität (KUK) des Bodens**

Bemessung von Kalkgaben. Die Gaben wurden für die Bodenschicht von 0 bis 20 cm Tiefe berechnet. Die Umrechnungsfaktoren für verschiedene Kalkformen sind in Tabelle 61 enthalten.

Basensättigung (%)	Ackerland und Kunstpflanzen	Naturwiesen
	über 60	
50 - 60		40 - 50
40 - 49		30 - 39
< 40		< 30

Kalkgabe (dt CaO/ha)			
Tongehalt 10-30 %		Tongehalt über 30 %	
Ackerland und Kunstpiesen	Naturwiesen	Ackerland und Kunstpiesen	Naturwiesen
30	15	35	20
25	12,5	30	17,5
20	10	25	15
0	0	0	0

Kalkgabe (dt CaO/ha)			
Kationenumtauschkapazität (mäq/100 g Boden)			
unter 10	10 -15	15 - 20	über 20
0	0	0	0
7,3	12,5	15,5	20,0 <sup>1</sup>
10,0	19,0	21,5 <sup>1</sup>	28,0 <sup>1</sup>
13,0	24,5 <sup>1</sup>	27,5 <sup>1</sup>	36,0 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aufteilung in 2 bis 3 Gaben im Abstand von 2 bis 4 Jahren. Vor dem Ausbringen der zweiten bzw. dritten Gabe ist eine erneute Bestimmung des pH-Wertes des Bodens empfehlenswert.

## 9. Düngung mit Schwefel und Spurenelementen

Bei den Hauptnährstoffen wird künftig der Schwefeldüngung eine grössere Beachtung zu schenken sein. Eine regelmässige Düngung mit Spurenelementen ist unter schweizerischen Verhältnissen in der Regel nicht notwendig. Die meisten Böden enthalten aufgrund der Zusammensetzung des Muttergesteins ausreichende Mengen an Spurenelementen, um optimale Erträge von einwandfreier Qualität zu erzielen.

### 9.1. Schwefel

Der Schwefelbedarf der Kulturen wird heute hauptsächlich durch Ernterückstände, Hof- und Abfalldünger sowie Mineraldünger gedeckt. In den Jahrzehnten vor 1980 erfolgte zusätzlich ein wesentlicher Schwefeleintrag durch die Niederschläge als Folge der Verbrennung von Kohle und Erdölprodukten. Er erreichte Werte in der Grössenordnung von 30-50 kg S/ha und Jahr, in der Nähe von Ballungsgebieten waren Einträge bis zu 100 kg S/ha und Jahr zu verzeichnen. Dadurch wurde auch die Schwefelversorgung anspruchsvoller Kulturen (Tab. 36) gesichert. Die Schwefeldüngung geriet dadurch in der Praxis mehr oder weniger in Vergessenheit. Der Ersatz der Kohle durch Erdöl und vor allem der Beginn der Entschwefelung der Erdölprodukte in den 80er-Jahren führte zu einer starken Reduktion des Schwefeleintrages durch den Regen. Als Folge davon ist Schwefelmangel heute bei bedürftigen Kulturen nicht selten zu beobachten.

#### 9.1.1. Vorgehen zur Abschätzung des Risikos von Schwefelmangel

Hilfsmittel zur sicheren Abschätzung des Risikos von Schwefelmangel sind heute erst in Ansätzen vorhanden. Der weitaus grösste Teil des Schwefelvorrates im Boden liegt in organischer Form vor (Humus, organische Dünger). Dessen Mineralisierung läuft parallel zur Stickstoffmineralisierung. Das dabei entstehende Sulfat ( $\text{SO}_4^-$ ) verhält sich im Boden sehr ähnlich dem Nitrat.

Die Pflanze nimmt den Schwefel in Form von Sulfat auf. Es war daher naheliegend, das Sulfat im Extrakt von  $N_{\min}$ -Proben zu bestimmen ( $S_{\min}$ -Methode). Das Ergebnis wird in der Regel als  $S_{\min}$ -Wert bezeichnet. In Deutschland sind Versuche zur Eichung der  $S_{\min}$ -Methode seit einiger Zeit im Gang. Die Interpretation der  $S_{\min}$ -Werte scheint jedoch deut-

**Tabelle 35. Kriterien zur Beurteilung des Schwefelangebots mit Hilfe von Punkten**

Die Punkte für jedes einzelne Beurteilungskriterium sind zu addieren und die Summe mit den Angaben in Tabelle 36 zu vergleichen.

lich weniger sicher zu sein als diejenige der  $N_{\min}$ -Werte.

Die Kombination von Eigenschaften verschiedener Faktoren des Standorts und der Bewirtschaftung erlaubt oft eine ausreichende Beurteilung des Potenzials zur Deckung des Schwefelbedarfs der Pflanzen. Als Grundlage dienen dabei der Humus-, Ton- und Skelettgehalt sowie die Gründigkeit des Bodens, die Winter- und Frühjahrsniederschläge, die Häufigkeit des Hofdüngereinsatzes und das Ertragspotenzial des Standortes (Tab. 35). In Verbindung mit dem Schwefelbedarf der Kulturen lässt sich der Schwefeldüngebedarf abschätzen (Tab. 36).

**Tabelle 36. Schwefelentzug einiger Kulturen sowie Bemessung der Schwefeldüngung**

#### 9.1.2. Form und Zeitpunkt der Schwefeldüngung

Da sich das von den Pflanzen aufnehmbare Sulfat im Boden sehr ähnlich dem Nitrat verhält, ist eine gezielte Schwefeldüngung nach den Regeln der mineralischen Stickstoffdüngung durchzuführen. Die Grundversorgung des Bodens erfolgt oft durch die Hofdünger (1 Tonne Stallmist oder 1 m<sup>3</sup> unverdünnte Rindervollgülle enthält etwa 0,3-0,4 kg S). Eine gezielte kulturspezifische Schwefeldüngung erfolgt am sichersten durch die Verwendung schwefelhaltiger Stickstoffdünger (Tab. 57). Im Frühjahr ausgebrachte mineralische Kali-, Magnesium- oder Mehrnährstoffdünger (Tab. 57) mit ausreichendem Schwefelanteil sind ebenfalls gut geeignet. Bei bereits sichtbaren Mangelsymptomen kann eventuell eine Blattdüngung mit Magnesiumsulfat (Bittersalz) kurzfristig den Schwefelbedarf der Pflanzen teilweise decken.

Kriterien
Tongehalt des Bodens (%)
Humusgehalt des Bodens (%)
Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens (cm)
Skelettgehalt des Bodens (Volumen-%)
Niederschläge Oktober (Vorjahr) bis März (mm)
Hofdüngereinsatz
Ertragsniveau

Kultur	Schwefelentzug (kg S/ha)
<b>Stark bedürftige Kulturen</b>	
Raps	80
Kohlarten	72
<b>Mittel bedürftige Kulturen</b>	
Zwiebeln und Knoblauch	35
Futtergräser	35
Zucker- und Futterrüben	34
Luzerne	30
Mais	28
<b>Wenig bedürftige Kulturen</b>	
Weizen	23
Gerste	20
Kartoffeln	20
Andere Kulturen	< 20

Ausprägung des Kriteriums	Punkte zur Schwefelversorgung der Pflanzen
unter 10 10-30 über 30	1 3 5
unter 2 2-5 über 5	1 3 5
unter 30 30-70 über 70	1 5 7
über 30 10-30 unter 10	1 3 5
über 540 mm 370-540 mm unter 370 mm	1 3 5
nie weniger als 1 Mal in 3 Jahren mindestens 1 Mal in 3 Jahren	1 3 5
überdurchschnittlich mehr als 120 % der Angaben in Tabelle 2	1
durchschnittlich 80-120 % der Angaben in Tabelle 2	3
unterdurchschnittlich weniger als 80 % der Angaben in Tabelle 2	5

Bemessung der Schwefeldüngung nach Angebotspunkten (Tab. 35)			
	unter 14 Punkte	14-20 Punkte	über 20 Punkte
	60 60	40 40	20 20
	25 25 25 20 20	15 15 15 15 15	0 0 0 0 0
	20 10 10 0	0 0 0 0	0 0 0 0

## 9.2. Bor und Mangan

Unter speziellen Bedingungen ist eine Düngung mit Bor oder Mangan notwendig. Besonders in alkalischen Böden ist eine Bordüngung zu borbedürftigen Kulturen (Rüben, Raps, Sonnenblumen) in der Grössenordnung von 1,5 bis 2 kg Bor pro Hektare empfehlenswert. Die Manganverfügbarkeit ist in alkalischen, humusreichen Böden eingeschränkt. Über die Bemessung allfälliger Bor- oder Manganangaben aufgrund einer Bodenanalyse in Abhängigkeit des Humusgehaltes, der Bodenreaktion und Bedürftigkeit der Kulturen gibt Tabelle 37 Auskunft. Die Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse ist in Tabelle 10 beschrieben. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass unsachgemässe Kalkgaben zu ernsthaften Schwierigkeiten bezüglich Bor- und Manganversorgung der Pflanzen führen können. Die Untersuchung des Bodens auf weitere Spurenelemente ist nur ausnahmsweise nach Rücksprache mit dem Beratungsdienst oder den Forschungsanstalten angezeigt.

## 10. Ernterückstände

Die Düngungsnormen enthalten stets den Nährstoffbedarf der üblicherweise erntbaren Haupt- und der anfallenden Nebenprodukte (Tab. 2). Wenn die Nebenprodukte (Stroh, Stauden, Stängel, Kraut usw.) bei der Ernte auf dem Feld verbleiben, sind die in ihnen enthaltenen Phosphat-, Kali- und Magnesiummengen (Tab. 2) von der korrigierten Düngungsnorm der nachfolgenden Kultur abzuziehen. Bei Abfuhr kann der üblicherweise geerntete Anteil Tabelle 38 entnommen oder geschätzt werden. Die Differenz zwischen den in den anfallenden und in den abgeführten Nebenprodukten enthaltenen Phosphat-, Kali- und Magnesiummengen (Tab. 2) ist von der korrigierten Normdüngung der Folgekultur abzuziehen. Bezüglich Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Nebenprodukten für die Folgekultur sind die Angaben in Tabelle 38 zu berücksichtigen.

**Tabelle 37. Bemessung der Bor- und Mangandüngung aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen, des Humusgehaltes und der Bodenreaktion sowie der Bedürftigkeit verschiedener Kulturen (Versorgungsklassen sind in Tab. 10 definiert)**

Nährstoff	Versorgungs-klasse	Humusgehalt des Bodens unter 10 %
		Wenig bedürftige Kulturen
Bor	A	1,5-2,0 kg B/ha <sup>2</sup>
	B	-
	C, D, E	-
Mangan	A	20-40 kg Mn/ha <sup>2</sup>
	B	20-40 kg Mn/ha <sup>2</sup>
	C	-

**Tabelle 38. Verfügbarkeit des Stickstoffs in nicht abgeführten Nebenprodukten für die folgende Kultur**

Die Angaben dieser Tabelle sind nur zu verwenden, wenn mindestens die Hälfte der anfallenden Nebenproduktmenge auf dem Feld verbleibt.

Kultur
Getreide
Körnermais, CCM
Kartoffeln für Speisezwecke und techn. Verarbeitung
Früh- und Saatkartoffeln
Zucker- und Futterrüben
Körnerraps
Sonnenblumen
Ölhanf und Öllein
Faserhanf
Faserlein
Körnerleguminosen
Kabis, Einschnide-
Rosenkohl
Chicorée, Wurzelanbau
Karotten
Erbsen und Bohnen, Verarbeitung
Zwiebeln
Spinat
Tabak

		Humusgehalt des Bodens über 10 %		
		Saure und schwach saure Böden		neutrale, schwach und alkalische Böden
Bedürftige Kulturen <sup>1</sup>	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen <sup>1</sup>	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen <sup>1</sup>
2,5-3,0 kg B/ha <sup>2</sup>	1,5-2,0 kg B/ha <sup>2</sup>	2,5-3,0 kg B/ha <sup>2</sup>	1,5-2,0 kg B/ha <sup>2</sup>	2,5-3,0 kg B/ha <sup>2</sup>
1,5-2,0 kg B/ha <sup>2</sup>	–	2,0-2,5 kg B/ha <sup>2</sup>	–	2,0-2,5 kg B/ha <sup>2</sup>
–	–	–	–	–
30-50 kg Mn/ha <sup>2</sup>	30-50 kg Mn/ha <sup>2</sup>		0-15 kg/ha Mangansulfat <sup>3</sup>	10-15 kg/ha Mangansulfat <sup>3</sup>
20-40 kg Mn/ha <sup>2</sup>	20-40 kg Mn/ha <sup>2</sup>	20-40 kg Mn/ha <sup>2</sup>	10-15 kg/ha Mangansulfat <sup>3</sup>	10-15 kg/ha Mangansulfat <sup>3</sup>
–	–	–	–	–

<sup>1</sup> Bor: Rüben, Raps, Sonnenblumen.  
Mangan: Getreide, Leguminosen, Rüben

<sup>2</sup> Bodendüngung [Bor kann als Borax gestreut, als Borsäure gespritzt (auf den Boden!) oder in Form von ausreichend borhaltigen Mehrnährstoffdüngern ausgebracht werden]

<sup>3</sup> Blattdüngung (in 600 bis 1000 Liter Wasser). Oft ist eine mehrmalige Anwendung dieser Mengen notwendig. Anstelle von Mangansulfat können auch andere für die Blattdüngung geeignete Mangandünger eingesetzt werden (Gehalte und Anwendungsvorschriften beachten). Eine Bodendüngung ist unter diesen Bodenverhältnissen meistens wirkungslos.

Nebenprodukt	Üblicherweise geernteter Anteil (%) des anfallenden Nebenproduktes (Tab. 2)	Für Folgekultur verfügbarer Stickstoff im Nebenprodukt Kg N/ha <sup>1</sup>
Stroh	65	0
Stängel	0	0
Stauden	0	0
Stauden	0	10
Kraut	65	20
Stroh	65	0
Stängel	0	0
Stroh	0	0
Blätter / Körner	0	10
Körner	0	0
Stroh	0	20
Strunk u. Blätter	0	20
Strunk u. Blätter	0	20
Blätter	0	0
Kraut	0	10
Kraut	0	20
Ausgereift	0	0
Stoppeln	0	10
Stängel	0	0

<sup>1</sup> Nach eingearbeitetem Getreide- oder Maisstroh ist die N-Gabe der Folgekultur eventuell um 10 bis 20 kg N/ha zu erhöhen (Tab. 23)

## 11. Hofdünger

Auf vielen Betrieben deckt der Nährstoffanfall in den betriebseigenen Hofdüngern (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 besonders Hofdünger bei unsachgemäsem Einsatz die Umwelt belasten (Kapitel 14.3), ist der sorgfältige Umgang mit ihnen auch ökologisch von grosser Bedeutung. Erschwert wird der gezielte Einsatz der Hofdünger durch die grossen anfallenden Mengen, den relativ geringen und nicht genau bekannten Nährstoffgehalt sowie die unsichere Verfügbarkeit der verschiedenen darin enthaltenen Stickstoffformen. Auch wenn einzelbetrieblich oft mehr oder weniger grosse Abweichungen von Richtwerten festzustellen sind, bilden Richtwerte die einzige Möglichkeit, Hofdünger quantitativ und qualitativ zu beurteilen. Richtwerte können daher in Kombination mit Angaben möglicher Abweichungen und generellen Empfehlungen einen wesentlichen Beitrag zu einem agronomisch und ökologisch sinnvollen Umgang mit Hofdüngern leisten.

### 11.1. Anfall und Gehalt

#### 11.1.1. Nährstoffausscheidungen der Nutztiere

Die Nutztiere scheiden einen grossen Teil der durch das Futter aufgenommenen Stoffe in den Exkrementen wieder aus (Tab. 39). Je nach Fütterung, Leistungsniveau, Tiergesundheit usw. kann der ausgeschiedene Anteil auch auf einem Betrieb innerhalb dem in der Tabelle angegebenen Bereich variieren. Durch die Verwendung der Exkremente als Dünger kann der betriebsinterne Nährstoffkreislauf grösstenteils geschlossen werden. Alle Angaben über die Gehalte der Hofdünger basieren auf Berechnungen mittels Fütterungsplänen bei verschiedenen Rationen (Ausnahmen:  $N_{\text{lös}}$  basiert auf Hofdüngernanalysen und  $N_{\text{verf}}$  auf den Ergebnissen langjähriger Versuchstätigkeit). Die Nährstoffgehalte der Futtermittel wurden den Fütterungsnormen der Forschungsanstalt Posieux (RAP) entnommen, die Gehalte der tierischen Produkte sind in Tabelle 60 enthalten.

Tabelle 40 zeigt, welche Nährstoffmengen bei durchschnittlichen Produktionsbedingungen pro Tierplatz und Jahr aus-

**Tabelle 39. Anteil des im Futter aufgenommenen Stickstoffs (N), Phosphors (P) und Kaliums (K), welcher in den Exkrementen ausgeschieden wird**

Tierart
Milchkühe
Rindvieh-Masttiere
Zuchtschweine inkl. Ferkel
Mastschweine
Legehennen
Mastpoulets

**Tabelle 40. Richtwerte für Nährstoffausscheidungen in Kot und Harn verschiedener Tierarten**

Die dazu gehörenden Umschreibungen der Produktion und Bemerkungen (Fussnoten) sind in der Tabelle 41 enthalten. Alle Angaben beziehen sich auf die tierischen Ausscheidungen (ohne Streumittel) bei durchschnittlicher Produktionsintensität und einer Fütterung gemäss den Empfehlungen der Forschungsanstalten. Für besondere Fälle sind für einzelne Tierkategorien mit klar abgegrenzten Produktionszyklen (zeitweise ohne ganzjährige Produktion) neben den Standardangaben pro Tierplatz und Jahr auch Angaben pro produziertes Tier aufgeführt. Übliche Leerzeiten zwischen Umtrieben sind in den Angaben pro Tierplatz und Jahr berücksichtigt.

Tierart	
Milchkuh	6000 kg Jahresleistung <sup>6</sup>
Mutterkuh <sup>7</sup>	
Aufzuchtrind <sup>6</sup>	unter 1-jährig <sup>8</sup> 1 bis 2-jährig <sup>8</sup> über 2-jährig <sup>8,9</sup>
Mastkalb <sup>10</sup>	pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Mutterkuhkalb <sup>11</sup>	pro Tier und Platz
Rindviehmast (65-500 kg) <sup>12</sup>	pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Rindviehweidemast (65-530 kg) <sup>13</sup>	pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Zuchtstier	
Stute mit Fohlen <sup>14</sup>	
anderes Pferd über 3-jährig <sup>15</sup>	
Fohlen 0,5 bis 3-jährig	
Ziegenplatz <sup>16</sup>	
Schafplatz <sup>16</sup>	
Milchschaafplatz <sup>16</sup>	
Rothirsch, Damhirsch <sup>17</sup>	pro Einheit
Bison über 3-jährig	
Bison unter 3-jährig	
Lama über 2-jährig	
Lama bis 2-jährig	
Alpaka über 2-jährig	
Alpaka bis 2-jährig	
Mastschwein/Remonte <sup>18</sup>	pro Platz <i>pro produziertes Tier</i>
Zuchtschweineplatz <sup>19</sup>	
Eber	
Säugende Zuchtsau <sup>19</sup>	pro Platz <i>pro Sau und Umtrieb</i>
Galtsau <sup>19</sup>	pro Platz <i>pro Sau und Umtrieb</i>
Abgesetztes Ferkel <sup>19</sup>	pro Platz <i>pro aufgezogenes Ferkel</i>
Legehennen <sup>20</sup>	pro 100 Plätze
Junghennen <sup>21</sup>	pro 100 Plätze <i>pro 100 aufgezogene Tiere</i>
Mastpoulets <sup>22</sup>	pro 100 Plätze <i>pro 100 gemästete Tiere</i>
Masttruten <sup>23</sup>	pro 100 Plätze <i>pro 100 gemästete Tiere</i>
Strauss älter 13 Monate	
Strauss bis 13 Monate	
Mutterkaninchenplatz <sup>24</sup>	

geschieden werden. Tabelle 41 gibt Auskunft über die den Angaben zugrunde liegenden Annahmen und über allfällige Abweichungen von den Richtwerten. Reichen in besonderen Fällen die Angaben in Tabelle 41 zur Berücksichtigung der betriebsspezifischen Produktionstechnik nicht aus, können die Ausscheidungen über eine Bilanzrechnung berechnet werden. Anhand des Futtermittelverzehr und des Futtergehaltes (inkl. Mineralsalz usw.) wird die aufgenommene Menge an Elementen bestimmt. Davon wird die Retention in den tierischen Produkten (inkl. Zuwachs) abgezogen. Entsprechende Angaben über den Gehalt der tierischen Produkte finden sich im Anhang (Tab. 60).

N (%)	P (%)	K (%)
65-80	65-80	85-95
75-85	70-85	96-98
75-85	75-85	90-98
70-80	75-85	90-97
65-80	85-90	85-95
55-65	50-65	70-80

<sup>1-24</sup> Siehe Tabelle 41

Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit und Jahr <sup>1,2,3</sup>					Grundfutterverzehr (dt TS/Jahr)
N <sup>4</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O <sup>5</sup>	Mg	Ca	
110	39	175	11	43	55
80	30	120	8	30	40
25	7,5	35	4	10	11
40	13	60	5	15	22
55	20	75	7	23	33
13	4	7	0,3	1,5	1
5	1,5	2,7	0,1	0,6	0,4
34	8	34	2	8	11
33	11	33	4	9	14
41	14	41	5	11	17,5
40	12	55	4	13	16
65	18	80	6	20	25
50	18	85	5	20	30
52	31	88	7	23	29
44	23	75	5	19	29
42	19	68	4	14	26
16	5	22	1,5	6	6,8
12	4,5	20	2	7	8
21	9	32	3	9	11
20	7	29	2,4	8	5
60	30	110	6	30	39
20	10	45	2,5	11	18
17	6,5	28	1,7	6	8,5
11	4	15	1	3	4,9
11	4	18	1	4	5,5
7	2,5	9	0,5	2	3,0
13	6	7	1	2	0
4	2	2,3	0,3	0,7	0
35	19	19	3	12	0
18	10	10	1,5	6	0
42	23	18	4	15	0
5,1	2,8	2,2	0,5	1,8	0
20	11	13	2	8	0
6,5	3,5	4,2	0,6	2,6	0
4,6	2,6	2,5	0,4	2	0
0,4	0,2	0,2	0,04	0,2	0
71	46	25	6	75	0
34	16	12	2,3	18	0
15	7	5	1,0	8	0
40	15	15	3	10	0
5.5	2.2	2	0,3	1	0
140	70	40	18	35	0
48	25	13	6.5	12	0
24	10	15	1,3	15	11
11	6	8	0,8	8	2
9	6	5	1	4	0

**Tabelle 41. Allgemeine Bemerkungen sowie Umschreibung der Produktion (Fussnoten) zu Tabelle 40**

Fussnote in Tabelle 40	Kriterium / Stichwort	Umschreibung der Produktion
1	Stroh, Einstreumaterial	In Ställen mit Absperrgitter ergibt die tägliche Einstreu von 1,5-2 kg Stroh pro Kuh einen jährlichen Anfall von 3,1 kg N, 1,1 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 9 kg K <sub>2</sub> O und 0,5 kg Mg bei durchschnittlichen Strohgehalten (Tab. 59).
2	Korrektur der Tierzahl (Alpung usw.)	Bei Alpung oder saisonaler Belegung muss der Nährstoffanfall entsprechend der Futtertage angepasst werden.
3	Rationenzusammensetzung	Die Angaben beziehen sich auf das Mittel üblicher Rationen. Für Milchvieh (inkl. Aufzucht; nicht für Mastvieh) können die N- und vor allem die K <sub>2</sub> O-Ausscheidungen geringer sein, falls ein grosser Anteil der Ration aus Mais (Silage, Würfel) besteht. In solchen Fällen können die Ausscheidungen nach folgender Formel korrigiert werden: Korrekturfaktor: K <sub>2</sub> O-Ausscheidungen (%) = (Maisanteil an Grundfütterration Winterfütterung x 0,1) + (Maisanteil an Grundfütterration Sommerfütterung x 0,4). Beispiel mit 30 % Maisanteil im Winter und 20 % im Sommer: Korrekturfaktor = (30 x 0,1) + (20 x 0,4) = 3 + 8 = 11; die K <sub>2</sub> O-Ausscheidungen sind also 11 % geringer als in Tabelle 40 angegeben. Korrekturfaktor N-Ausscheidungen (%) = Maisanteil an Grundfütterration Sommerfütterung x 0,4 (keine Korrektur notwendig für Winterfütterung)
4	Verfügbarkeit des Stickstoffs für die Pflanzen	Für andere Rationen bzw. Tierarten sind keine Korrekturen notwendig, ausser wenn besondere Fütterungsstrategien (z.B. «Ökofutter») verfolgt werden. Als Folge von Verlusten im Stall, bei der Lagerung und Ausbringung sowie einer unvollständigen Verfügbarkeit (N <sub>verf</sub> , Tab. 62) des organischen Teils des Stickstoffs, entspricht die aufgeführte Stickstoffmenge nicht der Menge, die in der Düngung eingesetzt werden kann. Im Allgemeinen wird angenommen, dass mittelfristig im Durchschnitt aller Tierarten etwa 60 % des Gesamtstickstoffes 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 Stickstoffs von etwa 50 %. Diese Werte unterliegen in Abhängigkeit der Tierart, des Aufstallungssystems und der Standortbedingungen grossen Schwankungen; sie gelten daher in erster Linie als generelle Anhaltspunkte für grössere Regionen. Für Einzelbetriebe sind mindestens die gehaltenen Tierartarten und die Bodenverhältnisse zu berücksichtigen.
5	Kalianfall bei raufutterverzehrenden Tieren	Auf Betrieben mit einem mittleren Kaligehalt des Dürrfutters von 20-25 g K pro kg TS ist der Kalianfall von Tieren, welche vorwiegend Wiesenfutter verzehren, rund 15 % tiefer. Bei einem mittleren Gehalt unter 20 g K pro kg TS im Dürrfutter ist der Kalianfall 30 % geringer.
6	1 Milchkuh	Mittleres Lebendgewicht ausgewachsen: 650 kg. Mittlere Jahresmilchleistung: 6'000 kg. Je 1000 kg geringere Leistung ist mit 10 % geringeren, je 1000 kg Mehrleistung mit 5 % höheren Werten zu rechnen. Diese Korrektur berücksichtigt auch die Unterschiede im Lebendgewicht. Bei gleicher Milchleistung haben 100 kg leichtere Tiere um 6 % geringere Ausscheidungen und Grundfutterverzehr.
7	1 Mutter- oder Ammenkuh	Mutterkuh (1 Kalb) ohne Kalb für Rassen mit einem ausgewachsenen Lebendgewicht von um oder über 600 kg. Für Ammenkühe (2 Kälber pro Kuh) beträgt der Anfall 90 kg N, 32 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 125 K <sub>2</sub> O, 8,5 kg Mg und 32 kg Ca und der Grundfutterverzehr 45 dt pro Jahr. Für Rassen mit einem ausgewachsenen Lebendgewicht um 450 kg beträgt der Anfall 70 kg N, 26 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 110 K <sub>2</sub> O, 7 kg Mg und 28 kg Ca und der Grundfutterverzehr 35 dt pro Jahr.
8	Aufzuchtrind	Von der Geburt bis zum ersten Abkalben wird mit einem Anfall von ca. 90 kg N, 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 130 kg K <sub>2</sub> O und 11 kg Mg gerechnet. Die Verteilung auf die verschiedenen Jahre ist abhängig von der Produktionsintensität bzw. vom Erstkalbealter. Die Angaben gelten für ein Erstkalbealter von ca. 30 Monaten. Kälber, welche im Alter von 3-6 Wochen verkauft werden, bleiben unberücksichtigt.
9	Aufzuchtrind über 2-jährig	Bei Erstkalbealter unter 3 Jahren kann der Wert für das 3. Jahr entsprechend korrigiert werden. Zum Beispiel bei Erstkalbealter 30 Monate: 50 % der angegebenen Mengen.
10	Mastkalb	Mast von 50 bis ca. 200 kg mit einem mittleren Tageszuwachs vom 1250-1300 g; 2,6 Umtriebe pro Mastkälberplatz und Jahr.
11	Mutterkuhkalb	Erreicht rund 350 kg im Alter von ca. 10 Monaten. Nur 1 Umtrieb pro Jahr möglich. Werden die Tiere bis ca. 400 kg ausgemästet, beträgt der Anfall (pro Tier und pro Tierplatz) 43 kg N, 11 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 45 K <sub>2</sub> O, 3 kg Mg und 11 kg Ca und der Grundfutterverzehr 16 dt.
12	Rindviehmast (intensiv)	Intensivmast von ca. 65 auf 520 kg bei einem mittleren Tageszuwachs von ca. 1'200 g (Munis). Werden die Tiere erst nach dem Absetzen eingestallt, beträgt der Anfall pro Platz und pro Tier (ca. 1 Umtrieb pro Jahr) 38 kg N, 13 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 39 K <sub>2</sub> O, 5 kg Mg und 10 kg Ca und der Grundfutterverzehr 17 dt. Für Vormastkälber können die gleichen Werte wie für Mastkälber verwendet werden.
13	Rindvieh-Weidemast	Weidemast mit ein oder zwei Weideperioden (ca. 17 bzw. 22 Monate), Geburt bis Endgewicht ca. 530 kg.
14	Stute mit Fohlen	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.

Fussnote in Tabelle 40	Kriterium / Stichwort	Umschreibung der Produktion
15	Anderes Pferd über 3-jährig	Ausgewachsenes Pferd mit einem mittleren Gewicht von 550 kg. Bei leichteren Tieren oder Ponys, Esel, Jungtieren usw. kann der Anfall dem Gewicht entsprechend umgerechnet werden. Die Angaben gelten für geringe Arbeitsbelastung (1 Stunde pro Tag; Arbeit, Reiten). Bei stärkerer Arbeitsbeanspruchung steigen die N und P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Ausscheidungen um 7 % pro Stunde, diejenigen an anderen Nährstoffen um 4 %.
16	Ziegenplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchtieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.
16	Schafplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchtieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock. Die Werte beziehen sich auf eine Produktion mit vorwiegendem Einsatz von Grundfutter von extensiven Wiesen. Bei intensiver Haltung mit gutem Heu und Silage beträgt der Anfall 18 kg N, 6 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 25 K <sub>2</sub> O, 2 kg Mg und 7 kg Ca und der Grundfutterverzehr 7,2 dt pro Jahr.
16	Milchschaflplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchtieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.
17	Hirsche	Eine Einheit besteht aus einem Muttertier und dem Nachwuchs bis zum Alter von 16 Monaten. Ältere Jungtiere sind getrennt zu berechnen. Eine Einheit entspricht zwei Tieren im April (Viehzählung).
18	Mastschweineplatz	Ein Mastschweineplatz (MSP) entspricht einem Tierplatz für die Mast von 25 auf 100 kg bei mittlerem Tageszuwachs von 700-800 g (ca. 3-3,2 Umtriebe pro Jahr). Der Phosphatanfall basiert auf einem Gehalt von 6 g P pro kg Futter (13,5 MJ VES pro kg Futter). Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 25 %. Der Stickstoffanfall basiert auf einem Rohproteingehalt von 170 g pro kg Futter (13,5 MJ VES pro kg Futter). Abweichungen um 10 g RP/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 8 %. Die Ausscheidungen können maximal auf 10 kg N und 2,7 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> reduziert werden.
19	Zuchtschweine	Ein Zuchtschweineplatz (ZSP) besteht aus einem Mutterschwein inkl. Aufzucht der Ferkel bis zu einem Gewicht von 25-30 kg. Pro ZSP können 20-24 Ferkel pro Jahr abgesetzt werden. Remonten sind gleich wie Mastschweine einzusetzen. Falls die Tiere regelmässig Grundfutter erhalten, kann der Verzehr entsprechend der effektiven Verhältnisse eingesetzt werden. Der Phosphatanfall basiert auf einem Gehalt von 6,5 g P pro kg Futter (88 % TS; gewichtetes Mittel aller Futtermittel inkl. Ferkelfutter). Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 20 %. Der Stickstoffanfall basiert auf einem Rohproteingehalt von 150 g/kg für Galtsauen, 160 g/kg für säugende Sauen und 175 g/kg für Ferkel (alle Angaben bezogen auf 88 % TS). Eine Reduktion des mittleren Rohproteingehaltes aller Futtermittel um 10 g/kg hat eine Reduktion der N-Ausscheidungen um 8 % für Sauen und 10 % für Ferkel zur Folge. Die Ausscheidungen können maximal auf 29,2 kg N und 12 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pro Zuchtschweineplatz reduziert werden.
20	Legehennen	Umtriebsdauer 400-600 Tage. Sie hat keinen Einfluss auf die Ausscheidungen. Der Phosphatanfall basiert auf einem Gehalt von 6,4 g P pro kg Futter. Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 20 %.
21	Junghennen	Küken erreichen in 18 Wochen ein Gewicht von 1,3 - 1,6 kg. 2 - 2,5 Umtriebe pro Jahr.
22	Mastpoulets	Pro «Normalmastplatz» (Mastdauer ca. 40 Tage, ausser bei Auslaufhaltung). Werden kürzere Umtriebe durchgeführt, wird gleichwohl mit der Anzahl Normalmastplätze gerechnet (z.B. Halle mit 300 m <sup>2</sup> ca. 4300 - 5000 Tiere, je nach mittlerem Endgewicht). Für Auslaufhaltung gelten die Werte pro Tierplatz. Die Angaben basieren auf einem Gehalt von 5,8-6,5 g P und 200-220 g Rohprotein pro kg Futter. Je nach Produktionszahlen (Endgewicht, Futtermittelverwertung, Leerzeit des Stalls usw.) kann das Verhältnis Futtergehalt : Ausscheidungen erheblich variieren. In besonderen Fällen müssen daher betriebsspezifische Tierbilanzen gerechnet werden.
23	Masttruten	Produktion von Truten mit einem durchschnittlichen Mastendgewicht von 12 kg; 2,8 Umtriebe 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, 20 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> und 12 kg K <sub>2</sub> O 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, 115 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> und 70 kg K <sub>2</sub> O.
24	Mutterkaninchenplatz	Die Werte gelten für die krautfutterbetonte Mast. Einzelne Tiere für die Selbstversorgung, welche oft raufutterbetont gefüttert werden, müssen in Nährstoffhaushaltberechnungen nicht berücksichtigt werden. Ein Mutterkaninchenplatz entspricht einem Muttertier (Zibbe) einschliesslich Ausmast des Nachwuchses. Bei Intensivmast werden pro Zibbe und Jahr rund 40 Kaninchen mit einem Endgewicht von 2,7 bis 3 kg gemästet. Der Futtermittelverbrauch pro Mastkaninchenplatz und Jahr beträgt etwa 450-500 kg.

### 11.1.2. Gülle- und Mistanfall

Richtwerte über den Gülle- und Mistanfall bei verschiedenen Tierarten und Aufstallungssystemen sind in Tabelle 42 aufgelistet und dienen in erster Linie zur Bemessung des benötigten Hofdüngerlagerraumes sowie zur groben Planung der Düngung. Die Fütterung beeinflusst die Menge an tierischen Exkrementen und somit die anfallende Gülle- und Mistmenge. Die Angaben beziehen sich auf unverdünnte Gülle. Auf den meisten Betrieben gelangen neben der Gülle auch bedeutende Mengen Wasser in die Güllegrube (Stallreinigung, Abwasser aus der Milchammer, Regenwasser von überdachten Plätzen, Haushaltabwasser usw.). Die effektive Güllemenge kann daher erst bestimmt werden, wenn neben dem Anfall an unverdünnter Gülle auch die anfallende Wassermenge bekannt ist. Entsprechende Richtwerte sind in Tabelle 43 enthalten. Empfohlen und auf vielen Betrieben üblich ist eine Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser) von mindestens 1:2 für Vollgülle und Schweinegülle und 1:3 für kotarme Gülle. Zur Verhinderung grösserer Stickstoffverluste (Ammoniakverflüchtigung, vergleiche Tab. 52) beim Ausbringen ist besonders während des Sommers eine stärkere Verdünnung anzustreben.

**Tabelle 42. Richtwerte für den jährlichen Anfall von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems**

Tierart / Nutzungsrichtung	
1	Milchkuh mit 6000 kg Jahresleistung <sup>5</sup>
1	Mutterkuh
1	Aufzuchtrind 1. Jahr
1	Aufzuchtrind 2. Jahr
1	Aufzuchtrind 3. Jahr
1	Mastkälberplatz
1	Mutterkuhkalb
1	Rindviehmastplatz (125-500 kg)
1	Rindviehweidmastplatz
1	Pferd (Frischmist)
1	Stute mit Fohlen (Frischmist)
1	Fohlen 0,5-2,5 Jahre (Frischmist)
1	Ziegenplatz
1	Schafplatz
1	Milchschaafplatz
1	Mastschweineplatz <sup>8</sup>
1	Zuchtschweineplatz
1	Abferkelsauenplatz <sup>8</sup>
1	Galtsauenplatz
1	Ferkelplatz
100	Legehennenplätze
100	Junghennenplätze
100	Mastpouletplätze
100	Masttrutenplätze

**Tabelle 43. Richtwerte zur Ermittlung der in die Güllegrube geleiteten Abwassermengen**

Art des Abwassers	
Stallreinigung und Tierpflege (Rindvieh) <sup>1</sup> Betreiben einer Schwemmentmistung <sup>2</sup>	
Wasser für Stallreinigung und Tierpflege <sup>3</sup>	
Wasser zur Reinigung von Legehennenställen <sup>3</sup> Wasser zur Reinigung von Mastgeflügelställen <sup>3</sup>	
Gülle des Mistplatzes, Ablauf befestigter und nicht überdachter Laufplätze <sup>4</sup>	
Milchkannenrieselkühler <sup>4</sup>	
Reinigung von:	Milchammer Kühltank Eimermelkanlage Rohrmelkanlage Melkstand
Haushaltabwasser Normale Verhältnisse mit Waschmaschine, Dusche/Bad und WC Einfache sanitäre Einrichtungen Sonderfälle mit dauernd deutlich geringerem Abwasseranfall <sup>5</sup>	

<sup>1</sup> Der Wasserverbrauch pro Grossvieheinheit (GVE) kann stark variieren. Genauere Angaben für den Einzelbetrieb lassen sich mit Wasseruhren bestimmen. Die angegebene Wasserversorgung reicht im Allgemeinen für das Betreiben einer Treibentmistung mit Staunase.

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

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

<sup>4</sup> Diese Menge muss nur berücksichtigt werden, wenn das Wasser in die Güllegrube fliesst.

<sup>5</sup> Dieser Wert gilt nur für sehr alte Gebäude mit fehlenden sanitären Einrichtungen und für Gebiete mit grossem Wassermangel.

Hofdüngeranfall und Stroheinsatz pro Jahr bei Stallhaltung <sup>1</sup> in Abhängigkeit des Aufstallungssystems <sup>2</sup>					
nur Gülle <sup>3</sup>  m <sup>3</sup>	Gülle/Mist <sup>3,4</sup>			nur Mist <sup>4</sup>	
	Stroheinsatz dt/Jahr	Gülle kotarm m <sup>3</sup>	Mist t	Stroheinsatz dt/Jahr	Mist t
22	6,5	11	8,5	30	20
15,5	5	8	6	25	14
5,5	1,5	2,7	2	8	5
8	2,5	4	3	12	7
11	3,5	5,5	4	16	10
	3,5		1,4	3,5	2,2
7,5		je nach Stall <sup>6</sup>		3,5	3
8		je nach Stall <sup>6</sup>		15	6,8
				15	7
				29	12 <sup>7</sup>
				36	14 <sup>7</sup>
				15	10 <sup>7</sup>
				3,7	1,6
				3,7	1,7
				3,7	2,3
1,6		je nach Stall <sup>6</sup>		2,6	1,2
6		je nach Stall <sup>6</sup>		8	3,4
7,2		je nach Stall <sup>6</sup>		10	4
3,6		je nach Stall <sup>6</sup>		6	2
0,8		je nach Stall <sup>6</sup>		1	0,5
Band		Kotgrube / Bodenhaltung			
4		1,8			
1,7		0,7			
		0,8			
		3,0			

Einheit	m <sup>3</sup> /Monat		m <sup>3</sup> /Jahr
	Sommer	Winter	
GVE	1	0,2	7
GVE	0,5	0,5	6
MSP	Pro Umtrieb 0,15		0,5
100 LHP			0,5
100 LHP			2,0
m <sup>2</sup>	0,05	0,1	1
1000 l gekühlte Milch	4	–	4
total	1	1	12
total			12
total	4	4	48
total	6	6	70
total	4	4	50
Einwohner	4,5	4	50
Einwohner	3	3	36
Einwohner	1,7	1,7	20

<sup>1</sup> Bei zeitweiser Stallabwesenheit (Weidegang, Alping) sind die anfallenden Hofdüngermengen entsprechend geringer. Die Mengen beziehen sich auf eine mittlere Leistungsstufe. Bei höherer Produktionsintensität ist die anfallende Hofdüngermenge entsprechend höher.

<sup>2</sup> Ob Gülle, Mist oder Gülle und Mist produziert werden, ist abhängig vom Aufstallungssystem. 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 (Tab. 62) kann ein mittleres Raumgewicht von 700-800 kg/m<sup>3</sup> angenommen werden. Mit Mistkran oder Frontlader geladener Mist wiegt auf dem Wagen rund 550-650 kg/m<sup>3</sup>, von Hand geladener 700-800 kg/m<sup>3</sup>. Alle diese Werte gelten nicht für Mist, welcher zum grössten Teil Futterresten oder andere organische Abfälle enthält und nicht für abgeschornten Kot ohne Einstreue (Alpställe). Für betriebsspezifische Angaben empfiehlt es sich, das Gewicht eines normal geladenen Mistzeters einmal durch mehrere Wägungen zu bestimmen.

<sup>3</sup> Die Güllemengen beziehen sich alle auf unverdünnte Gülle. Die durch die Zufuhr von Abwasser entstehende zusätzliche Menge muss anhand von Tabelle 43 bestimmt werden. Die Gülleart ist neben der Tierart hauptsächlich vom darin enthaltenen Kotanteil abhängig. Eine Vollgülle enthält den gesamten Kot- und Harnanteil; kotarme Gülle enthält einen Teil des Kotes und praktisch allen Harn. Empfohlen wird eine Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser) von mindestens 1:2 für Vollgülle und von 1:3 für kotarme Gülle. Durch eine stärkere Verdünnung können vor allem im Sommer die Stickstoffverluste durch NH<sub>3</sub>-Verflüchtigung bedeutend reduziert werden.

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> Bezieht sich auf eine mittlere Jahresmilchleistung von 6'000 kg. Je 1000 kg geringere Leistung ist mit 10 % geringeren, je 1000 kg Mehrleistung mit 5 % höheren Werten zu rechnen. Diese Korrektur berücksichtigt auch die Unterschiede im Lebendgewicht.

<sup>6</sup> 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 40 % der angegebenen Vollgüllemenge und 60 % der angegebenen Laufstallmistmenge zu rechnen.

<sup>7</sup> Die angegebenen Werte beziehen sich auf frischen Pferdemist (weniger als 1 Monat gelagert). Bei längerer Lagerung bzw. Verrottung (mehr als 3 Monate) kann mit der Hälfte des angegebenen Wertes gerechnet werden.

<sup>8</sup> Übliche Wassermengen, welche durch undichte Tränkenippel in die Gülle gelangen sind berücksichtigt. Bei sehr undichten Nippeln kann die Verdünnung und dadurch die Güllemenge aber grösser sein.

### 11.1.3. Nährstoffgehalte von Hofdüngern

Tabelle 44 enthält Richtwerte über den durchschnittlichen Nährstoffgehalt verschiedener Arten von Gülle und Mist. Der angegebene Nährstoffgehalt der Hofdünger wird durch die Fütterung beeinflusst. Die Richtwerte sind so festgelegt, dass Korrekturen nur bei besonderen Bedingungen (Tab. 41) nötig sind. Dies kann beispielsweise im Bio-Landbau der Fall sein, wenn die Kali-Gehalte im Raufutter generell von Standardwerten abweichen.

### 11.1.4. Aufbereitung der Hofdünger

Die verfügbaren Versuchsergebnisse zur Aufbereitung der Hofdünger (Belüftung der Gülle, Mistkompostierung, Güllezusätze, Biogas), sind auf den ersten Blick vielfach widersprüchlich. Bei näherer Betrachtung sind die Unterschiede oft mit den unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Versuchsanlagen erklärbar.

Die *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 Stickstoffverluste (NH<sub>3</sub>-Emissionen) unvermeidbar.

*Güllezusätze* sind in grosser Anzahl 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 einen Grossteil der Produkte gibt die AGFF-Information D3. Sie kann bei der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus (AGFF), Postfach 412, 8046 Zürich bezogen werden.

Die energetische Nutzung der Gülle in Biogasanlagen führt zu einer Reduktion des Gehaltes an organischer Substanz, während die meisten Nährstoffgehalte durch die anaeroben Prozesse kaum wesentlich beeinflusst werden. Einzig beim Stickstoff ergibt sich eine Gehaltsminderung der organischen Komponente mit entsprechender Erhöhung des Ammoniumanteils.

Die *Mistaufarbeitung* wird im schweizerischen Bio-Landbau häufig praktiziert. Je nach Lagerungsdauer und Häufigkeit des Umsetzens wird Rottemist oder Mistkompost hergestellt. Die Mengen- und Stickstoffverluste sind abhängig vom C:N-Verhältnis der Ausgangsmateria-

**Tabelle 44. Richtwerte für den Gehalt von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten bei Stallhaltung**

Die Aufbereitung der Hofdünger (Kap. 11.1.4) kann deren Gehalte wesentlich verändern.

Tierart / Hofdüngerart	Gehalt	
	TS	OS
<b>Milchvieh</b>		
Vollgülle <sup>1</sup>	90	70
Gülle kotarm <sup>1</sup>	75	40
Stapelmist <sup>2</sup>	190	150
Laufstallmist <sup>2</sup>	210	175
<b>Rindviehmast</b>		
Vollgülle <sup>1</sup>	90	65
Laufstallmist <sup>2</sup>	210	155
<b>Kälber</b>		
Kälbermist <sup>2</sup>	200	150
<b>Pferde</b>		
Pferdemist frisch <sup>2</sup>	350	300
Pferdemist <sup>2</sup>	350	240
<b>Schafe/Ziegen</b>		
Schaf-/Ziegenmist <sup>2</sup>	270	200
<b>Schweine</b>		
Schweinegülle Mast <sup>1,8</sup>	50	36
Schweinegülle Zucht <sup>1,9</sup>	50	33
Schweinemist <sup>2</sup>	270	40
<b>Geflügel</b>		
Hennenkot (Band) <sup>2</sup>	300	200
Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung) <sup>2</sup>	450	300
Pouletmist <sup>2,10</sup>	650	440
Trutenmist <sup>2</sup>	600	400

**Tabelle 45. Veränderungen der Mengen und Gehalte von Mist durch spezielle Aufbereitung**

Da die verschiedenen Ausgangsmaterialien unterschiedliche Gehalte (Tab. 44, inklusive Fussnoten) aufweisen, sind die Veränderungen relativ zu den Mengen und Gehalten der Ausgangsmaterialien angegeben und im Einzelfall zu berechnen.

Hergestellte Mistart	Veränderung der in den Ausgangsmaterialien enthaltenen Mengen (%) durch die Aufarbeitung		
	Menge frisch	TS	OS
Rottemist	-25	-20	
Mistkompost <sup>1</sup>	-25	-30	

<sup>1</sup> Veränderungen unter Berücksichtigung des zugesetzten Stroh

lien. Zur Minderung dieser Verluste werden bei der Mistkompostierung pro 1 m<sup>3</sup> Ausgangsmist 100-200 kg Stroh zugesetzt. Tabelle 45 enthält Angaben zu durchschnittlichen Mengen- und Gehaltsveränderungen bei der Mistaufarbeitung. In mehreren Untersuchungen während der letzten Jahrzehnte zeigte Mistkompost und Rottemist eine ähnliche oder leicht bessere pflanzenbauliche Wirkung als der Stapelmist.

Gehalte (kg pro m <sup>3</sup> Gülle bzw. kg pro t Mist)						
N <sub>tot</sub> <sup>3</sup>	N <sub>lös</sub> <sup>4</sup>	N <sub>verf</sub> <sup>5</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>6</sup>	K <sub>2</sub> O <sup>7</sup>	Mg <sup>6</sup>	Ca <sup>6</sup>
4,3	2,3	2,2-3,0	1,8	8,0	0,5	2,0
4,9	3,2	3,2-4,2	1,2	11,6	0,5	1,3
4,9	0,8	1,0-2,0	3,2	6,6	0,8	3,7
5,3	1,3	1,3-2,5	2,2	10,8	0,7	2,7
4,3	2,3	2,2-3,0	1,7	5,2	0,7	1,3
5,4	1,3	1,3-2,5	2,3	8,9	0,9	2,3
5,3	2,0	1,3-2,5	2,3	5,5	0,3	1,0
4,4	1,2	0,3-0,8	2,5	9,8	0,6	2,5
6,8	0,7	0,7-1,8	5,0	19,5	1,3	5,0
8,0	2,3	3,2-4,8	3,3	16,0	1,2	4,7
6,0	4,2	3,0-4,2	3,8	4,4	0,6	1,3
4,7	3,3	2,4-3,3	3,2	3,2	0,5	2,0
7,8	2,3	3,1-4,7	7,0	8,3	1,2	4,7
12	3,6	4,8-7,2	11,5	6,3	1,5	18,8
20	5	8-12	25,6	13,9	3,3	41,7
30	8	12-18	19	19	3,8	12,5
28	7,5	12-18	23	13	6,0	12

						Prozentuale Veränderung der Konzentration (kg/t Frischsubstanz) in den aufbereiteten Misten im Vergleich zu den Ausgangsmaterialien						
OS	N <sub>tot</sub>	N <sub>verf</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	TS	OS	N <sub>tot</sub>	N <sub>verf</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
-30	-20	-15	0	-15	-5	+5	-13	0	+6	+25	+6	+14
-50	-20	-15	0	-15	-5	-9	-29	+14	+21	+43	+21	+13

- <sup>1</sup> Die Güllegehalte beziehen sich alle auf unverdünnte Gülle. Die durch die Zufuhr von Abwasser entstehende Verdünnung muss anhand von Tabelle 43 bestimmt werden. Beispiel bei Verdünnung 1:1,5 (Teile Gülle : Teile Wasser): Gehalt unverdünnt : (1+1,5). Empfohlen wird eine Verdünnung von mindestens 1:2 für Vollgülle und von 1:3 für kotarme Gülle. Durch eine stärkere Verdünnung vor der Ausbringung können vor allem im Sommer die Stickstoffverluste durch NH<sub>3</sub>-Verflüchtigung bedeutend reduziert werden.
- <sup>2</sup> Wo nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf eine mittlere Verrottung (siehe Tab. 62).
- <sup>3</sup> Gesamtstickstoff. Im Vergleich zu den N-Ausscheidungen in Tabelle 40 wurden die kaum vermeidbaren Verluste im Stall und während der Hofdüngerlagerung (vor allem Ammoniakverflüchtigung) abgezogen. Sie betragen für raufutterverzehrende Tiere (ausser Pferde) 15 % im Anbindestall und 20 % im Laufstall, für frischen Pferdemist 10 % und für gelagerten Pferdemist 30 %, für Schweine 20 %, für Legehennen 30 % mit Kotbandenmischung und 50 % mit Kotgrube (Bodenhaltung), für Mastgeflügel 40 %.
- <sup>4</sup> Löslicher Stickstoff (vor allem Ammonium), der sofort pflanzenverfügbar aber auch verlustgefährdet (Ammoniakverflüchtigung, Auswaschung und Denitrifikation nach Nitrifikation) ist.
- <sup>5</sup> Pflanzenverfügbarer Stickstoff. Siehe Definitionen in Tabelle 62 und Fussnoten 1 bis 3 in Tabelle 46.
- <sup>6</sup> 5-10 % mehr, wenn die Mineralstoffbeifütterung (Rindvieh) höher ist als der Bedarf der Tiere bzw. wenn der Gehalt der Futtermittel (v.a. für Schweine, Geflügel) höher ist als von den Forschungsanstalten empfohlen.
- <sup>7</sup> Für raufutterverzehrende Tiere: Gilt für Betriebe mit einem K-Gehalt im Dürrfutter von 25-30 g/kg TS. Auf Betrieben mit einem mittleren Kaligehalt des Dürrfutters von 20-25 g K pro kg TS ist der Kaligehalt der Hofdünger von Tieren, welche vorwiegend Wiesenfutter verzehren, rund 15 % tiefer. Bei einem mittleren Gehalt unter 20 g K pro kg TS im Dürrfutter ist der Kaligehalt der Hofdünger 30 % geringer. Bei Mastschweinen ist bei hohem Rationenteil von Schotte, Rüben oder Kartoffeln der Gehalt bis 30 % höher.
- <sup>8</sup> Der Phosphatgehalt basiert auf einem Gehalt von 6 g P pro kg Futter (13,5 MJ VES). Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Mindergehalt von rund 25 %. Der Stickstoffgehalt basiert auf einem Rohproteingehalt von 170 g pro kg Futter (13,5 MJ VES). Abweichungen um 10 g RP/kg führen zu einem Mehr- bzw. Mindergehalt von rund 8 %.
- <sup>9</sup> Übliche Wassermengen, welche durch undichte Tränkenippel in die Gülle gelangen sind berücksichtigt. Bei sehr undichten Nippeln kann die Verdünnung aber grösser und der Gehalt entsprechend geringer sein. Der Phosphatgehalt basiert auf einem Gehalt von 6,5 g P pro kg Futter (88 % TS, gewichtetes Mittel aller Futtermittel). Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Mindergehalt von rund 20 %.
- <sup>10</sup> Gilt unabhängig von Mastdauer und Tiertyp für die gebräuchlichsten Systeme (Produktionsstand 2001).

### 11.1.5. Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Hofdüngern

Überall wo Hofdünger gelagert oder ausgebracht werden, geht Stickstoff, hauptsächlich in Form von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), verloren. Die unvermeidbaren Verluste im Stall und während der Lagerung betragen bei Rindvieh üblicherweise im Anbindestall rund 15 % und im Laufstall etwa 20 % des ausgeschiedenen Stickstoffs, bei Schweinen rund 20 % und bei Geflügel 30-50 % (vgl. Fussnote 3 in Tab. 44). Auch nach dem Ausbringen von Gülle und Mist verflüchtigt sich Stickstoff in Form von Ammoniak. Zudem ist ein Teil des Stickstoffs in Gülle und Mist organisch gebunden und für die Pflanzen nicht verfügbar. Dieser Stickstoff wird Bestandteil der organischen Substanz des Bodens und wird erst durch Jahre dauernde Abbauprozesse mineralisiert und für die Pflanzen teilweise verfügbar. Der Zeitpunkt und die Menge der Mineralisierung ist äusserst schwierig abzuschätzen und kaum von andern Quellen (Humus, Ernterückstände, Wurzeln usw.) zu unterscheiden. Der «verfügbare Stickstoff» in den Hofdüngern entspricht der zu erwartenden Stickstoffmenge, welche bei sorgfältiger Hofdüngerwirtschaft von den Pflanzen im Verlauf von etwa 3 Jahren aufnehmbar ist. Sie setzt sich zusammen aus dem löslichen N-Anteil, welcher nach dem verlustarmen Ausbringen den Pflanzen rasch zur Verfügung steht und dem mittelfristig (2-3 Jahre) aus der organischen Substanz mineralisierbaren Anteil. Aus Tabelle 46 ist die durchschnittliche Wirkung verschiedener Hofdünger im Anwendungsjahr sowie die mittelfristige Wirkung ersichtlich. Die Angaben stellen Relativwerte im Vergleich zum optimalen Einsatz äquivalenter N-Mengen in Form von Mineraldüngern (meist Ammonsalpeter) dar. Verschiedene Werte in Tabelle 46 erfuhren aufgrund neuerer Versuchsergebnissen kleinere Änderungen.

Für Parzellen, welche regelmässig Hofdünger erhalten, können die Angaben über den verfügbaren Stickstoff aus Tabelle 44 direkt übernommen werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkungen früherer 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 Stickstoffs in der Gülle kann der Gehalt an Ammoniumstickstoff verwendet werden. Er lässt sich mit Schnellmethoden

**Tabelle 46. Anteil des mittelfristig und im Anwendungsjahr verfügbaren Stickstoffs in verschiedenen Hof- und Abfalldüngern**

Hofdüngerart
Vollgülle, Rindvieh Gülle kotarm
Stapelmist Laufstallmist Pferdemist Schaf- und Ziegenmist
Schweinegülle Schweinemist
Hennenkot (Kotband) Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung) Geflügelmist (Mast), Poulet, Truten
Klärschlamm (flüssig) Klärschlamm (entwässert) Klärschlamm (entwässert und gekalkt) Klärschlamm (getrocknet und granuliert)
Kompost <sup>5</sup>
Ricocalk

auf dem Betrieb mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Bei Mist kann der Ammoniumstickstoff nicht mit dem verfügbaren Stickstoff gleichgesetzt werden.

Die Differenz zwischen dem Gesamtstickstoff ( $\text{N}_{\text{tot}}$ ) und dem verfügbaren Stickstoff in den Hofdüngern wird im Boden in Form organischer Substanz (Humus) gespeichert und über längere Zeiträume mindestens teilweise nach der unkontrollierten Mineralisierung und Nitrifikation denitrifiziert (dies gilt auch für die Abfalldünger) und gelangt in Form von molekularem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und zu einem geringen Teil als klimarelevantes Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) wieder zurück in die Atmosphäre, der Urquelle allen Stickstoffs in der Pedosphäre der Erde. Eine gezielte Reduktion der Denitrifikation stellt eine Unterbrechung des Stickstoffkreislaufes dar, führt langfristig zu einem unverantwortbaren Anstieg der Stickstoffmengen in den Kompartimenten Boden und Wasser und ist mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit nicht zu vereinbaren.

Mittelfristige N-Verfügbarkeit in % des Gesamt-N-Gehaltes <sup>1</sup>	N-Verfügbarkeit im 1. Jahr nach der Anwendung in % des Gesamt-N-Gehaltes <sup>2</sup>	
	Futterbau	Ackerbau
50-70 65-85	55 70	45 60
20-40 <sup>3</sup> 25-50 <sup>3</sup> 10-25 <sup>3</sup> 40-60 <sup>3</sup>	20 25 15 40	15 20 10 30
50-70 40-60 <sup>3</sup>	60 4	50 35
40-60 <sup>3</sup> 40-60 <sup>3</sup> 40-60 <sup>3</sup>	4 4 4	40 35 35
40-60 <sup>3</sup> 30-50 <sup>3</sup> 25-40 <sup>3</sup> 25-30 <sup>3</sup>	40 <sup>4</sup> 25 <sup>4</sup> 20 <sup>4</sup> 15 <sup>4</sup>	40 25 20 15
5-10 <sup>3</sup>	5 <sup>4</sup>	5
70-80	70	60

<sup>1</sup> 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 (siehe auch Definition  $N_{\text{verf}}$  in Tab. 62). Auf Parzellen, welche regelmässig Hof- oder Abfalldünger erhalten, kann diese Verfügbarkeit in Düngungsrechnungen verwendet werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkung früherer Hofdüngergaben berücksichtigt wird. Bei einmaligen Mistgaben kann die Stickstoffwirkung auf 2-3 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. Werden die Hof- und Abfalldünger nicht zu einem optimalen Zeitpunkt ausgebracht (nach Ende der Vegetationsperiode im Herbst, bei ungünstigen Witterungs- oder Bodenverhältnissen usw.) kann die Stickstoffwirkung deutlich geringer sein. Der nicht zur Wirkung gelangende verfügbare Stickstoff geht dabei zu einem guten Teil durch Auswaschung, Abschwemmung oder Verflüchtigung verloren. Diese Verluste belasten die Umwelt und sind daher so gering wie möglich zu halten.

<sup>2</sup> Bei optimalem, verlustarmem Einsatz der Dünger. Der Rest wird später mineralisiert. Die Mineralisierung ist stark von Boden- und Witterungsbedingungen abhängig. Die Verfügbarkeit kann je nach Zeitpunkt der Mineralisierung eine unterschiedliche agronomische und/oder ökologische Wirkung (Ertrag und Qualität der Pflanzen, Verluste) haben (siehe auch Definition  $N_{\text{verf}}$  in Tab. 62).

<sup>3</sup> Auf Böden mit einem Tongehalt von über 30 % kann höchstens mit dem unteren Wert des Streubereichs gerechnet werden; oft ist die Verfügbarkeit unter diesen Bodenbedingungen noch wesentlich tiefer. Die Verfügbarkeit im 1. Jahr nach der Anwendung ist ebenfalls entsprechend geringer.

<sup>4</sup> Im Naturfutterbau nicht empfohlen.

<sup>5</sup> Unabhängig von Ort und Technik der Kompostierung und Reifegrad des Kompostes.

## 11.2. Einsatz der Hofdünger

### 11.2.1. Anwendungszeitpunkt von Gülle und Mist

Gülle und Mist fallen laufend an. Deren Ausbringung ist jedoch zeitlich stark eingeschränkt durch die Kulturart, den Bedarf und das Entwicklungsstadium der Pflanzen sowie durch Standorts- und Witterungsbedingungen (Befahrbarkeit des Bodens, Risiko von Nährstoffverlusten). Erste Voraussetzung für den zeitlich richtigen Einsatz der Hofdünger ist daher eine genügend grosse Lagerkapazität (Tab. 47), damit Hofdünger nicht zu ungeeigneten Zeitpunkten beziehungsweise ausserhalb der Vegetationsperiode ausgebracht werden müssen. Abbildung 7 zeigt, während welchen Perioden bei verschiedenen Kulturen in der Regel ein Hofdüngereinsatz sinnvoll und möglich ist.

### 11.2.2. Bemessung der Hofdüngergaben

Die Bemessung der einzelnen Hofdüngergabe richtet sich in erster Linie nach dem Stickstoff- und Phosphatbedarf der Kulturen und dem Gehalt an verfügbarem Stickstoff und Phosphat der Hofdünger. In der Regel sind einzelne Güllegaben im Futterbau von 20-30 m<sup>3</sup>/ha und im Ackerbau von 30-50 m<sup>3</sup>/ha sinnvoll. Dabei ist darauf zu achten, dass der Ammoniumgehalt der Gülle 1,2 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> nicht übersteigt. Für eine ausreichend genaue Bestimmung des Ammoniumgehaltes in der Gülle leisten Schnellmessgeräte (z.B. Güllemax) gute Dienste. Bei grösseren Mengen und/oder höheren NH<sub>4</sub>-N-Gehalten sowie bei suboptimaler Ausbringungstechnik (Tab. 54) kann das Risiko von Nährstoffverlusten beträchtlich zunehmen. Bezüglich der maximalen Einzelgaben sind die Einschränkungen in der Tabelle 50 und Tabelle 51 zu beachten. Die ausgebrachten Kali-, Magnesium- und eventuell auch Phosphatmengen sind nachzurechnen und bei der nächsten Grunddüngung zu berücksichtigen. Grundsätzlich wird für Phosphat, Kali und Magnesium eine volle Wirkung im Anwendungsjahr angenommen. Bei Gülle sollte allerdings bei keinem Nährstoff die ausgebrachte Menge den nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung korrigierten Pflanzenbedarf wesentlich übersteigen.

**Tabelle 47. Normen für die Lagerungsdauer von Gülle zum Berechnen der Güllegrubengrösse**

Stufen der Vegetationsdauer (gemäss Klimaeignungskarte)

A (mehr als 210 Tage)  
B (190 - 210 Tage)  
C (180 - 190 Tage)  
D (170 - 180 Tage)

E (150 - 170 Tage)  
F (weniger als 150 Tage)

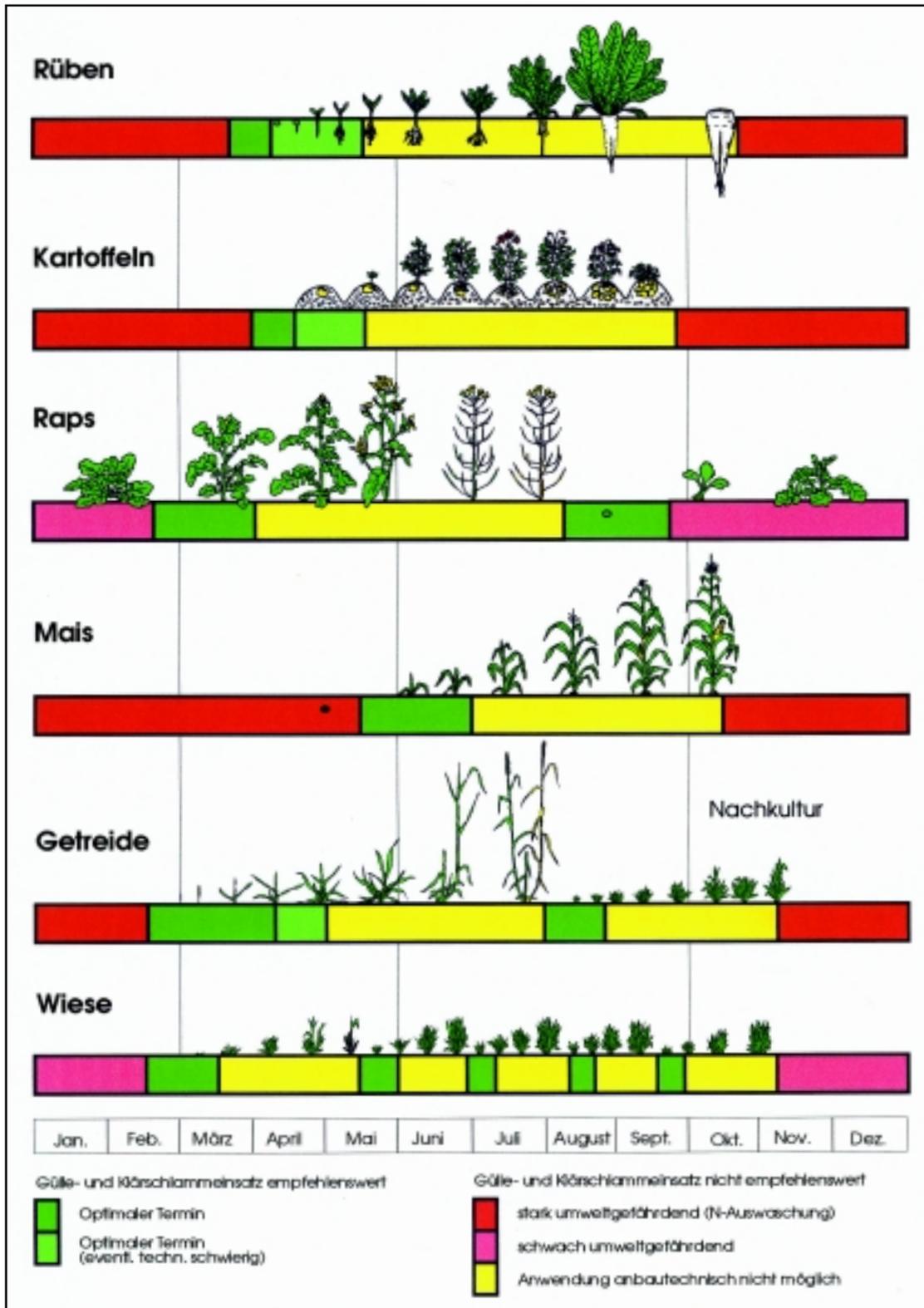
**Abbildung 7. Schematische Darstellung der pflanzenbaulichen und ökologischen Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülle- und Klärschlammanwendung auf saugfähigem Boden. Die zeitlichen Angaben sind den Standortbedingungen anzupassen.**

Häufigstes Vorkommen im Viehwirtschaftskataster Lagerungsdauer in Monaten<sup>1</sup>

Talzone	3 - 5
Talzone	3,5 - 5
Voralpine Hügelizeone	4 - 5
Bergzone I	4,5 - 5,5

Bergzone II bis IV	5 - 6
Bergzone II bis IV	6 - 7

<sup>1</sup> Bei den Angaben handelt es sich um die minimale Lagerdauer für Gülle auf Betrieben mit einem Anteil begülbbarer Wiesen von mindestens 25 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Für Betriebe mit einseitigen Fruchtfolgen (Mais, Getreide) ist die minimale Lagerungsdauer länger, als dies von der Vegetationsdauer her nötig wäre, höchstens aber 9 Monate.



## 12. Klärschlamm und Kompost

Klärschlamm und Kompost kommen als Dünger nur auf jenen Betrieben in Frage, die den Nährstoffbedarf der Kulturen durch den Nährstoffanfall in den betriebseigenen Hofdüngern nicht decken können. Die Dosierung und der Zeitpunkt der Ausbringung richten sich in erster Linie nach dem Gehalt an Phosphat und verfügbarem Stickstoff sowie dem entsprechenden Bedarf der Kulturen. Dank der routinemässigen Klärschlamm- und Kompostkontrolle besteht Gewähr, dass nur qualitativ gute Abfalldünger in der Landwirtschaft verwertet werden. Dies wird durch die Angaben auf dem obligatorischen Lieferschein bestätigt. Der Lieferschein enthält auch Angaben über den Nährstoffgehalt des gelieferten Produktes. Für Düngungsberechnungen sind anstelle der Richtwerte in Tabelle 48 die Angaben des Lieferscheines beziehungsweise die mittleren Gehalte der betreffenden Kläranlage zu verwenden.

## 13. Eigenschaften und Besonderheiten des biologischen Landbaus

Grundsätzlich gelten alle Kapitel dieses Dokumentes auch für den biologischen Landbau. Einige Besonderheiten, welche im Umgang mit Düngern für den biologischen Landbau besondere Bedeutung haben, sind nachstehend aufgeführt.

Der Biolandbau versucht, durch vermehrten Leguminosenanbau in der Fruchtfolge, durch Gründüngungen und den gezielten Einsatz von Hofdünger oder Kompost die umsatzaktiven N-Kompartimente des Bodens zu fördern. Diese N-Formen sollen stärker mobilisiert werden durch güllen und hacken zu Zeiten mit erhöhtem N-Bedarf der Pflanze. Die oberflächliche Einarbeitung der Hofdünger und Ernterückstände führt im Vergleich zum Unterpflügen zu einer Förderung der N-Mineralisierung und dadurch zu einer höheren N-Ausnutzung durch die Pflanzen. Erhöhte biologische Aktivität der Böden hilft, organisch gebundene Nährstoffe effizient umzusetzen, kann aber auch zu einem höheren N-Auswaschungspotenzial führen.

Die dem Biobetrieb zur Verfügung stehenden Stickstoffmengen sind oft knapp. Weitere Hinweise zum Einsatz der Dünger unter diesen Bedingungen finden sich in Kapitel 7.3.

### Tabelle 48. Mittlerer Gehalt an Trockensubstanz, organischer Substanz und Nährstoffen von Klärschlamm und Kompost

Da die Nährstoffgehalte von Werk zu Werk erheblich schwanken können, sollten wo immer möglich die Angaben des Lieferscheines verwendet werden.

#### Abfalldünger

Flüssige Klärschlämme<sup>3</sup>  
 Entwässerte Klärschlämme<sup>5</sup>  
 Entwässerte und gekalkte Klärschlämme<sup>5</sup>  
 Getrocknete und granulいたe Klärschlämme  
 Kompost<sup>6</sup>

*Leguminosen fördern standortabhängig den N-Umsatz.*

- Die Leguminosen im Klee gras und im Zwischenfutter sind die wichtigsten Stickstoffquellen der Biobetriebe. Ein grösserer Teil des Eiweissstickstoffs des Futters wird durch die Tiere im Harn ausgeschieden und steht in Form von Ammonium in der Gülle als rasch wirksamer Stickstoff zur Verfügung.
- Ernterückstände, Leguminoseneinsaat, Komposte und die organische Substanz des Bodens sind für die Pflanzen die bedeutendsten langsam fliessenden N-Quellen. Um unerwünscht hohe N-Verluste zu vermeiden und die Bodenaktivität zu fördern, sind die organischen Materialien regelmässig in kleineren Mengen zu verabreichen. Nur junges Grünmaterial fördert die N-Mineralisierung. Gemulchte Gräser ab Stadium Ende Rispen schieben können zu temporärer N-Festlegung führen.
- Einer sorgfältigen Planung des Klee gras-Umbruchs kommt für eine effiziente Nutzung des Stickstoffs aus den Wurzelrückständen grösste Bedeutung zu. Umbruch von Klee gras im Herbst ist möglichst zu vermeiden. Im Frühjahr erhöht vor dem Umbruch gemulchtes, junges Klee gras die rasche N-Mineralisierung.

*Mit Hofdüngern kann Stickstoff zeit- und kulturgerecht eingesetzt werden.*

- Hofdünger sind im Biolandbau vielfach knapp - der Viehbesatz ist oft geringer als auf andern Betrieben.
- Ein ausreichender **Güllelagerraum** (für 5 bis 6 Monate auch im Talgebiet) hat erste Priorität, um die Gülle möglichst zu den pflanzenbaulich und ökologisch günstigsten Zeitpunkten einsetzen zu können.
- Die **Aufbereitung der Hofdünger** hat heute zweite Priorität. Vorteile bringen **Rottemist** und **Mistkompost** vor allem durch einen vielseitigeren Einsatz im Futter- und Ackerbau. Die höheren N-Verluste bei der Mistkompostierung (Tabelle 45) gegenüber der Stapelmistaufbereitung können durch eine teilweise erhöhte N-Wirksamkeit im Feld kompensiert werden. Mistkompost bietet beim Einsatz im Ackerbau im Vergleich zum Stapelmist unter anderem folgende Vorteile: Erleichterte mechanische Unkrautbekämpfung und Unterdrückung verschiedener bodenbürtiger Krankheitserreger. Heute belüften nur noch wenig Biobetriebe ihre Gülle. Als Vorteile der Belüftung sind weniger Geruch und weniger Verbrennungen an den Pflanzen zu nennen. Nachteile der Hofdüngeraufbereitung sind der grössere Arbeitsaufwand und/oder die hohen Kosten.

Gehalte (kg pro t Frischsubstanz)

TS	OS	N <sub>tot</sub>	N <sub>lös</sub> <sup>1</sup>	N <sub>verf</sub> <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
57	26	2,5	1,0	1,0-1,5	3,5 <sup>4</sup>	0,2	0,3	3,3
260	120	9,7	2,1	2,9-4,8	16	0,5	1,0	15
400	100	8,4	1,0	2,1-3,3	16	0,6	1,4	88
930	420	33	1,4	8-10	58	1,9	4,7	54
500	210	7	0,1	0,4-0,7	4	5,7	3,1	28

<sup>1</sup> Löslicher Stickstoff (vor allem Ammonium), der sofort pflanzenverfügbar aber auch verlustgefährdet ist (Ammoniakverflüchtigung, Auswaschung und Denitrifikation nach Nitrifikation).

<sup>2</sup> Pflanzenverfügbarer Stickstoff. Siehe Definitionen in Tabelle 62 und Fussnoten 1 bis 3 in Tabelle 46

<sup>3</sup> Raumgewicht ca. 1000 kg/m<sup>3</sup>

<sup>4</sup> Diese Werte gelten für Kläranlagen mit P-Fällung. Ohne P-Fällung beträgt der mittlere Gehalt 2,7 kg/t Frischsubstanz

<sup>5</sup> Raumgewicht ca. 900 kg/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> Kompost aus biogenen Abfällen (organische Haushalt- und Gartenabfälle). Mittelwerte aus verschiedenen Aufbereitungen (Frischkompost, Reifekompost, Feldrandkompost usw.). Raumgewicht 500-800 kg/m<sup>3</sup>

- Mist wird im Ackerbau zur Verbesserung der Bodenstruktur und für die Erhaltung des Humusgehalts in Mengen von 10-20 t/ha und Jahr ausgebracht. Im Futterbau ist die N-Wirkung besser als im Ackerbau.
- Die Gülle ist in erster Linie zu Zeitpunkten mit reduziertem N-Mineralisierungspotenzial des Bodens (Frühjahr) und/oder zu Kulturen mit einem erhöhten N-Bedarf in bestimmten Wachstumsperioden zu verabreichen. Einzelne Güllegaben (Verdünnung 1:2 bis 1:3) sind auf 30-40 m<sup>3</sup>/ha zu beschränken.

*Einsatz von Handelsdüngern*

- Bei Nährstoffhaushaltsrechnungen auf Biobetrieben treten oft negative Salden auf. Bezüglich Stickstoff sind betriebsspezifische Vergleiche des Anfalls mit dem Bedarf schwierig, da die N-Fixierung (N-Input) unter den Verhältnissen des Biolandbaus infolge höheren Leguminosenanteils in der Fruchtfolge und im Klee gras häufig nur indirekt über den Anfall in den Hofdüngern berücksichtigt wird.
- Zur langfristigen Sicherung der P-, K- und Mg-Ernährung der Pflanzen ist der Boden bezüglich dieser Elemente alle 4 Jahre zu überwachen. Bei Bedarf können schwerlösliche, biokonforme Handelsdünger eingesetzt werden (siehe FiBL-Hilfsstoffliste).

- Der Zukauf von kleineren Mengen, teuren, organischen N-Handelsdüngern lohnt sich meist nur im Gemüsebau mit einer hohen Wertschöpfung.
- Auf leicht lösliche P- und K-Dünger sowie auf chemisch-synthetisch hergestellte N-Dünger wird im Biolandbau verzichtet.

## 14. Düngung und Umwelt

### 14.1. Die Düngung als Teil des Nährstoffkreislaufs

Durch die Düngung werden dem Boden Nährstoffe zugeführt, die ihm durch die pflanzliche Produktion entzogen wurden. Auf vielen Betrieben wird mit den Hofdüngern und Ernterückständen ein Grossteil der Nährstoffe zurückgeführt. Betriebsfremde Dünger (Abfall- und Mineraldünger) haben lediglich die Aufgabe, mögliche Unterschiede zwischen dem Nährstoffbedarf der Kulturen und dem betriebsinternen Nährstoffanfall auszugleichen. Um umweltbelastende Nährstoffverluste zu verhindern und die Ertragsfähigkeit des Bodens nachhaltig zu sichern, ist unter Beachtung des Nährstoffkreislaufs (Abb. 1) die Zu- und Wegfuhr an Nährstoffen annähernd auszugleichen. Aus diesem Grund muss besonders der Tierbestand eines Betriebes - und damit der Nährstoffanfall in den Hofdüngern - auf den Nährstoffbedarf der Kulturen und den Nährstoffgehalt des Bodens bei einer dem Standort angepassten Bewirtschaftungsintensität abgestimmt sein. Im Talbetrieb kann daher eine grössere Nährstoffmenge umgesetzt werden als im Bergbetrieb.

### 14.2. Potenzielle Umweltgefährdung der Dünger und deren Eignung für eine gezielte, umweltschonende und wirtschaftliche Düngung im Überblick

Aufgrund ihrer Eigenschaften haben die einzelnen Dünger ein unterschiedliches Umweltgefährdungspotenzial. Der Aufwand für umweltschonende Lagerung und Ausbringung der verschiedenen Dünger ist ebenfalls unterschiedlich. Tabelle 49 gibt einen diesbezüglichen Überblick. Sie zeigt ein erhöhtes Umweltbelastungspotenzial der Hof- und Abfalldünger. Da bei jeder Produktion von tierischen Lebensmitteln Hofdünger anfallen, ist es naheliegend sie auf dem Hof umweltschonend pflanzenbaulich zu verwerten. Dabei sind möglichst alle Massnahmen für eine umweltschonende Hofdüngewirtschaft (optimierte Gehalte in den Futtermitteln, Lagerung, Ausbringzeitpunkt und -technik) zu nutzen. Es sind jedoch nicht nur die Hofdünger als solche, welche ein erhöhtes Umweltbelastungspotenzial aufweisen, es ist ebenso eine Frage der Menge der eingesetzten

**Tabelle 49. Umweltgefährdungspotenzial beim Einsatz verschiedener Dünger sowie Aufwand zur Reduktion der Belastung von Boden, Wasser und Luft**

Für diese Tabelle wurde die Güllegrube, der Miststock beziehungsweise der Betrieb als Systemgrenze gewählt. Das Umweltgefährdungspotenzial der Hofdünger im Stall, der Abfalldünger bei der Herstellung und Transport sowie der Mineraldünger bei der Gewinnung und beim Transport blieben unberücksichtigt. Die Angaben basieren auf der Annahme, dass alle Dünger mengenmässig und zeitlich optimal eingesetzt werden. 0 = keine Belastung, 1 = relativ gering, 2 = mittel, 3 = relativ hoch

Düngertyp	Belastungspotenzial für	
	Grundwasser <sup>1</sup>	Oberflächengewässer <sup>2</sup>
Gülle	3	3
Mist	3	2
Klärschlamm (flüssig)	3	3
Kompost	2	2
Min. N-Dünger <sup>5</sup>	2	1
Min. P-Dünger <sup>5</sup>	1	1
Min. K-Dünger <sup>5</sup>	2	1
Min. Mg-Dünger <sup>5</sup>	1	1
Min. S-Dünger <sup>5</sup>	2	1

**Tabelle 50. Massnahmen zur Verhinderung der Auswaschung und Versickerung**

Kriterien	Verhältnisse
Witterungsverhältnisse	Starke oder andauernde Niederschläge
Porenzustand des Bodens	a) Porenverteilung und Porenform: - rasch durchlässig, grobporig, klüftig, künstliche Sickerhilfen - gehemmt durchlässig, feinporig, stauend - normal durchlässig, mittelporig b) Porenfüllung: - Boden nicht saugfähig, wassergesättigt - Boden saugfähig, mögliche Flüssigkeitsaufnahme 3-5 mm - Boden gut saugfähig, mögliche Flüssigkeitsaufnahme grösser 5 mm
Mächtigkeit des Bodenfilters	a) Ungenügende bis geringe pflanzennutzbare Gründigkeit (kleiner als 30 cm) b) Genügende pflanzennutzbare Gründigkeit (30-50 cm) c) Gute bis sehr gute pflanzennutzbare Gründigkeit (grösser 50 cm)
Rückhaltevermögen des Bodenfilters	a) Böden mit geringem Rückhaltevermögen: Humusgehalt kleiner 2 % Tongehalt kleiner 10 % b) Böden mit reduziertem Rückhaltevermögen: Humusgehalt kleiner 5 % Tongehalt grösser 30 % c) Böden mit gutem Rückhaltevermögen: Humusgehalt 2 bis 10 % Tongehalt 10 bis 30 %
Bepflanzung	a) Nährstoffbedarf vorhanden oder kurz bevorstehend b) Nährstoffbedarf nicht vorhanden: - Ackerland - Wiesland

Hofdünger. Die Umweltbelastungen nehmen mit steigendem Hofdüngereinsatz pro Fläche überproportional zu. In diesem Sinne ist der Tierbestand eines Betriebes unbedingt der betriebseigenen Futterproduktion anzupassen. Aus ökologischen Gründen sollte pro Hektare Ackerfläche maximal der anfallende Hofdünger von etwa 1 GVE (oder eine entsprechende Anzahl anderer Nutztiere mit einem ähnlichen N- und/oder P-Anfall einer GVE) ausgebracht werden. Auf intensiv und mittelintensiv genutzten Futterbauflächen liegt der entsprechende Wert bei etwa 2 GVE (mit einer Abstufung gemäss dem standörtlichen Produktionspotenzial).

		Technische und ökonomische Kriterien		
Luft <sup>3</sup>	Boden <sup>4</sup>	Aufwand für Lagerung und Handhabung	Aufwand für exakte Ausbringung	Aufwand und Einschränkungen für umweltschonende Ausbringung <sup>6</sup>
3	3	3	3	3
2	2	2	2	3
3	3	1	2	3
2	2	1	2	2
2	1	1	2	2
0	2	1	2	1
0	1	1	2	1
0	1	1	2	1
0	1	1	2	1

<sup>1</sup> Belastung mit Nitrat, Chlor, Sulfat usw., Hygiene

<sup>2</sup> Belastung mit Phosphor und Stickstoff, Hygiene

<sup>3</sup> Ammoniak, Lachgas

<sup>4</sup> Schadstoffe, physikalische Bodenbelastung

<sup>5</sup> Umweltbelastungen durch Herstellung und Transport zum Hof unberücksichtigt

<sup>6</sup> Investitionen (Gebäude, Maschinen), Arbeitszeit

Risiko der Auswaschung und Versickerung; Belastbarkeit mit flüssigen Düngern	Massnahmen bezüglich dem Ausbringen von flüssigen Düngern, maximale Einzelgabe
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
hoch; wenig bis nicht belastbar	bis 25 m <sup>3</sup> /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m <sup>3</sup> /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m <sup>3</sup> /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>
hoch; wenig belastbar	bis 25 m <sup>3</sup> /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m <sup>3</sup> /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>
hoch; wenig belastbar	bis 25 m <sup>3</sup> /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m <sup>3</sup> /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>
gering; normal belastbar	Ausbringen angemessener Mengen
sehr hoch; nicht belastbar Ausbringen unterlassen	hoch; wenig belastbar bis 25 m <sup>3</sup> /ha

<sup>1</sup> Diese Mengen sind im Futterbau als Einzelgabe zu hoch und unbedingt zu vermeiden

### 14.3. Massnahmen zur Verhinderung von Nährstoffverlusten

Nährstoffverluste sind ökonomische Verluste für den landwirtschaftlichen Betrieb und eine ernst zu nehmende Belastung der Umwelt. Von Bedeutung sind hauptsächlich Verluste durch Auswaschung, Versickerung, Abschwemmung und Verflüchtigung. Diese umweltbelastenden Verluste können auch auf unbewirtschafteten Flächen auftreten. Stickstoff-«Verluste» treten ebenfalls durch unkontrollierbare Denitrifikation (Nitratatmung der Bodenmikroorganismen) auf. Dabei wird Nitrat in gasförmige Stickstoffverbindungen umgewandelt. Durch eine unsachgemässe Düngung wird das Verlustrisiko erhöht. Eine gezielte Reduktion der Denitrifikation führt langfristig zu unverantwortbaren Stickstoffmengen in den Kompartimenten Boden und Wasser und ist mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit nicht zu vereinbaren. Eine wichtige Voraussetzung um Verlustgefahren zu verringern, ist eine genügend grosse Hofdünger-Lagerkapazität (Tab. 47), damit Gülle und Mist zum richtigen Zeitpunkt ausgebracht werden können.

#### 14.3.1. Auswaschung und Versickerung

Bei der Auswaschung werden lösliche Nährstoffe (Nitrat-, Magnesium, Kalzium, Schwefel usw.) mit dem Wasser, das durch den Boden sickert, bis ins Grundwasser transportiert. Flüssige Dünger können unter bestimmten Bodenbedingungen versickern und den Wurzelraum der Pflanzen verlassen. Beide Arten der Nährstoffverlagerung in tiefere, undurchwurzelte Bodenschichten beeinträchtigen die Qualität des Trinkwassers. Durch geeignete Massnahmen können die Gefahren der Auswaschung und der Versickerung stark vermindert werden (Tab. 50).

#### 14.3.2. Abschwemmung und Oberflächenabfluss

Auf der Bodenoberfläche liegende Dünger können durch Niederschläge oberflächlich abgeschwemmt werden. Die darin enthaltenen Nährstoffe belasten die Oberflächengewässer (Eutrophierung, Fischsterben usw.). Flüssige Dünger können bei unsachgemässen Einsatz sowie bei ungünstigen Boden- und/oder Witterungsbedingungen auch direkt oberflächlich abfliessen. Tabelle 51 zeigt, wie die Düngungsmassnahmen zu gestalten sind, damit diesen Gefahren wirksam vorgebeugt werden kann.

**Tabelle 51. Massnahmen zur Verhinderung der Abschwemmung und des Oberflächenabflusses**

Kriterien	Verhältnisse
Witterungsverhältnisse	Dauer- oder Gewitterregen bevorstehend
Porenzustand des Bodens	<p>a) Unbewachsener Boden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche)</li> <li>- gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche)</li> </ul> <p>b) Bewachsener Boden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche)</li> <li>- gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche)</li> </ul> <p>c) Schneedecke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trockene unterkühlte</li> </ul> <p>Schneedecke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- schmelzende Schneedecke</li> </ul>
Topographische Verhältnisse	<p>Hang bis 18 % Neigung: bewachsen oder unbewachsen</p> <p>Hang mit 19 bis 35 % Neigung: bewachsen oder unbewachsen</p> <p>Hang mit 36 bis 50 % Neigung: bewachsen oder unbewachsen</p> <p>Hang über 50 % Neigung</p>

Risiko der Abschwemmung und des Oberflächenabflusses; Belastbarkeit mit flüssigen Düngen	Massnahmen bezüglich dem Ausbringen von flüssigen Düngern, maximale Einzelgabe
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
sehr hoch; nicht belastbar  mittel bis gering; reduziert bis normal belastbar  sehr hoch; nicht belastbar  gering; normal belastbar  sehr hoch;  nicht belastbar sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen  bis 40-60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>  Ausbringen unterlassen  bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>  Ausbringen unterlassen  Ausbringen unterlassen
mittel: reduziert belastbar hoch; wenig belastbar sehr hoch; nicht belastbar	bis 60 m <sup>3</sup> /ha <sup>1</sup>  bis 40 m <sup>3</sup> /ha  bis 25 m <sup>3</sup> /ha  Ausbringen unterlassen

<sup>1</sup> Diese Mengen sind im Futterbau als Einzelgabe zu hoch und unbedingt zu vermeiden

### 14.3.3. Ammoniakverflüchtigung

Aus Ammonium (NH<sub>4</sub>) entstehendes Ammoniak (NH<sub>3</sub>) entweicht als Gas in die Luft und wird später zum grössten Teil wieder auf der Erde abgelagert. Empfindliche Ökosysteme können durch diesen Stickstoffeintrag aus der Luft geschädigt werden (Überdüngung, Versauerung). Zusätzlich werden verschiedene unerwünschte Prozesse in der Atmosphäre beeinflusst. Eine Verringerung der Ammoniakverluste kommt auch dem Betrieb direkt zugute, indem mehr Stickstoff für die Pflanzen verfügbar ist. Eine Reduktion der Ammoniakverluste im Stall und während der Hofdüngerlagerung wird erreicht, indem die verschmutzte Fläche gering gehalten wird und Güllelagerbehälter gedeckt werden. Die grössten Ammoniakverluste treten aber nach dem Ausbringen der Hofdünger auf. Einfache Massnahmen zur Verringerung dieser Verluste sind in Tabelle 52 zusammengefasst. Unter geeigneten Voraussetzungen können die Verluste auch durch den Einsatz besonderer Ausbringetechniken (Schleppschauch, Schleppschuh, Gülledrill, gleichzeitiges Einhacken) reduziert werden.

### 14.4. Folgen einer Überdüngung

Wird während längerer Zeit von einem Stoff mehr zu- als mit dem Pflanzenertrag weggeführt, so reichert sich der Stoff im Boden an oder gelangt durch Verluste in Gewässer und/oder in die Atmosphäre. Eine starke Anreicherung kann verschiedene negative Auswirkungen haben wie ein gestörtes Nährstoffgleichgewicht im Boden, unerwünscht hohe Gehalte in den Pflanzen (z.B. Nitrat, Kali) und dadurch Gefährdung der Gesundheit von Mensch und Tier, eine veränderte Artenzusammensetzung von Wiesen (Verunkrautung, Artenverarmung) oder steigende Gefahren von Verlusten.

### 14.5. Schadstoffe und Krankheitserreger

Auch *Schadstoffe* können durch die Düngung in den Boden gelangen und sich dort anreichern. Besonders beachtet werden sollten Schwermetalle. Diese werden nicht nur über Abfalldünger zugeführt, sondern auch durch Hof- (Kupfer und Zink in Schweinegülle) und Mineraldünger (beispielsweise Cadmium in Phosphatdüngern). Die Zulassungsvorschriften für Dünger in der Dünger- und Düngerbuchverordnung sowie die Schad-

**Tabelle 52. Die Ammoniakverflüchtigung beeinflussende Faktoren sowie Massnahmen zu deren Verminderung**

Kriterium	Verhältnisse
Witterung	hohe Lufttemperatur, trockene Luft, windig kühl, feucht, windstill Niederschlag während dem Ausbringen
Verdünnungsgrad Gülle	unverdünnt mässig verdünnt (bis 1:1) <sup>1</sup> stark verdünnt (über 1:2) <sup>1</sup>
Bodenzustand	wassergesättigte, ausgetrocknete, verdichtete, verschlammte, verkrustete Bodenoberfläche feuchter, aufnahmefähiger Boden
Bodenbedeckung im Ackerbau	Strohhäckseldecke, Mulchschicht, Pflanzenreste (Direktsaat)  dichter, hoher Pflanzenbestand  Boden ohne Bedeckung
Ausbringetechnik	breitflächige Ausbringung  streifenförmige bodennahe Ausbringung  direkte Einbringung in Boden <sup>2</sup>

stoffgrenzwerte in der Stoffverordnung (Anhang 4.5) haben unter anderem das Ziel, die Belastung des Bodens und der Ernteprodukte durch Schadstoffe aus Düngern zu minimieren. Noch wenig bekannt sind die Auswirkungen der Anreicherung organischer Schadstoffe und hormonähnlicher Stoffe im Boden. Diese werden teilweise auch über Abfalldünger zugeführt.

Auch *Krankheitserreger* können durch Hof- und Abfalldünger auf den Boden gelangen und dort teilweise während mehreren Monaten überleben. Die Güllelagerung, die Klärschlammpasteurisierung und die Hitzephase bei der Kompostierung helfen mit, Krankheitserreger auf ein meist unschädliches Mass zu reduzieren.

Risiko	Massnahmen zur Vermeidung hoher Ammoniakverluste	
	Gülle und Klärschlamm flüssig	Mist
hoch mittel gering	Ausbringung an Tagen mit kühlfeuchter Witterung durchführen; am späten Nachmittag oder abends ausbringen;  kurz vor oder während leichtem Regen ausbringen (Vorsicht Abschwemmung);	Ausbringung an Tagen mit kühlfeuchter Witterung durchführen;  kurz vor oder während leichtem Regen ausbringen (Vorsicht Abschwemmung)
hoch mittel gering	Rindvieh-Vollgülle: mindestens 1:1, besser 1:2 verdünnen <sup>1</sup> kotarme Gülle, Schweinegülle: mindestens 1:2, besser 1:3 verdünnen <sup>1</sup>	
hoch  gering bis mittel	Gülle nur auf aufnahmefähigen Boden ausbringen	
hoch  mittel bis hoch mittel	Stoppelbearbeitung mit gleichzeitiger Injektion (Güllegrubber) oder Boden vor der Gülleanwendung mit Schälgrubber bearbeiten;  Gülledüngung im Mais: vorgängig zwischen den Reihen hacken;  Gülle ausreichend verdünnen	
hoch mittel gering	Breitverteiler (Prallteller-, Prallkopf-, Schwenkverteiler usw.) Schleppschauch-, Schleppschuhverteiler  Schlitzdrill, Tiefinjektion, Güllegrubber	Sofortige Einarbeitung (innerhalb der ersten Stunden nach dem Ausbringen) mit Pflug oder Grubber

<sup>1</sup> Teile Gülle zu Teile Wasser

<sup>2</sup> Keine spezielle Verdünnung erforderlich

## 14.6. Zusammenfassende Empfehlungen für eine umweltschonende Düngung

Eine gezielte und umweltschonende Düngung gewährleistet eine nachhaltige Ertragsfähigkeit des Bodens, verhindert unnötige Nährstoffverluste und somit Düngerkosten und leistet einen Beitrag zur Erhaltung unbelasteter Grund- und Oberflächengewässer. Allerdings ist es oft schwierig, alle Bedingungen für eine umweltschonende Düngung gleichzeitig zu erfüllen. Es ist Aufgabe jedes Landwirts und jeder Landwirtin, mit ihren Erfahrungen und der Hilfe der Beratung sowie der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel die Düngung so zu organisieren, dass sie dem Bedarf der Pflanzen gerecht wird, die Bedingungen des Standortes und der Witterung berücksichtigt und zum richtigen Zeitpunkt erfolgt. Dabei ist zu beachten, dass bestimmte Massnahmen, die Verlustpotenziale reduzieren (z.B. Abschwemmung), andere Verluste (z.B.  $\text{NH}_3$ -Verflüchtigung) fördern können.

Die wichtigsten Massnahmen, um die Umwelt weitgehend zu schonen, sind die folgenden:

- Ein dem Standort angepasster Tierbesatz.
- Düngungsmassnahmen sorgfältig planen (Düngungsplanung) unter Berücksichtigung von Fruchtfolge und zuverlässigen Bodenuntersuchungsergebnissen.
- Die Nährstoffe in den betriebseigenen Hofdüngern gezielt einsetzen. Betriebsfremde Dünger (betriebsfremde Hofdünger, Klärschlamm, Kompost, Mineraldünger) nur zur Deckung eines durch die Hofdünger nicht abgedeckten Bedarfs einsetzen.
- Düngergaben ausserhalb der Wachstumsperiode der Pflanzen unterlassen (genügend Lagerraum für Gülle und Mist).
- Dünger nur ausbringen, wenn der Boden saugfähig ist (nicht auf wassergesättigte, stark verdichtete, verschlammte, schneebedeckte oder gefrorene Böden). Spezielle Vorsicht ist bei drainierten Böden geboten.
- Zeitpunkt, Menge und Form der einzelnen Düngergabe möglichst genau auf die Entwicklung der Pflanzen und den Gehalt des Bodens abstimmen sowie den Standort- und Witterungsverhältnissen anpassen.
- Gülle, Mist und Klärschlamm bei kühler Witterung und geringen Windge-

schwindigkeiten ausbringen (beim Ausbringen und möglichst während der folgenden 24 Stunden: Temperatur unter  $15\text{ }^\circ\text{C}$  und relative Luftfeuchtigkeit über 70 %). Im Ackerbau ist vor der Ausbringung wo immer möglich zu hacken oder die Dünger sind raschmöglichst einzuarbeiten.

- Unbewachsene Flächen vermeiden (Zwischenfutter, Gründüngung, Mulchsaat usw.).

## 15. Düngung und Qualität

Die Qualität eines Ernteproduktes wird in der Regel in eine äussere Qualität (Form, Farbe, Grösse usw.) und eine innere Qualität (Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen wie Proteine, Zucker, Vitamine, Mineralstoffe) unterteilt. Im weitaus grössten Teil der Fälle nimmt die Qualität der Ernteprodukte mit steigendem Ertrag zu. Eine ertragsoptimierte Düngung hat demnach in der Regel auch eine Optimierung der Qualität zur Folge. Ein Nährstoffunter- oder -überangebot während einer kürzeren oder längeren Wachstumsperiode führt oft zu unerwünschten Minder- beziehungsweise Mehrgehalten der Ernteprodukte an wertgebenden Inhaltsstoffen. Bei der Düngung wird seit jeher nicht nur der Ertrag, sondern auch die Qualität der Ernteprodukte, durch die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes die Qualität des Landschaftsbildes oder durch die Verhinderung von Nährstoffverlusten die Qualität von Luft und Wasser berücksichtigt. In bestimmten Fällen werden durch die Düngung gezielt Inhaltsstoffe der Ernteprodukte verändert. Dabei wird oft der Begriff Qualitätsdüngung verwendet. So beispielsweise wird im Getreidebau durch eine Stickstoffgabe nach dem Ährenschieben der Eiweissgehalt der Körner wesentlich stärker beeinflusst als der Ertrag. Dabei steigt aber auch der Stickstoffgehalt des Strohs deutlich an und führt durch die Veränderung des C:N-Verhältnisses zu einer besseren Strohrotte bei der Strohdüngung beziehungsweise zu einer besseren Mistqualität.

## 16. Düngung in der Praxis

### 16.1. Düngungsplan

Die vielseitigen Anforderungen und Randbedingungen für eine zweckmässige, gezielte, pflanzengerechte und umweltschonende Düngung lassen sich am besten auf der Grundlage eines alljährlich

sorgfältig erstellten Düngungsplanes realisieren. Entsprechende Formulare und EDV-Programme sind bei den landwirtschaftlichen Beratungsdiensten erhältlich.

Zur Erstellung und Berechnung eines Düngungsplanes ist folgendes Vorgehen empfehlenswert:

1. Auflisten aller Grundstücke (Flurname und Fläche) sowie der bestehenden oder anzubauenden Kulturen.
2. Erfassung der Bodenuntersuchungsergebnisse und der entsprechenden Korrekturfaktoren der Normdüngung der einzelnen Parzellen sowie der Normdüngung der verschiedenen Kulturen.
3. Berechnung der korrigierten Normdüngung für alle Parzellen beziehungsweise Kulturen. Dabei ist die Normdüngung zuerst dem Ertragsniveau und anschliessend dem Nährstoffgehalt des Bodens anzupassen.
4. Nährstoffzufuhr durch Ernterückstände und eventuelle P-, K- und Mg-Gaben zu Gründüngungskulturen erfassen.
5. Mengenmässige und zeitliche Verteilung der anfallenden Hofdünger zu den einzelnen Kulturen in Abhängigkeit der Eigenschaften und Gehalte der Hofdünger sowie dem Bedarf der Kulturen.
6. Berechnung der Differenz zwischen der korrigierten Normdüngung (Punkt 3) und der Nährstoffzufuhr durch Ernterückstände und P-, K- und Mg-Gaben zu Gründüngungskulturen (Punkt 4) sowie durch Hofdünger (Punkt 5).
7. Wahl betriebsfremder Dünger (betriebsfremde Hofdünger, Klärschlamm, Kompost, Mineraldünger) zur Deckung der in Punkt 6 berechneten Differenz unter Berücksichtigung ökologischer, bodenkundlicher, pflanzenbaulicher, arbeitstechnischer und wirtschaftlicher und juristischer (Kapitel 18.4) Aspekte.
8. Mengenmässige Berechnung der notwendigen betriebsfremden Dünger.

Bei der Berechnung von Düngungsplänen mittels EDV-Programmen ist es stets vorteilhaft, sich vor dem Gebrauch oder der Anschaffung über die Basisdaten und die Art der Berechnungen des Programms zu informieren.

### 16.2. Wahl der Düngemittel

Bei der Wahl betriebsfremder Dünger sind in erster Linie ihre Eigenschaften, hinsichtlich der Ansprüche von Boden und

**Tabelle 53. Möglichkeiten zum Verzicht auf die Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung in Abhängigkeit des Gehaltes und der Gründigkeit des Bodens sowie der berechneten Düngermenge**

*Verzicht:* Verzicht auf die Ausbringung von Mineraldüngern, da der Bedarf der Folgekultur durch Ernterückstände, Bodenvorrat und/oder vorgesehene Hofdünger beziehungsweise Ernterückstände der Folgekultur gedeckt wird. In bestimmten Fällen kann auf die Ausbringung von Mineraldüngern verzichtet werden, wenn diese nur einen kleinen Teil der korrigierten Norm umfasst.

*Verzichtsgrenzen:* weniger als 100 kg P-, K- oder PK-Dünger pro Hektare weniger als 50 kg Mg-Dünger pro Hektare

*Nicht ausgebrachte Dünger:* Der Verzicht auf die Ausbringung kleinerer Mineraldüngermengen bedingt, dass die Nährstoffmengen im Düngungsplan des Folgejahres berücksichtigt werden.

P-, K- oder Mg-Versorgungsklasse (Bodenuntersuchung)	Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens <sup>1</sup>	Möglichkeit auf den Verzicht kleinerer P- und/oder K-Düngermengen	Möglichkeit auf den Verzicht kleinerer Mg-Düngermengen
arm	mässig tiefgründig tiefgründig	Nein Nein	Nein Nein
mässig	mässig tiefgründig tiefgründig	Nein Ja	Nein Ja
genügend	mässig tiefgründig tiefgründig	Ja Ja	Nein Ja
Vorrat	mässig tiefgründig tiefgründig	Ja Ja	Ja Ja

<sup>1</sup> mässig tiefgründig: weniger als 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit  
<sup>2</sup> tiefgründig: über 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit

Pflanze zu berücksichtigen. Wirtschaftliche Aspekte sind in der Regel von untergeordneter Bedeutung und sind nur bei Produkten mit ähnlichen Eigenschaften ausschlaggebend. Die wichtigsten Kriterien für die Düngerwahl sind die spezifischen Eigenschaften und Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen, die Eigenschaften des Bodens hinsichtlich Speicherung der Nährstoffe in verfügbarer Form, die erwünschte Wirkungsgeschwindigkeit der Dünger sowie der Gehalt an erwünschten Nebenbestandteilen (Kalk, Schwefel, Spurenelemente) und unerwünschten Inhaltsstoffen (Schadstoffe). Angaben zu Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Düngemitteln sind in Tabelle 55 bis Tabelle 58 enthalten.

### 16.3. Möglichkeiten zum Verzicht auf die Phosphat-, Kali- und Magnesium-Düngung

Bei der Berechnung des Düngungsplanes können sich für einzelne Parzellen nur geringe Düngermengen ergeben, welche aus technischen Gründen schwierig auszubringen sind. Tabelle 53 enthält Angaben zum Vorgehen unter diesen Umständen.

### 16.4. Fruchtfolgedüngung

Die Fruchtfolgedüngung erlaubt eine Vereinfachung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung bei eindeutig fest-

gelegten Fruchtfolgen. Dazu wird die Summe der korrigierten Normdüngung unter Berücksichtigung von Ernterückständen und eventuellen Hofdüngern der gesamten Fruchtfolge gebildet und jährlich der Durchschnittsbedarf ausgebracht. Das Verfahren erfordert einen mehrjährigen Düngungsplan und ist nur auf Parzellen mit ausreichender Nährstoffversorgung (Versorgungsklasse C oder D) empfehlenswert. Wenn die Fruchtfolge eine Kultur mit einem - im Vergleich zu den andern Kulturen in der Fruchtfolge - sehr hohen Nährstoffbedarf enthält oder wenn eine Kultur in der Fruchtfolge zu Nährstoff-Luxuskonsum neigt, ist von der Fruchtfolgedüngung abzusehen.

### 16.5. Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Methoden der Nährstoffbilanzierung

Die Nährstoffbilanzierung eines Betriebes kann Anhaltspunkte über den generellen Umgang mit Düngern geben. Eine Bilanz kann auf verschiedene Weise erstellt werden:

Die *Zufuhr/Wegfuhr-Bilanz (Hoftorbilanz)* vergleicht die dem Betrieb in Form von Produktionsmitteln zugeführten Nährstoffe mit den in Produkten vom Betrieb weggeführten Nährstoffen. Sie sagt nichts aus über das Ausmass und die Intensität des Nährstoffumsatzes inner-

halb des Betriebes und ist deshalb nicht direkt mit der Düngung vergleichbar. Zudem ist ihr Aussagewert bezüglich Stickstoff besonders problematisch (N-Fixierung, Verluste).

Für den ökologischen Leistungsnachweis im Rahmen der Direktzahlungsverordnung (Kapitel 18.4) haben die Beratungsdienste (LBL/SRVA) das Formular «Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt» für die Erstellung einer solchen Bilanz entwickelt. Durch den Verzicht auf die Berücksichtigung der Nährstoffgehalte des Bodens (N, P, K, Mg) wird die Aussagekraft dieser Bilanz deutlich reduziert. Es ist weiter zu beachten, dass gesamtbetriebliche Nährstoffbilanzen keine Aussagen über die Düngung einzelner Parzellen erlauben.

Die *Anfall/Bedarfs-Bilanz* vergleicht den Nährstoffanfall in den betriebseigenen und die Nährstoffzufuhr durch betriebsfremde Dünger mit dem Nährstoffbedarf der Kulturen unter Berücksichtigung der Nährstoffgehalte des Bodens. Diese Bilanz basiert grundsätzlich auf den gleichen Annahmen und Werten wie die Düngungsplanung (Kapitel 16.1) und kann daher mit dieser verglichen werden.

## 17. Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Abfalldüngern

Tabelle 54 gibt einen Überblick der wichtigsten Ausbring- und Verteilsysteme für die Anwendung von Mineral-, Hof- und Abfalldüngern. Eine hohe Dosier- und Verteilgenauigkeit steht für eine pflanzengerechte und umweltverträgliche Düngung im Vordergrund. Eine ausreichende Bodenschonung ist wichtig, damit die Düngung im pflanzenbaulich optimalen Zeitpunkt vorgenommen werden kann. Bei Gülle hat das Verteilsystem zudem erheblichen Einfluss auf die Höhe der N-Verluste durch Ammoniakverflüchtigung.

Für die *Mineraldüngerausbringung* geht der Trend vermehrt in Richtung Zweischeibenstreuer mit Arbeitsbreiten bis 36 Meter. Die Verbreitung der Pneumatikstreuer nimmt stark ab. Ein exaktes Streuen mit Schleuderstreuern bedingt das Einstellen mittels Streutabelle und die Durchführung einer Abdreprobe, da die physikalischen Eigenschaften der Dünger die Streugenauigkeit erheblich beeinflussen können. Die Applikation von Mineraldüngern in flüssiger Form mittels Pflanzenschutzspritze wird nur vereinzelt auf grösseren Ackerbaubetrieben praktiziert. Zur Anwendung gelangen reine N- sowie N-P-Dünger.

Für die *Gülleausbringung* steht heute ein breites Angebot an Verteilgeräten zur Verfügung, mit denen die Gülle exakt und verlustarm ausgebracht werden kann. Schleppschlauchverteiler unterscheiden sich gegenüber Breitverteilern durch eine hohe Verteilgenauigkeit, geringe Ammoniakverluste und weniger Güllerrückstände an den Pflanzen. Die gezielte Güllenanwendung in Ackerkulturen stellt im Vergleich zur Ausbringung im Futterbau deutlich höhere Anforderungen (grosse Arbeitsbreite, hohe Verteilgenauigkeit, geringe N-Verluste). Diese kann der Beregnungsautomat in Kombination mit einem Schleppschlauchverteiler am besten erfüllen. Allerdings sind die Kosten dieses Verfahrens vergleichsweise hoch.

Bei der *Mistausbringung* gilt es vor allem, die gewünschte Menge möglichst genau über das ganze Feld ausbringen zu können. Auf Wiesen und Weiden wird neben einer guten Feinverteilung gefordert, tiefe Gaben unter 15 t pro ha ausbringen zu können, damit die Verrottung nicht behindert wird. Auf dem Futterbaubetrieb sind deshalb Mistzetter mit stehenden Walzen und mit hydraulischem

**Tabelle 54. Eignung und Bewertung verschiedener Ausbringtechniken für Mineral-, Hof- und Abfalldünger**

Düngerart / Ausbringtechnik	Verteilsystem/ Streuwerk
<i>Mineraldünger</i>	
Schleuderstreuer Auslegerstreuer Feldspritzen	1-/2-Scheibenstreuer Pendelrohrstreuer Pneumatikstreuer 3-Loch-Düsen
<i>Gülle und Klärschlamm flüssig</i>	
Fass  Verschlauchung  Beregnungsmaschine (Rollomat)	Prallteller Pendelverteiler Schleppschlauchverteiler Injektor (Eindrillgerät) Prallteller Schwenkdüsenverteiler Schleppschlauchverteiler Starkregner  Düsenbalkenverteiler Schleppschlauchverteiler
<i>Mist</i>	
Mistzetter	Liegende Walzen Stehende Walzen Seitenstreuer Tellerstreuer
<i>Abfalldünger fest</i>	
Mistzetter Kompoststreuer Grossflächenstreuer Düngerstreuer	Stehende Walzen Seitenstreuer 2-/4-Tellerstreuwerk 2-Scheibenstreuwerk 2-Scheibenstreuer

Kratzbodenantrieb mit tiefen Vorschubwerten angezeigt. Im Berggebiet sind nach wie vor die Seitenstreuer stark verbreitet.

Für die Ausbringung von *Abfalldüngern* in fester Form kommen vermehrt spezielle Kompost- und Grossflächenstreuer mit Tellerstreuwerk, hohem Fassungsvermögen und entsprechend stabiler Bauweise (Streuwanne, Chassis, Achse) zum Einsatz. Für die gelegentliche Abfalldüngeranwendung kommen auch Mistzetter mit stehenden Walzen oder Seitenstreuer in Frage.

*Flüssige Abfalldünger* werden heute grösstenteils durch Transporteure mit geeigneten leistungsfähigen und bodenschonenden Systemen direkt auf die Felder verteilt.

Geeignet für Ausbringung von				Bewertung hinsichtlich <sup>1</sup>					
				Dosier-/ Verteilge- nauigkeit	Ammoniak- verluste	Boden- schonung	Hang- tauglichkeit	Maschinen- kosten	
	granuliert/ gekörnt	mehlig	flüssig						
	x	x		2	1 <sup>2</sup>	1	1	1	
	x	x		2	1 <sup>2</sup>	1	1	1	
	x			1	1 <sup>2</sup>	1	2	3	
			x	1	1	1	2	2	
	Gülle	Klärschlamm							
	x	x		3-4	3 <sup>3</sup>	3	3	1	
	x	x		2	3 <sup>3</sup>	3	3	1	
	x	x		1	2	3	4	3	
	x	x		1	1	4	4	4	
	x	x		3-4	3 <sup>3</sup>	1	1	2	
	x	x		2	3 <sup>3</sup>	1	1	2	
	x	x		1	2	1	3	3	
	x	x		4	4 <sup>3</sup>	1	3	3	
	x	x		2	3 <sup>3</sup>	1	3	4	
	x	x		1	2	1	3	4	
	Stallmist								
	x			4	3	4	3	2	
	x			3	3	3	3	2	
	x			3	3	2	2	3	
	x			2	3	2	3	3	
	Kompost/ Häckselgut	Klärschlamm- Dickstoff	Trocken- Klärschlamm	Ricokalk					
	(x)	(x)			3	5	3 <sup>4</sup>	3	2
	x	x	(x)	x	3	5	2 <sup>4</sup>	2	3
	x	x	(x)		2	5	2 <sup>4</sup>	3	3
			x	x	1	5	2 <sup>4</sup>	3	4
			x		1	5	1	2	2

<sup>1</sup> 1 = sehr günstig; 2 = günstig; 3 = mässig günstig, mangelhaft; 4 = sehr ungünstig, ungenügend.

<sup>2</sup> N-Dünger: Ammoniumdünger leicht höheres Verlustrisiko als übrige N-Formen.

<sup>3</sup> Höhe der N-Verluste stark abhängig von Witterungsbedingungen kurz nach dem Ausbringen.

<sup>4</sup> Abhängig von gewählter Bereifung und Grösse des Streuers.

<sup>5</sup> Düngerart (Form und Zusammensetzung) wichtiger als Ausbringtechnik.

## 18. Anhang

### 18.1. Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Dünger

Tabelle 55. Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
<b>Stickstoff</b>	Nitrat (Salpeter)	schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr erhöht	Zeitpunkt und Menge exakt dem kurzfristigen Bedarf anpassen
	Ammonium	Wirkung verzögert und anhaltend Verflüchtigungsgefahr erhöht	In neutralen und alkalischen Böden oberflächlich einarbeiten
	Ammonsalpeter	teils schnelle, teils verzögerte Wirkung	Bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten
	Harnstoff	Wirkung verzögert und anhaltend Verflüchtigungsgefahr erhöht	In neutralen und alkalischen Böden oberflächlich einarbeiten Im Futterbau nicht während Schönwetterperioden ausbringen
	Organisch	langsame bis sehr langsame und unsichere Wirkung unkontrollierte Mineralisierung durch Mikroorganismen Gefahr der Mineralisierung zu Unzeiten mit nachfolgender Nitratauswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben Regelmässige reduzierte Gaben Bracheperioden während Vegetationszeit vermeiden (unkontrollierte Mineralisierung führt zu erhöhter Nitratauswaschung)
<b>Phosphat</b>	Wasserlöslich (z.B. Superphosphat)	rasche Wirkung in allen Böden schwach bodenversauernd	Regelmässiger Einsatz in neutralen und alkalischen Böden Gelegentlicher Einsatz in sauren Böden
	Ammoncitratlöslich (z.B. Renania-Phosphat)	teils rasche, teils langsame Wirkung	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,6; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 7,5
	Zitronensäurelöslich (z.B. Thomasmehl, Thomaskalk, Knochenmehl, Klärschlamm) Rohphosphat (z.B. Hyperphosphat)	langsame Wirkung leichte Kalkwirkung wirkt pH-erhaltend in schwach sauren Böden sehr langsam wirkend	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,2; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 7,5  Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 5,9; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 6,5
<b>Kali</b>	Kaliumchlorid (z.B. Kalisalze)	wasserlöslich, schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr in sehr sandigen Böden enthält 40-50 % Chlor	Einzelgabe auf 300 kg K <sub>2</sub> O/ha beschränken In sehr sandigen Böden im Frühjahr ausbringen Reduzierte Gaben zu chloempfindlichen Kulturen
	Kaliumsulfat (z.B. Kalisulfat, Kalimagnesia, Patentkali)		Einsatz zu chloempfindlichen Kulturen Einsatz zu Kulturen mit erhöhtem Schwefelbedarf Einsatz zu säureliebenden Kulturen
	Kaliumnitrat	wasserlöslich, schnelle Wirkung	Geeignet für Blattdüngung Spezialdünger für Sonderfälle (Gemüse, Tabak)
<b>Magnesium</b>	Magnesiumsulfat (z.B. Kieserit, Bittersalz)	wasserlöslich, schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr in leichteren Böden	Einsatz bei akutem Magnesiumbedarf (Blattdüngung mit Bittersalz, Bodendüngung mit Magnesiumsulfat) 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 und anhaltende Wirkung	Einsatz zur Erhaltungsdüngung in allen Bodenarten
<b>Schwefel</b>	Sulfat	wasserlöslich, schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr erhöht	Zeitpunkt und Menge dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen (Einsatz wie mineralische N-Dünger)
	organisch	langsame und unsichere Wirkung unkontrollierte Mineralisierung durch Mikroorganismen Gefahr der Mineralisierung zu Unzeiten mit nachfolgender Auswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben Regelmässige kleinere Gaben

**Tabelle 56. Eigenschaften verschiedener Kalkdünger.**

Handelsname	Kalkanteil		Wesentliche Gehalte an Nebenbestandteilen	Wirkung
	Chemische Formel	Bezugsbasis für Kalkwirkung in % CaO		
Düngkalk, Kalksteinmehl, kohlenaurer Kalk	CaCO <sub>3</sub>	50		langsam
Meeralgenkalk	CaCO <sub>3</sub>	50	2-3 % Mg	langsam
Dolomitkalk	CaCO <sub>3</sub> / MgCO <sub>3</sub>	50	12 % Mg	langsam
Löschkalk, Ätzkalk	Ca(OH) <sub>2</sub>	55		schnell
Branntkalk	CaO	75		schnell
Ricokalk	CaCO <sub>3</sub>	32	30 % Wasser 1,1 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,7 % Mg 0,3 % N	mittel

**Tabelle 57. Schwefelgehalte einiger Mineraldünger**

Dünger	Schwefelgehalt (% S)
Ammonsulfat	24
Magnesiumsulfat (Kieserit), Bodendüngung	20
Kalimagnesia (Patentkali)	18
Kalisulfat	18
Superphosphat	12
Triplesuper	1,5
Mehrnährstoffdünger	Angaben auf Verpackung
Magnesiumsulfat (Bittersalz), Blattdüngung: 10-20 kg in 1000 l Wasser	13

**Tabelle 58. Einfluss verschiedener Dünger auf die Bodenreaktion (pH-Wert)**

pH-senkend, versauernde Wirkung	pH-erhaltend oder -erhöhend, alkalische Wirkung
Sulfatdünger	Kalkstickstoff
Ammoniumdünger	Thomasmehl, Thomaskalk
Harnstoff	Hyperphosphat
Superphosphat, Triplesuperphosphat	Schweinegülle
Rindergülle	Klärschlamm
	Kalkdünger (vgl. Tab. 55)

## 18.2. Nährstoffgehalte pflanzlicher und tierischer Produkte

**Tabelle 59. Nährstoffgehalte von pflanzlichen Produkten**

Wo keine Unterscheidung zwischen Winter- und Sommerform aufgeführt ist, gelten die Werte für beide Formen.

Kultur	Produkt	Trocken- substanz- gehalt (%)	Nährstoffgehalt (kg/t)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
<b>Getreide und Mais</b>							
Winterweizen	Körner	85	15-25	7,5-10	3,5-5,5	0,8-1,2	0,3-0,5
	Stroh	85	3-7	1,0-3,0	7-15	0,6-1,0	2,0-4,0
Sommerweizen	Körner	85	18-26	7,0-9,8	3-5	1,0-1,4	0,2-0,4
	Stroh	85	3-7	1,2-2,2	8-14	0,3-0,6	1,7-3,7
Wintergerste	Körner	85	13-17	8-10	4,5-7,5	0,8-1,2	0,4-0,6
	Stroh	85	3-6	1,8-2,8	12-24	0,2-0,6	2,0-5,0
Sommergerste	Körner	85	10-16	7-9	5-7	0,9-1,3	0,4-0,8
	Stroh	85	3-7	1,8-2,6	16-24	0,2-0,6	2,2-4,2
Hafer	Körner	85	13-19	7-9	4-6	0,9-1,3	0,6-1,0
	Stroh	85	3-7	2,3-3,1	18-24	0,6-1,2	2,2-4,2
Roggen, Korn	Körner	85	14-18	7-9	4-6	0,9-1,3	0,4-0,6
	Stroh	85	3-7	2-3	10-14	0,8-1,2	2,5-3,5
Triticale	Körner	85	15-20	7-11	5-7	0,8-1,2	0,3-0,7
	Stroh	85	5-10	1,5-3,5	10-15	0,6-0,9	1,75-2,75
Emmer, Einkorn	Körner	85	17-27	6-10	4-6	0,8-2	0,2-0,5
	Stroh	85	3-5	2-4	7-11	0,4-0,8	1,4-2,2
Körnermais	Körner	85	11-15	4-8	4,0-5,6	0,6-1,4	0,1-0,3
	Stroh	85	4-8	2,4-4,4	14-30	0,7-1,9	2,0-6,0
Silomais	Ganzpflanze	100	10-15	4-7	10-21	0,9-1,5	1,8-2,8
Grünmais	Ganzpflanze	100	14-24	5,5-7,5	22-32	0,8-1,2	2,4-4,4
<b>Knollen- und Wurzelfrüchte</b>							
Kartoffeln für Speise- zwecke / techn. Verarbeitung	Knollen	22	2,2-3,8	1-2	4-6	0,16-0,24	0,1-0,3
	Kraut	14	0,9-1,9	0,3-0,7	4-9	0,2-0,5	2,0-4,4
Früh- und Saatkartoffeln	Knollen	18	1,7-2,9	1-2	4-6	0,16-0,24	0,1-0,3
	Kraut	8	2,5-4,1	0,5-0,9	4-10	0,3-0,8	1,5-4,0
Zuckerrüben	Rüben	22	1,7-2,5	0,6-1,0	2,0-3,2	0,22-0,42	0,4-0,6
	Kraut/Köpfe	15	2-4	0,6-1,1	5-7	0,4-1,0	1,3-2,7
Futterrüben	Rüben	100	9-13	4-6	15-21	1,1-1,5	1,5-3,0
	Kraut/Köpfe	15	2,5-4,5	0,6-1,0	6-8	0,5-1,3	1,3-2,7
<b>Öl- und Faserpflanzen</b>							
Raps	Körner	90	26-34	13-19	8-11	2,0-3,20	3,5-5,5
	Stroh	85	5-10	3-4	14-18	1,0-2,0	12-16
Sonnenblumen	Körner	85	28-35	9-13	7,2-9,6	2,3-3,7	4,5-5,3
	Stroh	60	8-10	2,5-2,8	55-68	6,5-8,5	8-11
Ölhanf	Körner	90	40-52	20-30	7-15	4,1-6,7	1,8-3,0
	Stroh	85	7-11	3-5	10-18	1-2	6-10

Kultur	Produkt	Trocken- substan- zgehalt (%)	Nährstoffgehalt (kg/t)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
Faserhanf	Ganzpflanze	85	7-13	5-8	14-20	1,5-2	5-10
Faserhanf	Stängel Körner und Blätter	85 85	2-4 90	2-4 23-32	7-11 12-18	0,3-0,7 20-35	6-12 3-7 2-3
Öllein	Körner	90	45-64	9-15	7-12	0,3-0,7	1,2-2,8
	Stroh	85	4-8	4-6	13-23	0,5-1,2	4-10
Faserlein (Flachs)	Stängel	85	8-12	6-8	15-25	1-3	5-11
	Körner	90	45-64	9-15	7-12	0,3-0,7	1,2-2,8
Chinaschilf	Ganzpflanze	100	1,8-2,4	0,8-1,1	4,5-6,7	0,2-0,3	1,0-1,8
Kenaf	Ganzpflanze	100	1,5-2,5	0,9-1,5	1,2-2,0	0,1-0,3	
<b>Körner- und Eiweissleguminosen</b>							
Eiweisserbsen	Körner	85	30-40	8-12	10-14	0,9-1,5	0,9-1,3
	Stroh	85	16-24	5-10	13-19	1,8-2,6	18-26
Ackerbohnen	Körner	85	30-50	11-17	10-18	2-3	0,9-1,1
	Stroh	85	20-40	3-4	15-25	2,8-3,8	8-14
Sojabohnen	Körner	85	45-75	10-18	15-23	2,5-3,0	1,5-3,5
	Stroh	85	25-45	10-15	20-40	5-8	8-12
Süsslupine	Körner	88	45-65	8-12	11-16	1,6-2,4	1,9-2,5
	Stroh	85	25-45	3-5	15-25	3-5	8-14
<b>Faserpflanzen</b>							
<b>Feldgemüse</b>							
Kabis, Einschnaide-	Köpfe	10	1,2-2,2	0,6-0,9	2,2-2,8	0,2-0,4	0,5-0,7
	Strunk und Blätter	15	1,0-1,8	0,4-0,6	2,0-2,8	0,2-0,5	0,6-0,8
Rosenkohl	Rosen	15	5,5-7,5	1,6-2,2	4,5-5,0	0,6-1,0	0,6-1,0
	Strunk und Blätter	15	7-11	3-5	12-16	1,0-1,6	1,1-1,8
Chicorée, Wurzelnbau	Wurzeln	30	1,9-2,5	0,9-1,5	4,0-5,2	0,5-0,9	0,5-0,9
	Kraut	10	1,6-2,0	0,3-0,4	3,0-4,2	0,5-0,8	2-3
Karotten, Lager-	Wurzeln	12	0,9-1,3	0,4-0,8	3,2-4,2	0,1-0,2	0,3-0,4
	Kraut	10	1,9-2,8	0,5-0,8	4,8-5,6	0,2-0,4	2-4
Erbsen, Verarbeitung	Körner	18	8-14	2-4	3-5	0,3-0,7	0,2-0,4
	Kraut	22	3-5	0,9-1,3	4-6	0,4-0,6	3-5
Bohnen, Verarbeitung	Bohnen	10	3,5-4,5	0,9-1,4	2,7-3,5	0,2-0,3	0,3-0,4
	Kraut	10	5,5-7,5	0,8-1,2	3,7-4,5	0,1-0,2	4,0-5,5
Zwiebeln	Zwiebeln	13	2,1-2,7	0,7-1,1	2,3-4,3	0,3-0,7	0,5-1,0
Spinat	Blätter	8	9-14	1,7-2,5	6,8-8,8	1,1-1,5	0,9-1,6
	Stängel	15	16-24	2-4	20-28	2-4	7
<b>Zwischenkulturen, Gründüngung</b>							
Zwischenkulturen		100	24-32	8-11	25-45	2-3	10-15
Gründüngung		100	20-36	8-12	24-48	1,5-2,5	10-15

Tabelle 59. Fortsetzung

Kultur	Produkt	Trocken- substanz- gehalt (%)	Nährstoffgehalt (kg/t)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
<b>Übrige Kulturen</b>							
Tabak Burley	Blätter	100	25-35	6,5-8,0	40-60	2,3-3,3	30-43
	Stängel	100	20-26	6,5-8,0	35-55	1,5-2,5	12-16
Tabak Virginie	Blätter	100	20-30	5-6	40-55	1,5-2,5	30-43
	Stängel	100	8-12	7,5-9,5	40-60	3,0-5,0	14-22
<b>Wiesen und Weiden</b>							
Wiese intensiv		100	22-27 <sup>1</sup>	7-9 <sup>2</sup>	24-40 <sup>3</sup>	2-3 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Wiesen mittel intensiv		100	16-23 <sup>1</sup>	6,5-8,5 <sup>2</sup>	19-35 <sup>3</sup>	1,8-2,8 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Wiesen wenig intensiv		100	12-20 <sup>1</sup>	6,5-8,0 <sup>2</sup>	15-30 <sup>3</sup>	1,6-2,6 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Wiese extensiv		100	10-15 <sup>1</sup>	5-7 <sup>2</sup>	15-25 <sup>3</sup>	1,5-2,5 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Weide intensiv		100	24-30 <sup>1</sup>	7,5-9,5 <sup>2</sup>	27-44 <sup>3</sup>	2-3 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Weide mittel intensiv		100	18-26 <sup>1</sup>	7-9 <sup>2</sup>	22-39 <sup>3</sup>	1,8-2,8 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Weide wenig intensiv		100	13-22 <sup>1</sup>	6,0-8,5 <sup>2</sup>	17-34 <sup>3</sup>	1,6-2,6 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
Weide extensiv		100	10-20 <sup>1</sup>	5,5-7,5 <sup>2</sup>	15-30 <sup>3</sup>	1,5-2,5 <sup>4</sup>	8-12 <sup>5</sup>
<b>Leguminosen-, Grassamen-Produktion</b>							
Leguminosen, Reinsaat		100	20-40	4-10	19-36	1,4-2,4	10-20
Gräser, Reinsaat		100	12-26	4-11	17-36	1,5-3,1	4-6

<sup>1</sup> Diese Werte gelten auch für kräuterreiche Bestände; gräserreiches Futter entzieht 10 bis 20 % weniger, leguminosenreiches 10 bis 20 % mehr Stickstoff

<sup>2</sup> Die Entzüge an Phosphor sind bei klee- oder gräserreichen Wiesenbeständen mit denjenigen eines ausgewogenen Bestandes vergleichbar; bei einem hohen Kräuteranteil im Futter ist der Phosphatentzug 10 bis 20 % grösser

<sup>3</sup> Der tiefere der beiden Werte entspricht dem Entzug bei einer ausreichenden Kaliversorgung für den betreffenden Wiesentyp; der höhere Wert entspricht dem häufigen Fall eines übermässigen Kaliangebotes; die Angaben gelten auch für gräser- oder kleereiche Bestände; in kräuterreichen Beständen liegen die Werte 10 bis 20 % höher

<sup>4</sup> Diese Entzugswerte werden durch den Gräser-, Klee- oder Kräuteranteil wenig beeinflusst; im Futter einer Italienisch-Raigraswiese kann der Magnesiumgehalt der Trockenmasse unter 0,15 % fallen, besonders im Frühjahr; im Sommer ist der Entzug im Durchschnitt 20 % höher als im Frühling

<sup>5</sup> Diese Werte gelten auch für kräuterreiche Bestände; ein gräserreicher Pflanzenbestand entzieht 20 % weniger Ca und ein kleereicher Bestand 15 % mehr; im Sommer sind die Entzüge pro Ertragseinheit im Durchschnitt 20 % höher als im Frühjahr

Tierart / Produkt	Nährstoffgehalt (g/kg Lebendgewicht, g/l)						
	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
Milchkuh	25	6,0	13,8	1,6	1,9	0,5	11,6
Kalb	24	5,85	13,4	1,8	2,2	0,35	11
Mastmunis	28	7,0	16,1	2,1	2,5	0,4	13
Schaf	22	6,0	13,8	1,2	1,4	0,3	11
Ziege	26	6,0	13,8	1,9	2,3	0,4	11
Ferkel	24,6	5,3	12,2	1,8	2,2	0,35	7,8
Mastschwein <sup>1</sup>	22,2	5,3	12,2	1,6	1,9	0,35	8,7
Mastzunahme (25-200 kg)	21,4	5,3	12,2	1,5	1,8	0,35	9,0
Geflügel	26	5,2	11,9	2,4	2,9	0,3	10
Milch	5,5	0,96	2,2	1,38	1,66	0,12	1,25

<sup>1</sup> Mutterschweine in Bilanzen meist nicht berücksichtigt; sonst wie Mastschweine

### 18.3. Faktoren zur Umrechnung verschiedener Nährstoffformen

Tabelle 61. Umrechnungsfaktoren für verschiedene Nährstoffformen

Gegeben		Faktor	Gesucht	
Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung		Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung
N	Stickstoff	<b>4,427</b>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
N	Stickstoff	<b>1,214</b>	NH <sub>3</sub>	Ammoniak
N	Stickstoff	<b>1,286</b>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
N	Stickstoff	<b>2,857</b>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Ammoniumnitrat
N	Stickstoff	<b>4,716</b>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ammoniumsulfat
N	Stickstoff	<b>2,144</b>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Harnstoff
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat	<b>0,226</b>	N	Stickstoff
NH <sub>3</sub>	Ammoniak	<b>0,824</b>	N	Stickstoff
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium	<b>0,778</b>	N	Stickstoff
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Ammoniumnitrat	<b>0,350</b>	N	Stickstoff
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ammoniumsulfat	<b>0,212</b>	N	Stickstoff
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Harnstoff	<b>0,466</b>	N	Stickstoff
P	Phosphor	<b>2,291</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat	<b>0,436</b>	P	Phosphor
K	Kalium	<b>1,205</b>	K <sub>2</sub> O	Kali
K <sub>2</sub> O	Kali	<b>0,830</b>	K	Kalium
Ca	Calcium	<b>2,497</b>	CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk
Ca	Calcium	<b>1,399</b>	CaO	Gebrannter Kalk
Ca	Calcium	<b>1,850</b>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk
Ca	Calcium	<b>4,297</b>	CaSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	Calciumsulfat (Gips)
CaO	Gebrannter Kalk	<b>0,715</b>	Ca	Calcium
CaO	Gebrannter Kalk	<b>1,785</b>	CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk
CaO	Gebrannter Kalk	<b>1,321</b>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk
Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk	<b>0,540</b>	Ca	Calcium
Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk	<b>0,757</b>	CaO	Gebrannter Kalk
Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk	<b>1,351</b>	CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk
CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk	<b>0,400</b>	Ca	Calcium
CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk	<b>0,561</b>	CaO	Gebrannter Kalk
CaCO <sub>3</sub>	Kohlensaurer Kalk	<b>0,740</b>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Gelöschter Kalk
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	Calciumsulfat (Gips)	<b>0,233</b>	Ca	Calcium
Mg	Magnesium	<b>1,658</b>	MgO	Magnesiumoxid
Mg	Magnesium	<b>4,951</b>	MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat
Mg	Magnesium	<b>3,472</b>	MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat
MgO	Magnesiumoxid	<b>0,603</b>	Mg	Magnesium
MgO	Magnesiumoxid	<b>2,986</b>	MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat
MgO	Magnesiumoxid	<b>2,093</b>	MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat
MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat	<b>0,202</b>	Mg	Magnesium
MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat	<b>0,335</b>	MgO	Magnesiumoxid
MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat	<b>0,701</b>	MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat
MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat	<b>0,288</b>	Mg	Magnesium
MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat	<b>0,478</b>	MgO	Magnesiumoxid
MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat	<b>1,427</b>	MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat
S	Schwefel	<b>2,995</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Sulfat
S	Schwefel	<b>2,498</b>	SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Sulfit
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Sulfat	<b>0,334</b>	S	Schwefel
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Sulfit	<b>0,401</b>	S	Schwefel
B	Bor	<b>5,627</b>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure
B	Bor	<b>8,819</b>	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax
B	Bor	<b>3,220</b>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid	<b>0,311</b>	B	Bor
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid	<b>1,777</b>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure

Tabelle 61. Fortsetzung

Gegeben		Faktor	Gesucht	
Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung		Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid	<b>2,739</b>	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure	<b>0,178</b>	B	Bor
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure	<b>1,567</b>	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure	<b>0,572</b>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax	<b>0,113</b>	B	Bor
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax	<b>0,638</b>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	Borax	<b>0,365</b>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Borsäureanhydrid
Mn	Mangan	<b>4,061</b>	MnSO <sub>4</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Mangansulfat
Mn	Mangan	<b>3,603</b>	MnCl <sub>2</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Manganchlorid
MnSO <sub>4</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Mangansulfat	<b>0,246</b>	Mn	Mangan
MnCl <sub>2</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Manganchlorid	<b>0,278</b>	Mn	Mangan
Cu	Kupfer	<b>3,928</b>	CuSO <sub>4</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	Kupfersulfat
CuSO <sub>4</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	Kupfersulfat	<b>0,255</b>	Cu	Kupfer
Fe	Eisen	<b>4,979</b>	FeSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	Eisensulfat
FeSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	Eisensulfat	<b>0,201</b>	Fe	Eisen
Zn	Zink	<b>4,398</b>	ZnSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	Zinksulfat
ZnSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	Zinksulfat	<b>0,227</b>	Zn	Zinksulfat
Mo	Molybdän	<b>1,840</b>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Ammoniummolybdat
Mo	Molybdän	<b>2,522</b>	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	Natriummolybdat
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	Ammoniummolybdat	<b>0,543</b>	Mo	Molybdän
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	Natriummolybdat	<b>0,397</b>	Mo	Molybdän

### 18.4. Gesetze und Verordnungen zum Handel und Einsatz der Dünger

**SR 916.171** Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern und diesen gleichgestellten Erzeugnissen vom 26. Januar 1994 (Dünger-Verordnung, DüV)

**SR 916.171.1** Verordnung des EVD über Dünger und diesen gleichgestellte Erzeugnisse vom 8. Mai 1995 (Düngerbuch-Verordnung, DüBV)

**SR 910.18** Verordnung über die biologische Landwirtschaft und entsprechende Kennzeichnung der pflanzlichen Erzeugnisse und Lebensmittel vom 22. September 1997 (Bio-Verordnung)  
- Düngung (Art. 12)

**SR 910.181** Verordnung des EVD über die biologische Landwirtschaft vom 22. September 1997

- Dünger und diesen gleichgestellte Erzeugnisse (Art. 2)  
- Zugelassene Dünger und diesen gleichgestellte Erzeugnisse (Anhang 2)

**SR 814.20** Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz; GSchG)  
- Sorgfaltspflicht (Art. 3)  
- Grundsatz (Art. 6)  
- Sonderfälle im Bereich öffentlicher Kanalisation (Art. 12 Abs. 4)  
- Betriebe mit Nutztierhaltung (Art. 14)  
- Kontrolle von Anlagen und Einrichtungen (Art. 15)  
- Bodenbewirtschaftung (Art. 27)  
- Düngerberatung (Art. 51)  
- Lagereinrichtungen für Hofdünger (Art. 77)  
- Höchstzulässige Düngermenge (Art. 78)

**SR 814.01** Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz, USG)  
- Umweltgerechte Verwendung (Art. 28)  
- Auskunftspflicht (Art. 46)

**SR 814.013** Verordnung über umweltgefährdende Stoffe vom 9. Juni 1986 (Stoffverordnung, StoV)  
- Allgemeine Sorgfaltspflicht (Art. 9)  
- Massvolles Ausbringen in die Umwelt (Art. 10)  
- Förderung und Überwachung des umweltgerechten Verhaltens (Art. 60)  
- Anhang 4.5 über Dünger und diesen gleichgestellte Erzeugnisse:  
- Begriffe (Ziff. 1)  
- Abgabe (Ziff. 2) Verwendung (Ziff. 3)  
- Übergangsbestimmungen (Ziff. 4)

**SR 814.201** Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998  
- Betriebe mit Nutztierhaltung (Art. 22)  
- Düngergrossvieheinheit (Art. 23)  
- Ortsüblicher Bewirtschaftungsbereich (Art. 24)  
- Ausnahmen von den Anforderungen an die Nutzfläche (Art. 25)  
- Düngerabnahmeverträge (Art. 26)  
- Buchführung über die Hofdüngerabgabe (Art. 27)

- Kontrolle der Lagereinrichtungen für Hofdünger (Art. 28)

**SR 921.0** Bundesgesetz über den Wald vom 4. Oktober 1991 (Waldgesetz, WaG)  
- Umweltgefährdende Stoffe (Art. 18)

**SR 921.01** Verordnung über den Wald vom 30. November 1992 (Waldverordnung, WaV)  
- Dünger (Art. 27)

**SR 910.13** Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998 (Direktzahlungsverordnung, DZV)  
- Ausgeglichene Düngerbilanz (Art. 6)  
- Anhang (1. Tit., 3. Kap.); Ökologischer Leistungsnachweis: Technische Regeln: Ausgeglichene Düngerbilanz (Ziff. 2)

**SR 910.133** Verordnung über Sömmerungsbeiträge vom 29. März 2000 (Sömmerungsbeitragsverordnung, SöBV)  
- Festsetzung des Normalbesatzes (Art. 6)

**Tabelle 62. Begriffe und Abkürzungen**

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
Entzug	Aufgenommene Nährstoffmenge im Hauptprodukt und im anfallenden Nebenprodukt (ohne unvermeidbare Ernteverluste, Stoppeln und Wurzeln)
Norm (Stickstoff)	Stickstoffdüngbedarf unter durchschnittlichen Boden- und Witterungsbedingungen zur Erzielung guter Erträge mit einwandfreier Qualität
Norm (P, K, Mg)	Nährstoffbedarf der Kulturen für gute Durchschnittserträge mit einwandfreier Qualität bei optimaler Nährstoffversorgung des Bodens
Ernterückstände	Anfallende Nebenprodukte im Pflanzenbau (Stroh, Kartoffelstauden, Rübenblätter usw.)
Richtwert Hofdünger	Die Werte wurden grösstenteils mit Hilfe von Fütterungsplänen (je nach Tierart mit mehreren Rationen) berechnet. Teilweise wurden auch Hofdüngereanalysen aus Praxisbetrieben verwendet. Im Einzelfall können in Abhängigkeit von Fütterung und Aufstallungssystem grössere Abweichungen auftreten.
Vollgülle, Schweinegülle	Enthält die gesamten Ausscheidungen der Tiere und eventuelle Einstreumaterialien (Stroh-häcksel, Sägemehl, Späne usw.)
Gülle kotarm	Enthält den grössten Teil des Harns und wechselnde Mengen an Kot (je nach Aufstallungssystem und Einstreumengen)
Frischmist	Weniger als 1 Monat gelagerter Mist
Stapelmist	Mehr als 3 Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigtem Platz gelagerter Mist. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Farbe: dunkelbraun bis grünlich. Ausgangsmaterial: Frischmist aus Rinderhaltung.
Laufstallmist	Mist aus Tiefstreulaufställen. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und Harnanfall
Kälber-, Schweine-, Pferde-, Schaf- und Ziegenmist	Mehr als 3 Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigtem Platz gelagerter Mist. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und einen unterschiedlichen Teil des Harnanfalls
Rottemist	Mist mehr als 3 Monate gelagert und mindestens einmal umgesetzt. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist schwach ersichtlich. Farbe: Braun. Ausgangsmaterial: Frischmist oder Laufstallmist aus Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten
Mistkompost	Mist mehr als 6 Monate gelagert und mehrmals umgesetzt. Struktur des Strohs/Einstreumaterials nicht mehr erkennbar. Farbe: Dunkelbraun. Ausgangsmaterial: Frischmist oder Laufstallmist aus der Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten.
Hennenkot	Enthält die gesamten Ausscheidungen von Geflügel aus Kotband-Aufstallungssystemen
Hennenmist, Pouletmist, Trutenmist	Enthält nebst der Einstreu die gesamten Ausscheidungen von Geflügel
TS	Trockensubstanz
FS	Frischsubstanz
MJ	Megajoule
VES	Verdauliche Energie Schwein
$N_{\min}$	Mineralstickstoffgehalt des Bodens. Er umfasst den Nitrat- und Ammoniumgehalt aus feldfrischen Proben.
$N_{\text{tot}}$	Gesamt-Stickstoff (unabhängig von der Form)
$N_{\text{lös}}$	Wasserlösliche Stickstoffformen (Ammonium, Harnstoff u.a.) in Ausscheidungen der Tiere und in Hofdüngern
$N_{\text{verf}}$	Verfügbare Stickstoff. Prozentualer Anteil vom anfallenden Gesamt-Stickstoff in Ernterückständen, Hof-, Abfall- und Gründüngern, welcher bei optimaler Wirtschaftsweise kurz- und mittelfristig für die Pflanzen verfügbar ist bzw. verfügbar wird. Diese Grösse ist nicht identisch mit dem ertragswirksamen Stickstoff, da ein Teil des organischen Stickstoffs auch ausserhalb der Ertragsbildungsphasen 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) oder besonders im Ackerbau und Feldgemüsebau auch zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann.
N-Wirkung	Wirkung des Stickstoffs von Hof- oder Abfalldüngern auf Ertrag und/oder Qualität der Pflanzen. Die Angabe erfolgt in Prozenten der Wirkung einer gleichen Stickstoffmenge in Form eines mineralischen Vergleichsdüngers (meistens Ammonsalpeter). Bei Kulturen, welche nicht während einer vollständigen Vegetationsperiode wachsen (z. B. Getreide, Kartoffeln) sowie bei nicht optimaler Hofdüngerewirtschaft ist als Folge erhöhter N-Verluste die N-Wirkung oft geringer.
N-Ausnutzung	Prozentualer Anteil des gedüngten Stickstoffs, welcher in der erntbaren oberirdischen Pflanzenmasse enthalten ist. Sie wird aus der Differenz des N-Entzugs einer gedüngten und einer ungedüngten Fläche ermittelt.

Tabelle 62. Fortsetzung

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
GVE	Grossvieheinheit
MSP	Mastschweineplatz
ZSP	Zuchtschweineplatz
LHP	Legehennenplatz
MPP	Mastpouletplatz
N	Stickstoff
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat
K <sub>2</sub> O	Kali
Ca	Calcium
CaO	Calciumoxid, gebrannter Kalk
Ca(OH) <sub>2</sub>	Calciumhydroxid, gelöschter Kalk, Ätzkalk
CaCO <sub>3</sub>	Calciumkarbonat, Kohlensäurer Kalk, Düngkalk
Mg	Magnesium
MgCO <sub>3</sub>	Magnesiumkarbonat
S	Schwefel
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Sulfat
SO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	Sulfit
B	Bor
Mn	Mangan
Cl	Chlor
Cu	Kupfer
Fe	Eisen
Mo	Molybdän
Zn	Zink
KUK	Kationenumtauschkapazität, Kationenaustauschkapazität
BS	Basensättigung, prozentualer Anteil der Summe der Calcium-, Kalium-, Magnesium- und Natrium-Ionen von der Kationenumtauschkapazität

