

AGRAR

Forschung



**Grundlagen für die Düngung
im Acker- und Futterbau 2001**

**Juni
2001**

Kali Magnesium Schwefel

Fruchtbare Böden sind die
Grundlage jedes Bauernbetriebes.



Eine gute Kali- und
Magnesiumversorgung Ihrer
Böden

**ist ein Kapital, das zu
erhalten sich lohnt!**

Die nächste Generation wird es
Ihnen danken.

Technische Unterlagen.
www.kali.ch

KALI AG
POTASSE SA
Murtenstrasse 116
Postfach
3202 Frauenkappelen

Eisenmangel

**optifer flüssig 6% Fe
wirkt innert 48 Stunden**

optifer ist ein lichtbeständiges Naturprodukt.
Eine Spritzung frühmorgens auf die offenen
Spaltöffnungen bringt die beste Wirkung.

optifer

Reben:

1. Spritzung vor der Blüte
2. Spritzung nach dem Entspitzen

Pfirsich, Birnen, Kirschen:

optifer Blattbehandlung wirkt schnell und sicher

H. Gilgen optima-Werke
Aliothstrasse 60
4142 Münchenstein
Tel 061/411 02 50
FAX 061/411 75 01

optima

Vorwort

Die «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» enthalten die notwendigen Informationen für eine pflanzen- und umweltgerechte Düngung in der Landwirtschaft. Sie bilden den agronomischen, ökologischen und technischen Pfeiler der Düngung und dienen der landwirtschaftlichen Praxis und den Beratungsstellen. Die Berücksichtigung dieser Grundlagen in der Düngungspraxis ermöglicht die Produktion qualitativ hochstehender Agrarzeugnisse unter Wahrung der Bodenfruchtbarkeit, der Erfordernisse des Umweltschutzes und der Nachhaltigkeit.

1964 haben die landwirtschaftlichen Forschungsanstalten in der Schweiz die ersten Grundlagen herausgegeben. Seither kam es in den Jahren 1972, 1987 und 1994 aufgrund neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu Neuauflagen.

Die vorliegende Revision 2001 bringt Änderungen mit sich, die aufgrund neuer Versuchsergebnisse und Erfahrungen vorgenommen wurden. Die wichtigsten Änderungen und Neuerungen betreffen eine für den Acker- und Futter-

bau neue Methode der Bodenanalyse sowie Anfallsmengen und Gehalte verschiedener Hofdünger. Bei letzteren drängten sich die Änderungen vor allem infolge der Entwicklungen im Tierfütterungsbereich und der jüngsten Erhebungs- und Analyseergebnisse auf.

Unser Dank geht an alle, die das Vorhaben unterstützt haben oder beratend zur Seite gestanden sind. Einen speziellen Dank richten wir an die involvierten Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau, der landwirtschaftlichen Beratungszentralen Lindau (LBL) und Lausanne (SRVA), die Mitglieder der Arbeitsgruppe Boden, Düngung und Umwelt und der Commission Romande des Fumures sowie an die Vertreter der Düngerindustrie.

Wir hoffen, dass dieses Dokument zur erfolgreichen Weiterentwicklung einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion beitragen wird.

Jacques Morel
Vizedirektor des Bundesamtes
für Landwirtschaft

Herausgeber Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Changins (RAC), CH-1260 Nyon

Redaktion Ulrich Walther, FAL
Jean-Pierre Ryser, RAC
René Flisch, FAL

Beiträge René Flisch, FAL
Ulrich Herter, FAL
Willi Kessler, FAL
Harald Menzi, FAL
Ulrich Walther, FAL
Bernard Jeangros, RAC
Didier Pellet, RAC
Jean-Pierre Ryser, RAC
Pierre A. Vullioud, RAC
Rainer Frick, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon
Alfred Berner, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

Titelbild Gabriela Brändle, FAL

Vertrieb FAL / AMTRA

Preis Fr. 15.– (inkl. MwSt)

1. Einleitung	4
2. Aufgaben und Ziele der Düngung	4
3. Düngungsnormen	6
3.1. Beziehung zwischen Nährstoffentzug und Düngungsnorm für Phosphat, Kali und Magnesium	6
3.2. Ackerbau und Feldgemüsebau	8
3.3. Futterbau	12
4. Eigenschaften und Nährstoffzustand des Bodens	16
5. Pflanzenanalyse	18
6. Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung	20
6.1. Korrektur der Phosphat-, Kali- und Magnesium-Normdüngung aufgrund der Ammoniumacetat+EDTA-Methode	20
6.2. Korrektur der Phosphat- und Kali-Normdüngung aufgrund der CO ₂ -Methode	24
6.3. Korrektur der Magnesium-Normdüngung aufgrund der CaCl ₂ -Methode	26
6.4. Spezielle Hinweise zum Einsatz von Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngern	26
7. Stickstoffdüngung	28
7.1. Ackerbau	28
7.1.1. Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode)	30
7.1.1.1. Grundsätze zur Methode der korrigierten Normen	30
7.1.1.2. Vorgehen zur Bestimmung der korrigierten Norm	32
7.1.2. Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens (N _{min} -Methode)	36
7.1.3. Ergänzende und andere Methoden	38
7.2. Futterbau	38
7.3. Strategie der Stickstoffdüngung bei beschränkten N-Mengen	40
8. Kalkdüngung	42
9. Düngung mit Schwefel und Spurenelementen	44
9.1. Schwefel	44
9.1.1. Vorgehen zur Abschätzung des Risikos von Schwefelmangel	44
9.1.2. Form und Zeitpunkt der Schwefeldüngung	44
9.2. Bor und Mangan	46
10. Ernterückstände	46

11. Hofdünger	48
11.1. Anfall und Gehalt	48
11.1.1. Nährstoffausscheidungen der Nutztiere	48
11.1.2. Gülle- und Mistanfall	52
11.1.3. Nährstoffgehalte von Hofdüngern	54
11.1.4. Aufbereitung der Hofdünger	54
11.1.5. Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Hofdüngern	56
11.2. Einsatz der Hofdünger	58
11.2.1. Anwendungszeitpunkt von Gülle und Mist	58
11.2.2. Bemessung der Hofdüngergaben	58
12. Klärschlamm und Kompost	60
13. Eigenschaften und Besonderheiten des biologischen Landbaus	60
14. Düngung und Umwelt	62
14.1. Die Düngung als Teil des Nährstoffkreislaufs	62
14.2. Potenzielle Umweltgefährdung der Dünger und deren Eignung für eine gezielte, umweltschonende und wirtschaftliche Düngung im Überblick	62
14.3. Massnahmen zur Verhinderung von Nährstoffverlusten	64
14.3.1. Auswaschung und Versickerung	64
14.3.2. Abschwemmung und Oberflächenabfluss	64
14.3.3. Ammoniakverflüchtigung	66
14.4. Folgen einer Überdüngung	66
14.5. Schadstoffe und Krankheitserreger	66
14.6. Zusammenfassende Empfehlungen für eine umweltschonende Düngung	68
15. Düngung und Qualität	68
16. Düngung in der Praxis	68
16.1. Düngungsplan	68
16.2. Wahl der Dünger	68
16.3. Möglichkeiten zum Verzicht auf die Phosphat-, Kali- und Magnesium-Düngung	69
16.4. Fruchtfolgedüngung	69
16.5. Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Methoden der Nährstoffbilanzierung	69
17. Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Abfalldüngern	70
18. Anhang	72
18.1. Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Dünger	72
18.2. Nährstoffgehalte pflanzlicher und tierischer Produkte	74
18.3. Faktoren zur Umrechnung verschiedener Nährstoffformen	77
18.4. Begriffe und Abkürzungen	78
18.5. Gesetze und Verordnungen zum Handel und Einsatz der Dünger	80

1. Einleitung

Die «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» werden regelmäßig überarbeitet. Damit wird neuen Versuchsergebnissen, Erfahrungen und der Notwendigkeit, bestimmte Normen periodisch zu aktualisieren, Rechnung getragen. Als Grundlage dienen auch die Resultate früherer Versuchs- und Forschungstätigkeiten, die einer erneuten kritischen Auswertung unterzogen werden.

Das Dokument dient in erster Linie der landwirtschaftlichen Beratung, aber auch dem Bauer und der Bäuerin, zur Entscheidungsfindung praktischer Düngungsfragen. Es ist kein Lehrbuch mit grundsätzlicher Darstellung der Pflanzenernährung oder von Boden-Pflanze-Beziehungen.

Der immer schnellere Wandel der Produktionstechnik und -verfahren sowie die lokale oder punktuelle Diversifikation in der Landwirtschaft führt dazu, dass mit Hilfe dieses Dokumentes nie alle Fragen beantwortet werden können. Bei Unsicherheiten ist gemeinsam mit der Beratung oder mit den Forschungsanstalten nach Lösungen zu suchen.

Die Angaben in diesem Dokument basieren auf naturwissenschaftlichen Grundlagen. Sie haben daher für alle naturwissenschaftlich orientierten landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen Gültigkeit.

2. Aufgaben und Ziele der Düngung

Nährstoffe werden von der Pflanze aus dem Boden oder aus der Luft aufgenommen. Bestimmte Nährstoffmengen werden in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten dem Boden und teilweise dem Betrieb entzogen. Die Hauptaufgabe der Düngung besteht darin, Nährstoffkreisläufe (Abb. 1) weitgehend zu schliessen und die pflanzliche Produktion zu optimieren ohne den Nährstoffvorrat des Bodens auszubeuten oder ihn unnötig zu erhöhen.

Der Begriff der Düngung umfasst jegliche Zufuhr von unentbehrlichen Pflanzennährstoffen (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) in irgendwelcher Form. Mit Hilfe der Düngung ist das Nährstoffangebot an die Pflanzen so zu gestalten, dass ein effizientes Wachstum zum Aufbau optimaler Erträge mit einwandfreier Qualität möglich ist. Gleichzeitig sollen die unvermeidlichen Belastungen der Umwelt minimal sein. Die Anforderungen an eine pflanzen- und umweltgerechte Düngung sind im

landwirtschaftlichen Düngungskonzept (Abb. 2) dargestellt. Daraus geht hervor, dass für eine überlegte, sinnvolle und erfolgreiche Düngung folgende Aspekte in der aufgeführten Reihenfolge zu berücksichtigen sind:

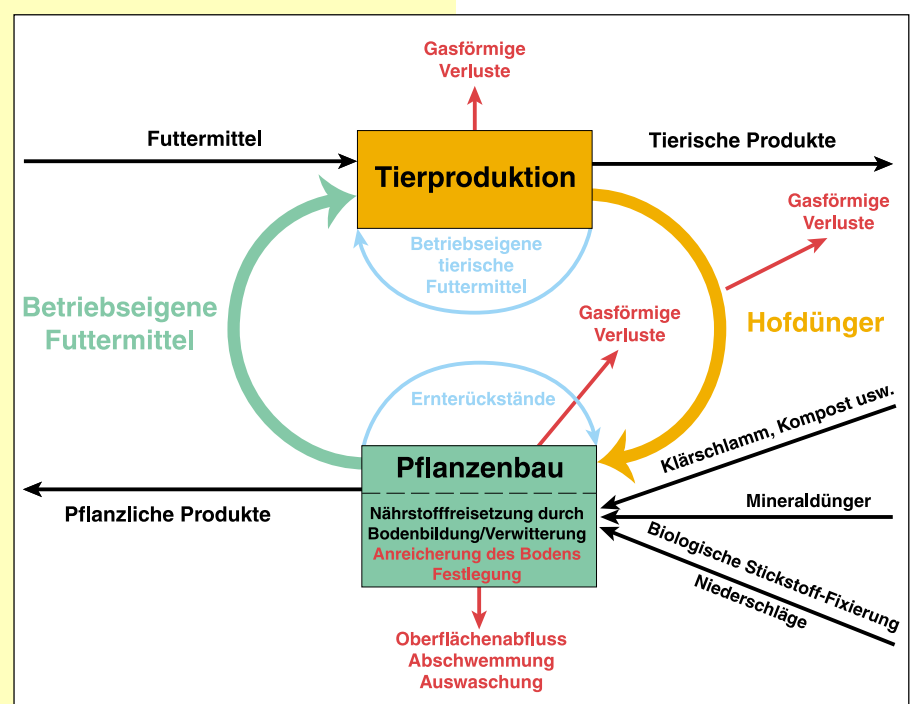
1. Nährstoffbedarf der Pflanzen
2. Nährstoffgehalt des Bodens
3. Anfall betriebseigener Hofdünger
4. Nährstoffgehalt und weitere Eigenschaften von Hof-, Abfall- und Handelsdüngern
5. Zeitlicher Nährstoffbedarf der einzelnen Kulturen
6. Verhalten der Dünger und Nährstoffe in der Umwelt (Boden, Wasser, Luft)
7. Wirtschaftlichkeit

Ferner sei an dieser Stelle an zwei Grundgesetze der pflanzlichen Produktion erinnert, welche insbesondere für die Düngung zu beachten sind:

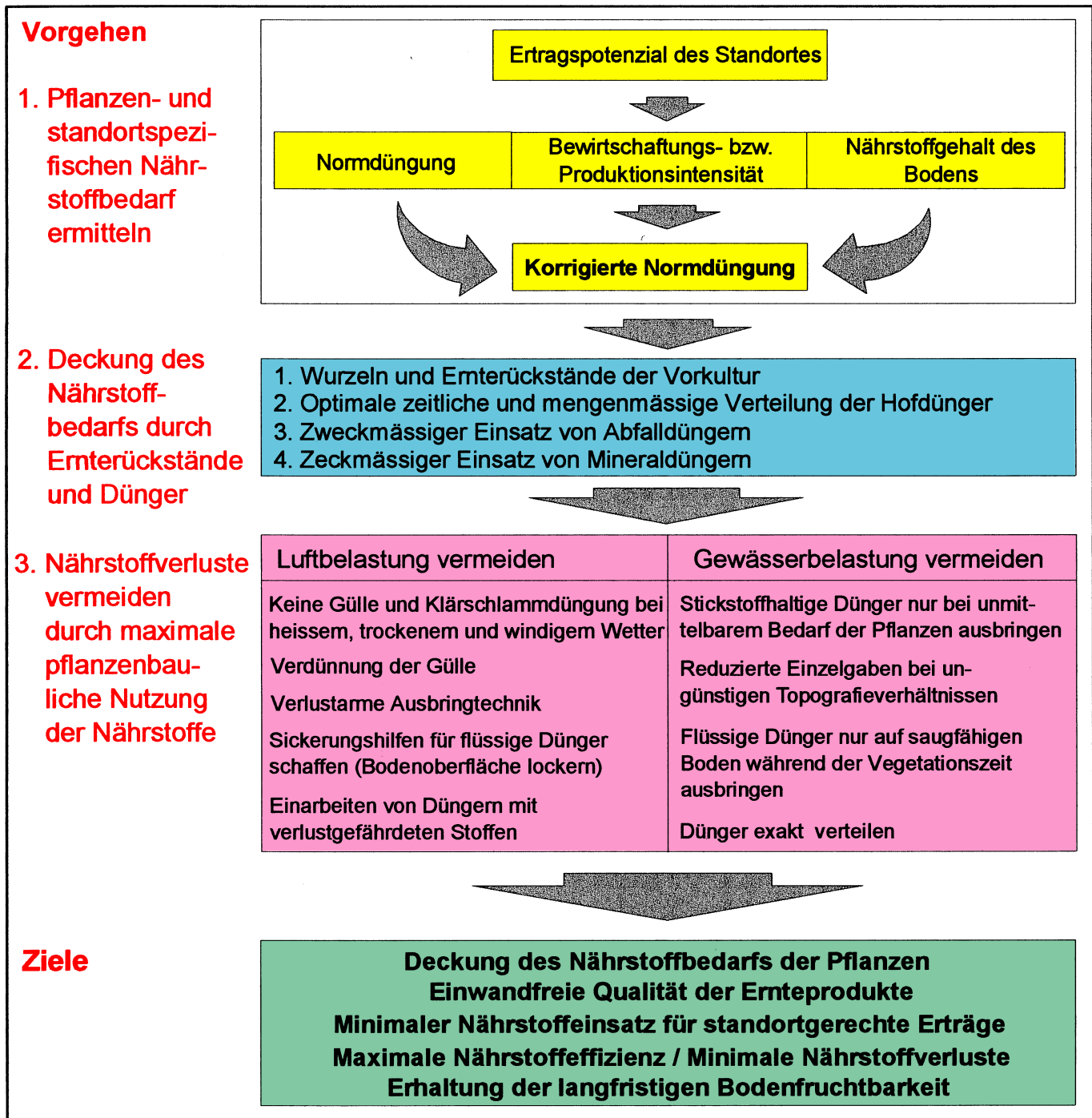
- a. Gesetz des Minimums. Es besagt, dass der im Minimum vorhandene Wachstumsfaktor (Nährstoffe, Wasser, Licht, Temperatur) den Ertrag und/oder die Qualität bestimmt.
- b. Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs. Dieses beinhaltet die biologische Tatsache, dass bei steigendem Nährstoffangebot der Ertragszuwachs pro Nährstoffeinheit immer kleiner wird und gegen null strebt. Ein zu hohes Nährstoffangebot führt oft zu Ertrags- und Qualitätsminderungen der Ernteprodukte sowie zu unnötigen und nicht verantwortbaren Belastungen der Umwelt.

Abbildung 2. Das landwirtschaftliche Düngungskonzept für eine nachhaltige Bodennutzung

Abbildung 1. Nährstoffkreislauf eines landwirtschaftlichen Betriebes



Grundlagen und Hilfsmittel	Pflanzen und Boden	Dünger
	Nährstoffbedarf der Kulturen (Düngungsnorm) Bodenuntersuchungsergebnisse Bodenart (Humusgehalt und Körnung) Durch Versuche kalibriertes Schema zur Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse	Anfall an Hofdünger und Ernterückständen Nährstoffgehalte und Eigenschaften von - Ernterückständen - Hof- und Abfalldüngern - Mineraldüngern



Das Ziel der Düngung besteht in der Optimierung der Erträge von einwandfreier Qualität bei maximaler Ausnutzung der beschränkt vorhandenen Nährstoffe. Sie ist kein geeignetes Mittel, um Mängel infolge pflanzenbaulicher Fehlentscheide (z.B. Fruchtfolge, Bodenverdichtungen durch ungeeignete Bodenbearbeitungs- oder Erntezeitpunkte, Saatzeitpunkt, Sortenwahl, Pflanzenschutz) zu korrigieren.

3. Düngungsnormen

Die Düngungsnormen geben Auskunft über den Nährstoffbedarf verschiedener Kulturen für gute Durchschnittserträge bei optimaler Nährstoffversorgung des Bodens. Sie wurden für Phosphat, Kali und Magnesium aus den Nährstoffentzügen abgeleitet; mögliche Unterschiede zwischen dem Entzug und der Düngungsnorm sind in Kapitel 3.1 erläutert. Korrekturen der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngungsnorm aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen sind in Kapitel 6 beschrieben. Die Stickstoffdüngungsnorm wurde mit Hilfe der Ergebnisse einer Vielzahl von Versuchen erarbeitet, welche unter verschiedensten Boden- und Klimabedingungen durchgeführt wurden. Die Anpassung der Stickstoffdüngung an parzellenspezifische Eigenschaften und weitere Einflussfaktoren sind in Kapitel 7 beschrieben.

3.1. Beziehung zwischen Nährstoffentzug und Düngungsnorm für Phosphat, Kali und Magnesium

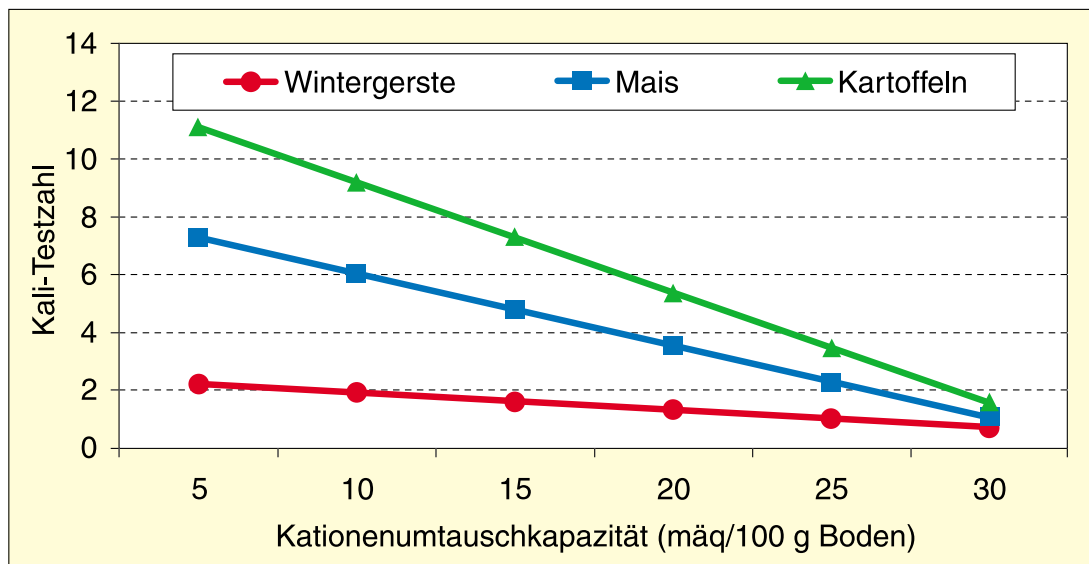
Das Nährstoffaneignungsvermögen der verschiedenen Kulturpflanzen ist unterschiedlich. Es hängt stark von der Form und der Länge des Wurzelsystems der Pflanze ab. Der optimale Nährstoffgehalt, welcher in enger Beziehung zur Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung steht, ist daher je nach Kulturart verschieden. So steht beispielsweise die optimale Kaliverfügbarkeit des Bodens in enger Beziehung zur Kationenumtauschkapazität, welche ihrerseits in enger Beziehung zum Tongehalt des Bodens steht. Abbildung 3 zeigt exemplarisch den Zusammenhang zwischen dem erforderlichen Kaligehalt des Bodens (CO₂-Methode) zur Erreichung optimaler Erträge ohne Kalidüngung in Abhängigkeit der Kationenumtauschkapazität bei drei verschiedenen Kulturen.

Für andere Nährstoffe (P, Mg) gelten ähnliche Beziehungen. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurde der optimale Nährstoffgehalt des Bodens bezüglich Phosphat, Kali und Magnesium auf Pflanzenarten mit einem mittleren bis guten Nährstoffaneignungsvermögen abgestimmt. Bei diesen Kulturen entspricht die Normdüngung dem Entzug der Pflanzen. Getreide und Gräser haben mit ihrem sehr feinen und weit verzweigten Wurzelsystem ein sehr gutes Kalianeignungsvermögen. Dies gilt auch für tiefwurzeln-de Kulturen (z.B. Rüben), welche einen grossen Teil des Kaliums tieferen Bodenschichten entnehmen. In diesen Fällen ist die Normdüngung geringer als der Nährstoffentzug. Im Gegensatz dazu benötigen Pflanzen mit einem schwächer ausgebildeten Wurzelsystem und/oder einer geringeren Austauschkapazität der Wurzeln (z.B. Kartoffeln) eine höhere Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung. Damit auch diese Pflanzen ihren Nährstoffbedarf decken können, ist die Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung zeitlich befristet zu erhöhen; die Normdüngung liegt daher über dem Nährstoffentzug. Für die Wiesen und Weiden wurden die Bewirtschaftungsintensität, die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und die Futterqualität bei der Festlegung der Faktoren für die Berechnung der Normdüngung aus dem Nährstoffentzug der Kulturen mitberücksichtigt (Tab. 1). Bei allen Kulturen wurde die Normdüngung auf 5 Kilogramm genau auf- oder abgerundet.

Abbildung 3. Minimale Kali-Testzahlen (CO₂-Methode) für optimale Erträge ohne Kalidüngung bei verschiedenen Kulturen in Abhängigkeit der Kationenumtauschkapazität des Bodens

Tabelle 1. Faktoren zur Berechnung der Düngungsnorm aus dem Phosphat-, Kali- und Magnesiumentzug verschiedener Kulturen aufgrund ihres erhöhten oder reduzierten Nährstoffaneignungsvermögens

Für alle nicht aufgeführten Kulturen entspricht die Düngungsnorm für Phosphat, Kali und Magnesium dem Entzug.



Kultur	Faktoren zur Berechnung der Düngungsnorm ausgehend vom Entzug der Kulturen		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Wintergetreide	1,0	0,8	1,0
Mais	1,2	1,0	1,0
Kartoffeln für Speisezwecke und techn. Verarbeitung	1,2	1,2	1,2
Saat- und Frühkartoffeln	1,3	1,2	1,2
Zucker- und Futterrüben	1,0	0,7	1,0
Chinaschilf	1,0	0,8	1,0
Körnerleguminosen	1,0	1,2	1,0
Erbsen, Verarbeitung	1,0	1,2	1,0
Kabis, Einschnide-	0,75	0,85	1,0
Rosenkohl	0,75	0,85	1,0
Chicorée, Wurzelanbau	0,85	0,5	0,6
Karotten, Lager/Verarbeitung	1,1	0,6	1,0
Zwiebeln, gesteckt	1,3	1,2	1,2
Zwischenkulturen, Grünmais	1,0	0,7	1,3
Intensive Wiesen	1,0	0,75	1,2
Mittelintensive Wiesen	0,93	0,70	1,1
Wenig intensive Wiesen	0,88	0,65	0
Extensive Wiesen	0	0	0
Intensive Weiden ¹	0,62/0,42	0,30/0,08	0,78/0,78
Mittelintensive Weiden ¹	0,60/0,42	0,27/0,07	0,67/0,67
Wenig intensive Weiden	0,55	0,16	0
Extensive Weiden	0	0	0
Klee- und Grassamenproduktion	0,93	0,70	1,1

¹ Der erste Wert gilt für Weiden mit Stallhaltung (Teil- oder Vollweide), der 2. Wert für Weiden ohne Stallhaltung (Vollweide). Weitere Erläuterungen in Kapitel 3.3.

3.2. Ackerbau und Feldgemüsebau

Das angegebene Ertragsniveau wird von den meisten Betrieben im Durchschnitt der Jahre erreicht. Ist das Ertragsniveau auf einzelnen Parzellen (mässig tiefgründige oder ziemlich flachgründige Böden), in verschiedenen Regionen (Randgebiete des Ackerbaus) oder in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsform (einzelne Kulturen im Biolandbau oder in anderen Anbausystemen) regelmässig mehr als 20 % tiefer, ist die Düngungsnorm für Phosphat, Kali und Magnesium (Tab. 2) linear zu reduzieren, unter sehr guten Boden- und Klimaverhältnissen mit regelmässig deutlich höheren Erträgen entsprechend zu erhöhen. Diese Korrekturen der Normdüngung sind ausgehend von den angegebenen Erträgen direkt proportional für andere Ertragsniveaus zu berechnen. Für vereinzelt Abweichungen im Ertrag sind keine Korrekturen notwendig.

Tabelle 2. Entzug an Stickstoff, Phosphat, Kali und Magnesium sowie entsprechende Düngungsnormen für verschiedene Ackerkulturen

Die angegebenen Entzüge entsprechen den geernteten Erträgen des Hauptproduktes (ohne unvermeidbare Ernteverluste) und den durchschnittlich anfallenden Nebenprodukten (ohne Stoppeln und Wurzeln).

Kultur	Ertrag (geerntete Hauptprodukte und anfallende Nebenprodukte) dt/ha ¹	Produkt	Nähr-
			N
Getreide und Mais			
Winterweizen ²	60	Körner	120
	75	Stroh	38
	Total		158
Sommerweizen	50	Körner	110
	65	Stroh	33
	Total		143
Wintergerste	60	Körner	90
	65	Stroh	29
	Total		119
Sommergerste	45	Körner	59
	50	Stroh	25
	Total		84
Winterhafer	55	Körner	88
	70	Stroh	35
	Total		123
Sommerhafer	55	Körner	88
	70	Stroh	35
	Total		123
Winterroggen ²	55	Körner	88
	75	Stroh	38
	Total		126
Winterkorn	50	Körner	80
	75	Stroh	38
	Total		118
Wintertriticale	60	Körner	105
	80	Stroh	60
	Total		165
Sommertriticale	55	Körner	96
	75	Stroh	56
	Total		152
Emmer, Einkorn	25	Körner	55
	45	Stroh	18
	Total		73
Körnermais, CCM (Maiskolbensilage)	80	Körner	104
	95	Stroh	57
	Total		161
Silomais	160 ³	Ganzpflanze	200
Grünmais	60 ³	Ganzpflanze	114

stoffentzug (kg/ha)			Düngungsnorm (kg/ha)			
P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
53	27	6				
15	83	6				
68	110	12	140	70	90	15
42	20	6				
11	72	3				
53	92	9	120	55	90	10
54	36	6				
15	117	3				
69	153	9	110	70	120	10
36	27	5				
11	100	2				
47	127	7	90	45	125	10
44	28	6				
19	147	6				
63	175	12	90	65	140	15
44	28	6				
19	147	5				
63	175	11	90	65	175	15
44	28	6				
19	90	8				
63	118	14	90	65	95	15
40	25	6				
19	90	8				
59	115	14	100	60	95	15
54	36	6				
20	100	6				
74	136	12	110	75	110	15
50	33	6				
19	94	6				
69	127	12	100	70	125	15
20	13	4				
13	41	3				
33	54	7	30	35	55	10
48	39	8				
32	209	12				
80	248	20	110	95	250	20
96	248	19	110	115	250	20
39	162	6	70	40	115	10

Kultur	Ertrag (geerntete Hauptprodukte und anfallende Nebenprodukte) dt/ha ¹	Produkt	Nährstoffentzug (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Knollen- und Wurzelfrüchte										
Kartoffeln für Speisezwecke und technische Verarbeitung	450	Knollen	135	68	225	9				
	180	Kraut	25	9	117	6				
	Total		160	77	342	15	120	90	410	20
Saat- und Frühkartoffeln	250	Knollen	58	38	125	5				
	200	Kraut	66	14	140	11				
	Total		124	52	265	16	100	70	320	20
Zuckerrüben	650	Rüben	137	52	169	21				
	500	Kraut/Köpfe	150	43	300	35				
	Total		287	95	469	56	100	95	330	55
Futterrüben	160 ³	Rüben	176	80	288	21				
	400	Kraut/Köpfe	140	32	280	36				
	Total		316	112	568	57	100	110	400	55
Öl- und Faserpflanzen										
Winterraps	35	Körner	105	56	34	9				
	65	Stroh	49	23	104	10				
	Total		154	79	138	19	140	80	140	20
Sommeraps	25	Körner	75	40	24	7				
	45	Stroh	34	16	72	7				
	Total		109	56	96	14	120	60	95	15
Sonnenblume	30	Körner	95	33	25	9				
	60	Stroh	54	16	369	45				
	Total		149	49	394	54	60	50	400	55
Ölhanf	13	Körner	60	33	14	7				
	60	Stroh	54	24	84	9				
	Total		114	57	98	16	60	55	100	15
Faserhanf ⁴	100	Stängel	30	30	90	5				
	40	Körner/Blätter	110	60	110	20				
	Total		140	90	200	25	100	90	200	25
Öllein	20	Körner	109	24	19	1				
	25	Stroh	15	13	45	2				
	Total		124	37	64	3	80	35	65	5
Faserlein	45	Stroh	45	32	90	9				
	15	Körner	82	18	14	1				
	Total		127	50	104	10	60	50	105	10
Chinaschilf	200 ³	Ganz- pflanze	42	19	112	5	30	20	110	5
Kenaf	50 ³	Ganz- pflanze	100	60	80	10	70	60	80	10

Tabelle 2. Fortsetzung

Kultur	Ertrag (geerntete Hauptprodukte und anfallende Nebenprodukte) dt/ha ¹	Produkt	Nähr-
			N
Körner- und Eiweissleguminosen			
Eiweisserbsen	50	Körner	175
	50	Stroh	100
	Total		275
Ackerbohnen	40	Körner	160
	45	Stroh	135
	Total		295
Sojabohnen	25	Körner	150
	25	Stroh	88
	Total		238
Süsslupine	30	Körner	165
	30	Stroh	105
	Total		170
Feldgemüse			
Kabis, Einschneide-	800	Köpfe	136
	400	Strunk/Blätter	56
	Total		192
Rosenkohl	120	Rosen	78
	140	Strunk/Blätter	126
	Total		204
Chicorée, Wurzelanbau	400	Wurzeln	88
	300	Kraut	54
	Total		142
Karotten, Lager-	600	Rüben	66
	300	Kraut	71
	Total		137
Erbsen, Verarbeitung	65	Erbsen	72
	300	Kraut	120
	Total		192
Bohnen, Verarbeitung	90	Bohnen	36
	300	Kraut	195
	Total		231
Zwiebeln	500	Zwiebel	120
	0 ⁵	Blätter	0
	Total		120
Spinat	120	Blätter	138
	20	Stängel	40
	Total		178

stoffentzug (kg/ha)			Düngungsnorm (kg/ha)			
P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
50	60	6				
38	80	11				
88	140	17	0	90	170	20
56	56	10				
16	90	15				
72	146	25	0	70	175	25
35	48	7				
31	75	16				
66	123	23	0	65	150	25
30	41	6				
12	60	12				
42	101	18	0	40	120	20
60	200	24				
20	96	14				
80	296	38	200	60	250	40
23	60	10				
56	196	18				
79	256	28	160	60	220	30
48	184	28				
11	108	20				
59	292	48	0	50	150	30
36	222	9				
20	156	9				
56	378	18	120	60	220	30
20	26	3				
33	150	15				
53	176	18	0	55	210	20
10	28	2				
30	123	5				
40	151	7	0	40	150	10
45	165	25				
0	0	0				
45	165	25	100	60	200	30
25	94	16				
6	48	6				
31	142	22	140	30	140	20

Kultur	Ertrag (geerntete Hauptprodukte und anfallende Nebenprodukte) dt/ha ¹	Produkt	Nährstoffentzug (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Gründüngung / Zwischenfrüchte										
Gründüngung (Leguminosen)	25 ³	Ganz- pflanze	70	25	90	5	0	0	0	0
Gründüngung (Nichtleguminosen)	25 ³	Ganz- pflanze	70	25	90	5	30 ⁶	0	0	0
Zwischen- früchte Pro Nutzung	25 ³	Ganz- pflanze	70	25	90	5	30	20	60	10
Übrige Kulturen										
Tabak Burley	25 ³	Blätter Stängel	75	18	125	7	170	40	260	15
	30 ³		69	22	135	6				
Total			144	40	260	13				
Tabak Virginie	25 ³	Blätter Stängel	63	14	119	5	0	35	245	15
	25 ³		25	21	125	10				
Total			88	35	244	15				
Nicht aufgeführte Kulturen							80 ⁷	60	120	10

¹ Mit einem bei der Ernte üblichen Wassergehalt

² Die Angaben gelten in erster Linie Brotweizen beziehungsweise für Populationssorten von Winterroggen. Für Futterweizen und Hybridsorten von Winterroggen mit oft deutlich höheren Erträgen, ist die N-, P-, K- und Mg-Düngungsnorm um 20 % zu erhöhen.

³ Trockensubstanzertrag

⁴ Je nach Erntezeitpunkt und -methode wird die Ganzpflanze oder nur die Stängel geerntet

⁵ Nach Trocknung auf dem Feld wird die gesamte Pflanze geerntet

⁶ Als Startdüngung zur Förderung der Konkurrenzskraft

⁷ Gilt nur für Nichtleguminosen. Leguminosen erhalten keine N-Düngung.

3.3. Futterbau

Wiesen und Weiden sind Gemeinschaften zahlreicher Pflanzenarten von unterschiedlichem agronomischen Wert. In Naturwiesen mit 50 bis 70 % Gräsern, 10 bis 30 % Leguminosen und 10 bis 30 % Kräutern fällt in den meisten Fällen schmackhaftes Futter von guter Qualität an. Die Pflanzenarten, die im Wiesland gedeihen, unterscheiden sich durch ihre Ansprüche an die Wachstumsbedingungen und reagieren verschieden auf die Bewirtschaftung. Um eine erwünschte botanische Zusammensetzung zu fördern und langfristig zu erhalten und die Entwicklung unerwünschter Arten zu vermeiden, ist das Düngungsniveau der Nutzungsintensität anzupassen (Abb. 4). Diese richtet sich in erster Linie nach den natürlichen standörtlichen Voraussetzungen. Sind die Bedingungen dem Gedeihen guter Futterpflanzen wenig förderlich (beispielsweise raues Klima, nach Norden exponiert, schwerer Boden, schattige Lage, flachgründiger Boden), ist eine intensive Bewirtschaftung nicht zu empfehlen.

Die Düngung der Wiesen und Weiden unterscheidet sich von derjenigen anderer Kulturen. Sie richtet sich nicht nur nach dem Nährstoffentzug durch die Pflanzen und nach dem Nährstoffzustand des Bodens, sondern vor allem auch nach der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und teilweise dem Mineralstoffgehalt des Futters. Zudem werden Wiesen und Weiden hauptsächlich mit Hofdüngern gedüngt, welche einen grossen Teil der mit dem Wiesenfutter von der Fläche weggeführten Nährstoffe enthalten. Die Folgen von Nutzungs- und Düngungsfehlern sind im Wiesland nicht immer sofort wahrnehmbar. Das Verbessern von degenerierten Naturwiesen ist immer sehr schwierig und kann oft mehrere Jahre benötigen.

Tabelle 3 enthält die Entzüge und die Düngungsnormen für Stickstoff, Phosphat, Kali und Magnesium für Wiesen und Weiden nach Bewirtschaftungsintensität. Die Angaben in dieser Tabelle gelten sowohl für Naturwiesen wie auch für die Kunstwiesen. Es ist entscheidend, die Bewirtschaftungsart und -intensität

Tabelle 3. Jährliche Entzüge und Düngungsnormen für Stickstoff, Phosphat, Kali und Magnesium für Wiesen und Weiden in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität

Diese Normen gelten sowohl für Naturwiesen wie auch für Kunstwiesen.

richtig zu wählen. In jung geerntetem Futter (intensive Bewirtschaftung) ist der Gehalt an Nährstoffen höher als in einem spät geernteten (extensive Bewirtschaftung). Pro Ertragseneinheit entzieht eine oft genutzte, intensive Wiese also mehr Nährstoffe als eine wenig intensiv genutzte (Tab. 59). Die Düngungsnorm pro Ertragseneinheit steigt mit zunehmender Intensität. Zur Bestimmung der wichtigsten Wiesentypen bieten die Forschungsanstalten, die AGFF (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues) sowie die Beratung verschiedene Hilfsmittel an.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Entzüge und Düngungsnormen gelten für die jeweils angegebenen Erträge. Diese verringern sich mit zunehmender Höhenlage (kürzere Vegetationszeit). Es wurde berücksichtigt, dass bei Weidenutzung normalerweise grössere Futterrückstände zurückbleiben als nach dem Einbringen von gemähtem Futter. Wo die Bedingungen für das Pflanzenwachstum besonders günstig sind, ist es möglich, einen höheren als den angegebenen Ertrag zu erzielen, besonders mit gewissen Kunstwiesentypen. Wo aber die Sonneneinstrahlung ungenügend ist (nach Norden exponiert, Waldrand usw.) oder wo die Pflanzen regelmässig unter Trockenheit oder Nässe leiden (flachgründiger und leichter Boden, schwerer und verdichteter Boden, zu geringe oder zu hohe Niederschläge), ist der Jahresertrag kleiner. Die in Tabelle 3 angegebenen Erträge berücksichtigen keine betriebsspezifischen Bedingungen. Es ist deshalb empfehlenswert, sie auf Stufe Betrieb zu überprüfen, indem man sich auf die von den Tieren verzehrte Jahresfuttermenge stützt. Bei Weidenutzung kann der verzehrte Ertrag folgendermassen geschätzt werden:

$$\text{verzehrter Ertrag dt TS/ha} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Besatzdichte} \\ \text{GVE/ha} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Weidedauer} \\ \text{Tag} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{mittlerer} \\ \text{Tagesverzehr} \\ \text{kg TS/GVE/Tag} \end{array} \right\} : 100$$

Bewirtschaftungsintensität Anzahl Nutzungen pro Jahr ²	Höhenlage ¹ m ü. M.	Jahresertrag ³ dt TS/ha
WIESE		
Intensiv^{8,9}		
- 5 oder 6 Nutzungen ¹⁰	< 600	135
- 5 Nutzungen	< 700	115
- 4 Nutzungen	600-1100	100
- 3 Nutzungen	1000-1500	80
- 2 Nutzungen	> 1400	55
mittel intensiv^{8,9}		
- 4 Nutzungen	< 700	100
- 3 Nutzungen	600-1100	75
- 2 Nutzungen	1000-1500	50
- 1 oder 2 Nutzungen	> 1400	35
wenig intensiv⁸ (artenreiche Heuwiese)		
- 3 Nutzungen	< 700	65
- 2 Nutzungen	600-1100	50
- 1 oder 2 Nutzungen	1000-1500	35
- 1 Nutzung	> 1400	25
extensiv (Magerwiese, Streuwiese)		
- 1 Nutzung	-	10-30
ZWISCHENFRÜCHTE, ÄUGSTLEN		
pro Nutzung		25
LEGUMINOSEN-, GRASSAMEN-PRODUKTION		
Leguminosen, Reinsaat		120
Gräser, Reinsaat		120
WEIDE¹¹		
intensiv^{13,14} (> 3 GVE/ha/Weideperiode)¹²		
- 5 bis 7 Umtriebe	< 700	100
- 4 bis 6 Umtriebe	600-1100	85
- 3 bis 5 Umtriebe	1000-1500	70
mittel intensiv¹³ (2-3 GVE/ha/Weideperiode)¹²		
- 4 oder 5 Umtriebe	< 700	85
- 3 oder 4 Umtriebe	600-1100	65
- 2 oder 3 Umtriebe	1000-1500	40
- 1 bis 3 Umtriebe	> 1400	30
wenig intensiv (1-2 GVE/ha/Weideperiode)¹²		
- 2 bis 4 Umtriebe	< 700	50
- 2 oder 3 Umtriebe	600-1100	40
- 1 bis 3 Umtriebe	1000-1500	30
- 1 oder 2 Umtriebe	> 1400	20
extensiv (< 1,0 GVE/ha/Weideperiode)¹²		
- 1 oder 2 Umtriebe	-	10-25

Nährstoffentzug ⁴ kg/ha				Düngungsnorm kg/dt TS bzw. kg/ha			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O ⁵	Mg	N ⁶	P ₂ O ₅	K ₂ O ⁷	Mg
				1,0-1,3	0,8	2,4	0,3
330	108	430	34	150-180	110	325	40
280	92	370	29	130-150	90	275	35
245	80	320	25	100-130	80	240	30
195	64	255	20	70-100	65	190	25
135	44	175	14	50-70	45	130	15
				0,8-1,1	0,7	1,9	0,25
195	75	270	23	80-110	70	190	25
145	56	205	17	60-80	50	145	20
100	38	135	12	40-60	35	95	15
70	26	95	8	30-40	25	65	10
				0,4-0,7	0,6	1,5	0
105	44	145	14	25-40	40	95	0
80	34	115	11	20-30	30	75	0
55	24	80	7	15-25	20	50	0
40	17	55	5	10-20	15	35	0
				0	0	0	0
15-40	5-20	20-60	2-6	0	0	0	0
				0,7-1,2	0,8	2,4	0,4
70	25	90	5	30	20	60	10
				0-1,9	0,7	1,9	0,25
360	84	330	23	0	80	230	25
228	90	318	26	170-230	85	225	30
				1,0-1,4	0,53/0,37	1,06/0,32	0,20/0,20
270	85	355	25	100-140	55/35	105/30	20/20
230	72	300	21	80-120	45/30	90/25	15/15
190	60	250	18	60-100	35/25	75/20	15/15
				0,7-1,0	0,48/0,33	0,80/0,24	0,15/0,15
185	68	260	20	60-75	40/30	65/20	15/15
140	52	200	15	45-60	30/20	50/15	10/10
90	32	120	9	30-45	20/15	35/10	5/5
65	24	90	7	15-30	15/10	25/5	5/5
				0	0,4	0,4	0
90	36	130	11	0	20	20	0
70	29	100	8	0	15	15	0
50	22	75	6	0	10	10	0
35	15	50	4	0	10	10	0
				0	0	0	0
15-40	5-15	25-55	2-5	0	0	0	0

¹ Die Angaben zur Höhenlage gelten für die Voralpen und Alpen; im Jura, wo das Klima rauer ist, müssen die Höhenbereiche tiefer gesetzt werden; entsprechend gelten dort: < 600, 600-900, 900-1300, > 1300 m

² Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrter Ertrag > 10 dt TS/ha)

³ Der Ertrag entspricht der Menge geernteten oder durch Weidetiere gefressenen Futters; bei den Mähwiesen sind die Feldverluste berücksichtigt, nicht aber die Lagerungsverluste (im Silo, am Heustock)

⁴ Es handelt sich um einen mittleren Entzug, basierend auf dem effektiven Ertrag und dem Median des in Tabelle 59 angegebenen Gehaltsbereiches; dieser Entzug kann in Wirklichkeit beachtlich variieren; bei einer Weide entspricht er der mittleren Nährstoffmenge, die durch die Tiere konsumiert wird

⁵ Die Kalientzüge liegen deutlich über der Düngungsnorm, da viele Betriebe zu viel Kali in ihrem internen Betriebskreislauf haben; diese unerwünschte Situation ist vor allem auf zu grosse Kaligaben in der Vergangenheit zurückzuführen

⁶ Die Düngung der Wiesen und Weiden mit Stickstoff erfolgt in gleichmässigen Gaben zu jedem Aufwuchs entsprechend den Angaben in Tabelle 31; für Luzerne- und Mattenkleemischungen (vom Typ L und M) gilt die angegebene Düngungsnorm nicht, denn diese erhalten normalerweise keinen Stickstoff

⁷ Kaligaben grösser als 200 kg K₂O/ha in Form von Handelsdünger sind auf zwei Gaben aufzuteilen (beispielsweise eine erste bei Vegetationsbeginn und eine zweite nach der ersten oder zweiten Nutzung)

⁸ Bei Mähweidenutzung sind von diesen Düngungsnormen pro Weidenutzung Abzüge gemäss Tabelle 4 vorzunehmen

⁹ Die Düngung von Luzerne- und Mattenkleemischungen (vom Typ L und M) mit Phosphat, Kali und Magnesium erfolgt nach den Normen für intensive Wiesen, obwohl die Schnitthäufigkeit im Allgemeinen eher einer mittel intensiven Nutzung entspricht

¹⁰ Diese Angaben gelten vor allem für Italienisch-Raigras-Wiesen

¹¹ Bei den Düngungsnormen für die Weiden ist der Nährstoffanfall der Weidetiere während der Weidedauer bereits berücksichtigt

¹² Die Grösse «Anzahl GVE/ha/Weideperiode» (mittlere Besatzstärke) erlaubt, die mittlere Bewirtschaftungsintensität der gesamten Weidefläche zu beurteilen, sofern im Stall gar nicht oder nur wenig beigefüttert wird; je nach Standortbedingungen kann die Bewirtschaftungsintensität von einer zur anderen Parzelle stark variieren, weshalb die Düngung jeder Situation speziell angepasst werden muss

¹³ Die Düngungsnormen für mittel intensiv und intensiv genutzte Weiden gelten für eine Teilweide und Vollweide mit Stallhaltung (erster Wert) oder für eine Vollweide ohne Stallhaltung (zweiter Wert)

¹⁴ Diese Normen gelten ebenfalls für intensive Standweiden (Weide ohne Umtrieb, Kurzrasenweide)

Die Besatzdichte entspricht der Anzahl Grossvieheinheiten pro Hektare (GVE/ha), die sich gleichzeitig auf der Weide aufhält. Die Weidedauer entspricht der Summe der Weidetage auf der betreffenden Parzelle während des Jahres. Der mittlere Tagesverzehr pro GVE auf der Weide variiert je nach Futterangebot auf der Weidefläche, Umfang der Fütterung im Stall und Leistungsniveau der Tiere. Bei ausreichendem Futterangebot und genügend langer täglicher Weidedauer, kann der Tagesverzehr 16 bis 17 kg TS/GVE erreichen. Im Mittel rechnet man mit einem Verzehr von 15 kg TS pro GVE täglich.

Sollten sich die ermittelten Erträge stark von denjenigen in Tabelle 3 unterscheiden, müssen die Düngungsnormen korrigiert werden. Dazu dienen die Angaben in Tabelle 3 bezüglich Phosphat-, Kali- und Magnesiumnormdüngung pro Ertrags-einheit für die verschiedenen Wiesen- und Weidetypen.

Die Düngungsnormen für Wiesen und Weiden sind oft niedriger als die Entzüge, besonders bei:

Stickstoff. Die Normen sind bedeutend niedriger als die Entzüge, weil die Pflanzen noch über andere Stickstoffquellen verfügen: biologische Stickstoff-Fixierung durch die Leguminosen, Mineralisierung organischer Substanz des Bodens, atmosphärische Deposition.

Kalium. Die Normen sind niedriger als die Entzüge, denn der tatsächliche Gehalt des Grünfutters (im schweizerischen Durchschnitt 30 g K/kg TS) überschreitet sehr oft den gewünschten Gehalt (maximal 20 g K/kg TS), der nötig ist, um eine ausgewogene botanische Zusammensetzung zu erhalten, ein gutes Pflanzenwachstum zu gewährleisten und die Gesundheit der Tiere zu bewahren. Die im Wiesenfutter beobachteten hohen Gehalte sind im Allgemeinen auf eine zu grosse Kaliverfügbarkeit im Boden und einen Luxuskonsum durch die Pflanzen zurückzuführen. Die Gehaltsnormen der Hofdünger für Kali basieren auf einem realistischen durchschnittlichen Kaligehalt des Wiesenfutters (30 g K/kg TS). Somit werden mit Hofdüngern oft Kalimengen ausgebracht, welche die Bedürfnisse der Wiesen und Weiden überschreiten. In solchen Situationen sollten die Hofdünger des Betriebes nach ihrem Stickstoff- und Phosphatgehalt verteilt und sollte auf kalihaltige Mineraldünger verzichtet werden.

Extensiv und wenig intensiv genutzte Wiesen. Um die vielfältige botanische

Zusammensetzung dieser Wiesen zu bewahren, müssen die Düngergaben klein sein, kleiner als die Nährstoffentzüge. Die fehlenden Nährstoffe werden aus den Bodenreserven entnommen.

Weiden. Es werden geringere Nährstoffmengen gedüngt, als die Tiere mit dem Wiesenfutter auf der Weide aufnehmen, weil durch die Tiere während des Weidens ausgeschiedene Nährstoffe auf der Fläche bleiben.

In den in Tabelle 3 angegebenen Normen für die Weiden (ohne Mahd) ist die Nährstoffrücklieferung durch die Tiere während der Weide berücksichtigt. Diese hängt vor allem von der täglichen Weidedauer, der Weidetechnik sowie vom auf der Weide aufgenommenen Rationenteil ab. Für die intensiven und mittel intensiven Weiden gibt die Tabelle 3 jeweils zwei Düngungsnormen an: Der erste Wert gilt für **Weidesysteme kombiniert mit Stallhaltung**, in denen die Tiere hauptsächlich zum Fressen auf der Weide sind (beispielsweise zur 50%igen Deckung des täglichen Futterbedarfes während 5 bis 6 Stunden täglicher Weidedauer oder zur fast vollständigen Deckung des täglichen Futterbedarfes auf der Weide während höchstens 12 Stunden täglicher Weidedauer). Der zweite Wert gilt bei **Weide ohne Stallhaltung** (die Tiere fressen nur auf der Weide, wo sie sich dauernd - die Melkzeiten beim Milchvieh ausgenommen - aufhalten). Bei Weidenutzung ohne Stallhaltung bleibt der grösste Teil der mit dem Weidefutter aufgenommenen Nährstoffe auf der Weidefläche; nur ein kleiner Teil wird exportiert. Die Düngungsnormen nehmen allerdings nicht proportional zur Zunahme an Nährstoffausscheidungen auf der Weide ab. Es wird berücksichtigt, dass Kuhfladen und Harnstellen unregelmässiger verteilt anfallen, wenn die Tiere nicht nur zum Fressen auf der Weide sind. Permanent beweidete Flächen, die in erster Linie dem Auslauf und nicht der Fütterung der Tiere dienen, müssen nicht gedüngt werden, da die in den Ausscheidungen enthaltene Nährstoffmenge zur Deckung des Düngbedarfes bereits ausreicht.

Für Flächen, die gelegentlich beweidet werden (Mähweiden), wird von der Düngungsnorm für Mähwiesen ein Abzug gemacht, weil die Tiere während der Weidedauer Nährstoffe ausscheiden, die für die Pflanzen verfügbar sind. Die pro Weidenutzung in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität und der Weide-

Tabelle 4. Mengen an Phosphat, Kali und Magnesium, die bei Mähweidenutzung pro einzelne Weidenutzung von den Düngungsnormen abzuziehen sind

Diese Abzüge gelten für eine durchschnittliche Weidenutzung, was ungefähr 15 dt TS/ha (verzehrte Futtermenge) oder 100 GVE-Weidetagen/ha entspricht.

Abbildung 4. Intensitätsstufen im Futterbau je nach Nutzung und Düngung (insbesondere Stickstoffdüngung)

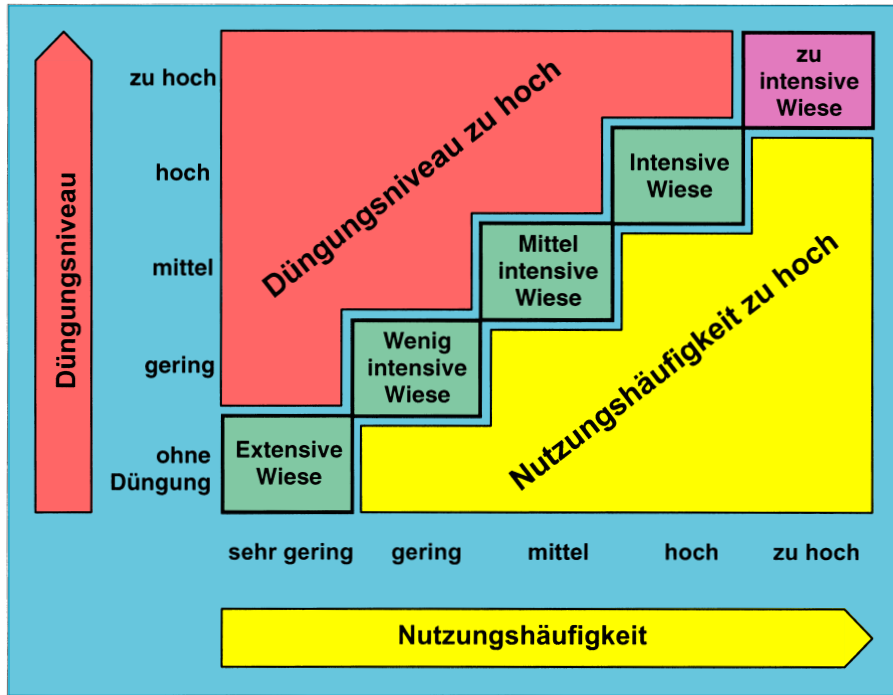
technik an Phosphat, Kali und Magnesium zu berücksichtigenden Abzüge sind in Tabelle 4 enthalten. Diese Abzüge beziehen sich auf eine mittlere Weidenutzung (verzehrter Ertrag von etwa 15 dt TS/ha, was bei einem Tagesverzehr von 15 kg TS/GVE etwa 100 GVE-Weidetagen/ha entspricht).

Bewirtschaftungsintensität	Weidesystem ¹	Nährstoffabzüge pro Weidenutzung ²			
		kg/ha N ³	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
intensiv	mit Stallhaltung ohne Stallhaltung	-	5,5	27	2,0
		-	8,5	43	3,0
mittel intensiv	mit Stallhaltung ohne Stallhaltung	-	4,5	23	1,5
		-	6,5	32	2,0
wenig intensiv	alle Systeme	-	4,0	20	-

¹ Die unterschiedenen Weidesysteme sind in Kapitel 3.3 beschrieben

² Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrter Ertrag > 10 dt TS/ha)

³ Die Weideabzüge für Stickstoff sind in den Stickstoffdüngungsnormen pro Nutzung (siehe Tab. 31) bereits berücksichtigt



4. Eigenschaften und Nährstoffzustand des Bodens

Für eine gezielte Düngung sind neben den Nährstoffbedürfnissen der Pflanzen auch verschiedene Bodeneigenschaften zu berücksichtigen. Diese können mittels periodischer Bodenuntersuchungen (im Ackerbau alle 3-4 Jahre, im Futterbau alle 4-6 Jahre), welche der Optimierung der zukünftigen Düngung, aber auch zur Kontrolle früherer Düngungsmassnahmen dienen, erfasst werden. Unterlagen für eine korrekte Probeentnahme - welche für die Güte der Resultate entscheidend ist - können bei den zuständigen Untersuchungsstellen oder bei den landwirtschaftlichen Beratungsdiensten bezogen werden.

Die Entwicklung des Nährstoffgehaltes des Bodens über längere Zeit und besonders der Vergleich der Nährstoffgehalte im Boden mit den gedüngten und den von den Pflanzen entzogenen Nährstoffmengen ist nur aussagekräftig, wenn die Randbedingungen einer korrekten Bodenprobenahme (Ort, Zeitpunkt in der Fruchtfolge, Entnahmetiefe usw.) peinlichst genau eingehalten werden.

Die wichtigsten zurzeit von den Forschungsanstalten verwendeten Bodenuntersuchungsmethoden, welche in zahlreichen Feldversuchen während Jahrzehnten geeicht wurden, sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Für die Interpretation der Phosphat-, Kali- und Magnesiumgehalte des Bodens ist die Kationenumtauschkapazität (Nährstoffspeicherungskapazität) von entscheidender Bedeutung. Zwischen der Kationenumtauschkapazität und dem Tongehalt des Bodens besteht eine enge Beziehung. Es ist daher sinnvoll, die Phosphat-, Kali- und Magnesiumgehalte des Bodens in Abhängigkeit des geschätzten oder analytisch bestimmten Tongehaltes in der mineralischen Feinerde zu beurteilen. Damit der analytisch bestimmte Tongehalt von humosen Böden nicht überschätzt wird, werden die Kornfraktionen in Böden mit mehr als 10 % Humus auf die Feinerde bezogen (vgl. Fussnote in Tab. 5). Bei diesen Böden wird der Humusgehalt bei der Interpretation der Nährstoffgehalte ebenfalls berücksichtigt.

Die Anpassung der Normdüngung an den Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt mit Hilfe sogenannter Korrekturfaktoren. Der allgemeine Nährstoffzustand des

Tabelle 5. Die wichtigsten Bodenuntersuchungsmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten im Hinblick auf eine optimale Gestaltung der Düngung im Feldbau

Eine ausführliche Beschreibung ist in den Referenzmethoden der Eidg. landw. Forschungsanstalten enthalten.

Bodens für Phosphat, Kali und Magnesium wird abhängig von den Korrekturfaktoren in 5 Klassen eingeteilt (Tab. 6).

Bei einigen Böden mit bestimmten Eigenschaften können die Ergebnisse der Bodenuntersuchung bezüglich Phosphat-, Kali- und/oder Magnesiumgehalt nur mangelhaft beurteilt werden. Dies betrifft besonders folgende Kombinationen von Bodeneigenschaften und Bodenuntersuchungsmethoden:

In Böden mit einem *Tongehalt von über 40 %* werden trotz erhöhter Düngung während längerer Zeit und normaler Entwicklung der Kulturen mit der *CO₂-Methode* oft nur sehr geringe Gehalte (Versorgungsstufe A) an Phosphat und/oder Kali ausgewiesen. Die Differenz zwischen den gedüngten und den durch die Kulturen entzogenen Nährstoffmengen steht nur in schwacher Beziehung zu den Ergebnissen der Bodenuntersuchung.

Mit dem stärkeren, sauren Extraktionsmittel *Ammoniumacetat+EDTA* ist die Interpretation der Ergebnisse vor allem bei *kalkhaltigen und teilweise auch bei tonarmen Böden* unzuverlässig, da teilweise nicht pflanzenverfügbare Nährstoffe extrahiert werden und damit ein zu hoher pflanzenverfügbarer Nährstoffgehalt des Bodens ausgewiesen wird.

In diesen Fällen ist die für die entsprechenden Bodenarten jeweils besser geeignete Extraktionsmethode zu wählen. Für gewisse Fälle ist die Wahl einer zusätzlichen, geeigneten Untersuchungsmethode zu empfehlen, um den Phosphat- und/oder Kaligehalt des Bodens zuverlässig zu beurteilen. In der Regel dürfte es hilfreich sein, in diesen Spezialfällen mit den Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten Kontakt aufzunehmen. Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz (Humus) wird in 5 Klassen eingeteilt und kann nach chemisch-physikalischen Eigenschaften (bodenkundlich) oder nach dessen Auswirkungen auf die

Probeentnahme		Probenaufbereitung	Untersuchungskriterium (Nährelement bzw. Bodeneigenschaft)
Zeitpunkt	Tiefe		
Zeitraum zwischen Ernte der letzten Kultur und Düngung der nachfolgenden Kultur. Vorzugsweise stets an der gleichen Stelle in der Fruchtfolge.	0-10 cm in Naturwiesen bzw. 0-20 cm in Kunstwiesen und Ackerland	Trocknen bei 40 °C und auf 2 mm absieben	P
			K
			Mg
			Mn (austauschbar)
			Mn (leicht reduzierbar)
			B
			H ⁺
			CaCO ₃
			P, K, Mg
			Körnung ¹ - Ton - Schluff - Sand
			Humus ¹
			- Humus - Ton - Schluff
			KUK K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺
H ⁺			
KUK K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺			
H ⁺			
Basensättigung (BS)			
Kurz vor dem Düngetermin (Frühjahr, Mai, Juni)	0-90 cm (0-30, 30-60, 60-90)	feldfeucht (gekühlt) absieben (10 mm)	NO ₃ -N + NH ₄ -N

Extraktionsmittel bzw. Verfahren / Methode	Verhältnis Boden zu Extraktionsmittel	Schüttel- bzw. Extraktionszeit	Masseinheit der Analysenergebnisse	Definition der Masseinheit Berechnung
CO ₂ -gesättigtes Wasser	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	P-Test 1 = 0,0356 mg P ₂ O ₅ pro 100 g Boden
CO ₂ -gesättigtes Wasser	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	K-Test 1 = 1 mg K ₂ O pro 100 g Boden
0,0125 M CaCl ₂	1 : 10	2 Std.	Testzahl	Mg-Test 1 = 1 mg Mg pro 100 g Boden
1 M Ammonium-acetat	1 : 10	30 Min.	ppm	mg Mn pro kg Boden
1 M Ammonium-acetat + Hydrochinon	1 : 10	30 Min.	ppm	mg Mn pro kg Boden
Heisswasser	1 : 5	5 Min. (Rückflusskühler)	ppm	mg B pro kg Boden
dest. Wasser	1 : 2,5	12 Std.	pH-Wert	
HCl konz., 1:1 verdünnt			%	g CaCO ₃ pro 100 g Boden
0,5 M Ammoniumacetat + 0,5 M Essigsäure + 0,025 M EDTA	1:10	1 Std.	ppm	mg/kg Boden
Sedimentation			%	g pro 100 g Boden
Sedimentation			%	g pro 100 g Boden
Berechnung			%	g pro 100 g Boden
Nasse Verbrennung mit K ₂ Cr ₂ O ₇ Titration		% org. C	% Humus = % org. C x 1,725	
Fühlprobe			% % %	
Kationenumtauschkapazität in Böden mit pH _(H₂O) < 6,0 0,05 M HCl + 0,0125 M H ₂ SO ₄	1 : 4	5 Min.	mäq	KUK = mäq (H ⁺ + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) pro 100 g Boden
pH-Differenz	1 : 1		mäq	
Kationenumtauschkapazität in Böden mit pH _(H₂O) < 5,9 0,1 M Bariumchlorid + 2 M Triethanolamin	1 : 25	15 Std. bei 45°C stehen lassen, dann 1 Std. schütteln	mäq	KUK = mäq (H ⁺ + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) pro 100 g Boden
Titration			mäq	
			%	BS = mäq (K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) · 100 / KUK
0,0125 M CaCl ₂	1 : 4	1 Std.	kg N pro ha	

¹ Körnung der mineralischen Feinerde: Die Summe der prozentualen Anteile von Ton, Schluff und Sand ist 100 %
Körnung der Feinerde: Die Summe der prozentualen Anteile von Ton, Schluff, Sand und Humus ist 100 %

Stickstoffdynamik des Bodens (agronomisch) beurteilt werden (Tab. 7).

Der Säuregrad des Bodens wird mit Hilfe des pH-Wertes beurteilt und in 6 Klassen eingeteilt (Tab. 8). Der pH-Wert dient nebst der groben Beurteilung des Kalkzustandes auch der Wahl der geeigneten Dünger (besonders Phosphatdünger). Um den Kalkzustand saurer und stark saurer Böden zuverlässig zu beurteilen, ist im Hinblick auf eine Kalkdüngung die Bestimmung der Basensättigung zu empfehlen. Die Beurteilung der Basensättigung erfolgt gemäss Tabelle 9.

In Ausnahmefällen (anspruchsvolle Kulturen, erhöhtes Mangelrisiko) wird es notwendig sein, auch den Bor- und Mangangehalt des Bodens zu bestimmen. Die Interpretation der entsprechenden Analysenwerte sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Die Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens (N_{min}) dient der Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau. Die kultur- und zeitbezogene Berücksichtigung des N_{min} -Gehaltes des Bodens bei der Bemessung der N-Gaben ist in Kapitel 7 dargestellt. Die N_{min} -Methode kann auch zur Untersuchung ökologischer Fragestellungen gute Dienste leisten. Sie ist jedoch nicht geeignet, um nach der Düngung oder nach der Ernte einer Kultur nachträglich die Zweckmässigkeit der verabreichten Stickstoffdüngung zu beurteilen.

5. Pflanzenanalyse

Nebst den Bodenuntersuchungen kann während der Vegetationsperiode ausnahmsweise auch die Pflanzenanalyse als ergänzende Massnahme zur Lösung von Düngungsproblemen herangezogen werden.

Im *Futterbau* ist es oft sinnvoll, nebst den Ergebnissen der Bodenanalysen auch die Resultate der Futteranalysen sowie die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes bei der Bemessung der Düngung zu berücksichtigen. Bei einer suboptimalen Kaliversorgung des Bodens (Korrekturfaktor für die Kali-Normdüngung grösser als 1) ist es empfehlenswert, auch Futteranalysen zur Bemessung der Kalidüngung zu berücksichtigen (vgl. Tab. 14). Andererseits erlauben Futteranalysen auch die Normen für die Kaliausscheidungen raufutterverzehrender Tiere (vgl. Fussnote 5 in Tab. 41) sowie den Kaligehalt der anfallenden

Tabelle 6. Allgemeine Beurteilung des Nährstoffzustandes des Bodens aufgrund der in Tabelle 13 bis Tabelle 19 ermittelten Korrekturfaktoren

Korrekturfaktor	
über 1,4	
1,2 - 1,4	
0,9 - 1,1	
0,2 - 0,8	
unter 0,2	

Tabelle 7. Bodenkundliche (chemisch-physikalische) und agronomische (v.a. Einfluss auf Stickstoffdynamik des Bodens) Beurteilung des Humusgehaltes des Bodens

Der Humusgehalt des Bodens entspricht dem organisch gebundenen Kohlenstoff (C) multipliziert mit 1,725.

Bodenkundliche Beurteilung bezüglich Bodenart (chem.-phys.)	
Humusgehalt in %	Bezeichnung
unter 2	humusarm
2 - 5	schwach humos
5 - 10	humos
10 - 20	humusreich
über 20	Humusboden

Tabelle 8. Beurteilung des pH-Wertes (Reaktion) und der Kalkbedürftigkeit des Bodens

pH _(H₂O)	Bezeichnung
unter 5,3	stark sauer
5,3 - 5,8	sauer
5,9 - 6,7	schwach sauer
6,8 - 7,2	neutral
7,3 - 7,6	schwach alkalisch
über 7,6	alkalisch

Tabelle 9. Beurteilung des Kalkzustandes des Bodens aufgrund der Basensättigung

Basensättigung (%)	
Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen
unter 40	unter 30
40 - 49	30 - 39
50 - 59	40 - 49
60 - 80	50 - 80
über 80	über 80

Tabelle 10. Beurteilung des Bor- und Mangangehaltes des Bodens

Bor	
Gehalt des Bodens (ppm)	Bezeichnung
< 0,6	arm
0,6 - 1,5	mässig
1,6 - 2,0	genügend
2,1 - 5,0	Vorrat
> 5,0	angereichert

Beurteilung	Versorgungsklasse
arm	A
mässig	B
genügend	C
Vorrat	D
angereichert	E

Agronomische Beurteilung (besonders hinsichtlich Stickstoffdynamik)			
Humusgehalt des Bodens (%)			Bezeichnung
unter 15 % Ton	15 - 30 % Ton	über 30 % Ton	
< 1,2	< 1,8	< 2,5	tief / gering
1,2 - 3,0	1,8 - 4,0	2,5 - 6,0	ausreichend / normal
3,0 - 7,0	4,0 - 8,0	6,0 - 10,0	erhöht
7,0 - 20,0	8,0 - 20,0	10,0 - 20,0	stark erhöht
> 20	> 20	> 20	sehr hoch

Salzsäureprobe	Kalkbedürftigkeit ¹
-	Kalkung erforderlich
-	Kalkung erforderlich
-	Erhaltungskalkung
+/-	Erhaltungskalkung
+	Keine Kalkung
+	Keine Kalkung

¹ Im Futterbau sind Pflanzenbestand und an den Standort angepasste Pflanzenarten zu berücksichtigen

Bezeichnung des Kalkzustandes des Bodens	Versorgungsklasse
sehr arm	A
arm	A
mässig	B
genügend	C
Vorrat	D

Versorgungs- klasse	Mangan			
	Gehalt des Bodens (ppm)		Bezeichnung	Versorgungs- klasse
	aus- tausch- bar	leicht reduzier- bar		
A	< 2	< 50	arm	A
B	< 2	> 50	arm	A
C	> 2	< 50	mässig	B
D	> 2	> 50	genügend	C
E				

Hofdünger zu korrigieren (vgl. Fussnote 7 in Tab. 44).

Im *Ackerbau* kann die Pflanzenanalyse vor allem zur Lösung akuter Düngungsproblemen beitragen. Dabei ist stets zu beachten: Die Ergebnisse von Pflanzenanalysen zeigen den aktuellen Nährstoffgehalt einer Pflanze oder eines bestimmten Pflanzenteils. Die Interpretation der Resultate erfolgt mit Hilfe von Vergleichsuntersuchungen oder Referenzwerten aus der Literatur. Die Pflanzenanalyse erlaubt keine Rückschlüsse auf die Ursache von Ernährungsstörungen. Sie kann jedoch bei der Beurteilung der kurzfristigen Wirkung einer durchgeführten Düngungsmassnahme hilfreich sein.

Die Untersuchung von pflanzlichem Material (ganze Pflanze, Stängel, Blätter, Blatteile usw.) zur Beurteilung der Düngedürftigkeit hat folgende entscheidende Nachteile: Die Resultate können nur zur Überprüfung und eventuellen Korrektur bereits ausgeführter Massnahmen dienen und die Nährstoffkonzentrationen in den einzelnen Pflanzenteilen unterliegen starken Schwankungen (in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums, der Witterungs- und Wachstumsverhältnisse vor der Probenahme und teilweise sogar der Tageszeit). Die Resultate der Pflanzenanalyse können daher weder zur Düngungsplanung noch zur Bemessung der Grunddüngung verwendet werden.

6. Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung

Die Bemessung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung basiert auf dem Prinzip des Ersatzes der durch die Pflanzen entzogenen Nährstoffmengen bei optimal mit diesen Nährstoffen versorgten Böden. Bei der Festlegung der Düngungsnormen (Tab. 2 und Tab. 3) wurden nebst dem Entzug noch weitere Faktoren berücksichtigt (Kap. 3.1 und Kap. 3.3). Die *Anpassung der Düngungsnorm* an den Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt mit sogenannten *Korrekturfaktoren* (Kap. 6.1 bis Kap. 6.3).

Für die Bestimmung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumgehalte im Boden stehen künftig zwei Bodenuntersuchungssysteme für die Ermittlung der Düngedürftigkeit zur Verfügung. Einerseits können diese Nährstoffe mit dem «aggressiven» Ammoniumacetat+EDTA extrahiert werden, andererseits stehen die bis anhin verwendeten «milden» Extraktionsmittel (CO₂-gesättigtes Wasser für P und K;

Tabelle 11. Vorgehen zur Bestimmung des Korrekturfaktors für Böden mit einem Humusgehalt von mehr als 10 %

Der Humusgehalt des Bodens entspricht dem organisch gebundenen Kohlenstoff (C) multipliziert mit 1,725.

Tabelle 12. Abweichung der Korrekturfaktoren, die nach der Ammoniumacetat+EDTA-Methode ermittelt wurden von denjenigen der CO₂- oder CaCl₂-Methode

Calciumchlorid für Mg) weiterhin zur Verfügung. Im ersten Fall geht man davon aus, dass die extrahierten Nährstoffe längerfristig von den Pflanzen genutzt werden können. Mit den milden Extraktionsmitteln werden vorwiegend die löslichen, den Pflanzen unmittelbar zur Verfügung stehenden Nährstoffe des Bodens erfasst. Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile. Die einzelnen Methoden eignen sich für die vielfältigen Bodentypen und -arten, die in der Schweiz vorkommen, mehr oder weniger gut als Grundlage für pflanzenbaulich und ökologisch optimale Düngungsempfehlungen.

Bei der Festlegung der Korrekturfaktoren für die Normdüngung werden sowohl der Nährstoff- und Tongehalt (Tab. 13 bis Tab. 19) als auch der Humusgehalt des Bodens (Tab. 11) berücksichtigt.

6.1. Korrektur der Phosphat-, Kali- und Magnesium-Normdüngung aufgrund der Ammoniumacetat+EDTA-Methode

Die Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen wird in der Regel anhand von mehrjährigen Feldversuchen an verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Beziehungen zwischen den Gehalten im Boden und dem Pflanzengehalt beziehungsweise der Reaktion der Pflanzen auf die Düngung sind entscheidende Kriterien für eine zuverlässige Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse. Für die Ammoniumacetat+EDTA-Methode

Humusgehalt des Bodens (%)	Tongehalt (%) der Feinerde des Bodens	Korrekturfaktoren in Tabelle 13 bis Tabelle 19 benützen. Dabei sind die Kolonnen mit untenstehen dem Tongehalt des Bodens zu wählen (anstelle des effektiven Tongehaltes)
10 - 20 20 - 40 über 40	unter 30 unter 30 -	10 - 15 % Ton 5 - 10 % Ton 5 - 10 % Ton
-	über 30	effektiver Tongehalt des Bodens

Nährstoff	Böden	Anzahl	Abweichung der Korrekturfaktoren der Ammoniumacetat+EDTA-Methode im Vergleich zur CO ₂ - bzw. CaCl ₂ -Methode; Anteil der Proben in %		
			grösser -0,2	0 ± 0,2	grösser +0,2
P	Alle	1390	14	70	16
	Ton < 10 %	61	22	66	12
	Ton 10 - 30 %	1162	13	72	15
	Ton > 30 %	167	17	63	20
	pH < 6,8	293	5	80	15
	pH 6,8 - 7,2	175	20	70	10
	pH > 7,2	495	18	65	17
K	Alle	1390	9	80	11
	Ton < 10 %	61	41	59	0
	Ton 10 - 30 %	1162	7	82	11
	Ton > 30 %	167	1	82	17
	pH < 6,8	293	15	81	4
	pH 6,8 - 7,2	175	6	85	9
	pH > 7,2	495	3	76	21
Mg	Alle	1390	22	73	5
	Ton < 10 %	61	22	71	7
	Ton 10 - 30 %	1162	19	76	5
	Ton > 30 %	167	38	60	2
	pH < 6,8	293	2	96	2
	pH 6,8 - 7,2	175	6	86	8
	pH > 7,2	495	57	41	2

sind solche Untersuchungen weit fortgeschritten. Trotzdem war es nicht möglich, daraus entsprechende Korrekturfaktoren abzuleiten. Deshalb basieren die vorliegenden Korrekturfaktoren für diese Methode auf Vergleichen mit der Interpretation der CO₂-Methode (P, K) beziehungsweise der CaCl₂-Methode (Mg). Dazu wurden etwa 1300 Ackerbau- und einige wenige Futterbauschläge aus der ganzen Schweiz verwendet. Die folgenden Ausführungen beziehen sich deshalb zum weitaus grössten Teil auf den Ackerbau. Einige punktuelle Untersuchungen im Futterbau zeigen, dass die Düngeberatung aufgrund von Ergebnissen der Ammoniumacetat+EDTA-Methode mit einigen Unsicherheiten behaftet ist. Für die parzellenspezifische Düngeberatung im Futterbau wird deshalb in der Regel die Verwendung der CO₂-Methode empfohlen.

Die Übereinstimmung der Interpretation der Ergebnisse beider Methoden ist aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Extraktionsmittel stark von den Bodeneigenschaften abhängig (Tab. 12). Beim Phosphat sind die grössten Abweichungen bei den kalkhaltigen, schweren Böden (pH-Wert > 7,2; Tongehalt > 30 %) festzustellen, während beim Magnesium die stark kalkhaltigen Böden (pH > 7,6) die grössten Differenzen zwischen den beiden Extraktionsverfahren aufweisen. Auch durch eine spezielle Behandlung dieser beiden Bodengruppen konnte keine Verbesserung der Übereinstimmung erzielt werden. Die Elimination dieser Daten führt jedoch zu einer befriedigenden Übereinstimmung, das heisst in der überwiegenden Anzahl der Fälle zu einer ähnlichen Düngeempfehlung. Falls im Einzelfall grössere Abweichungen der Düngeempfehlung auftreten, ist bei der Bemessung der Düngung die Berücksichtigung früherer Bodenuntersuchungen sowie die Düngepraxis der letzten Jahre empfehlenswert.

Die Anpassung der Düngeempfehlung an den parzellenspezifischen Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt mit Hilfe der in Tabelle 13 bis Tabelle 15 aufgeführten Korrekturfaktoren in Abhängigkeit der P-, K- beziehungsweise Mg-Gehalte sowie des Tongehaltes des Bodens. Für Böden mit einem Humusgehalt von über 10 % sind die Angaben in Tabelle 11 zu beachten.

Die jeweils ermittelten Korrekturfaktoren sind bis zur nächsten Untersuchung des Bodens bei der Düngung jeder Kultur zu berücksichtigen.

Tabelle 13. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Phosphat in Abhängigkeit der P-Gehalte (mg P/kg, Ammoniumacetat+EDTA-Methode, AAE10-P) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus, Böden mit weniger als 30 % Ton und kalkfreien Böden mit mehr als 30 % Ton

Für kalkhaltige Böden (pH > 7,2) mit einem Tongehalt von > 30 % wird die Verwendung der CO₂-Methode empfohlen. Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

AAE10-P mg P/kg	Korrekturfaktor	
	0-4,9	5-9,9
0 - 9,9	1,5	1,5
10 - 14,9	1,5	1,5
15 - 19,9	1,5	1,4
20 - 24,9	1,4	1,4
25 - 29,9	1,4	1,4
30 - 34,9	1,4	1,3
35 - 39,9	1,3	1,3
40 - 44,9	1,3	1,3
45 - 49,9	1,3	1,2
50 - 54,9	1,2	1,2
55 - 59,9	1,2	1,2
60 - 64,9	1,2	1,0
65 - 69,9	1,0	1,0
70 - 74,9	1,0	1,0
75 - 79,9	1,0	1,0
80 - 84,9	1,0	1,0
85 - 89,9	1,0	0,8
90 - 94,9	0,8	0,8
95 - 99,9	0,8	0,6
100 - 104,9	0,6	0,6
105 - 109,9	0,6	0,4
110 - 114,9	0,4	0,4
115 - 119,9	0,4	0,2
120 - 124,9	0,2	0,2
125 - 129,9	0,2	0
≥ 130	0	0

Tabelle 14. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Kali in Abhängigkeit des K-Gehaltes (mg K/kg, Ammoniumacetat+EDTA-Methode, AAE10-K) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

Für intensive und mittelintensive Wiesen ist ein maximaler Korrekturfaktor von 1,2 und für wenig intensive Wiesen ein maximaler Korrekturfaktor von 1,0 zu verwenden. Bei mittelintensiven und intensiven Wiesen ist bei Kali-Gehalten des Futters über 25 g K/kg TS ein maximaler Korrekturfaktor von 1,0 zu verwenden.

AAE10-K mg K/kg	Korrekturfaktor	
	0-4,9	5-9,9
0 - 39,9	1,4	1,4
40 - 59,9	1,4	1,4
60 - 79,9	1,3	1,3
80 - 99,9	1,3	1,3
100 - 119,9	1,2	1,2
120 - 139,9	1,2	1,2
140 - 159,9	1,0	1,0
160 - 179,9	1,0	1,0
180 - 199,9	1,0	1,0
200 - 219,9	1,0	1,0
220 - 239,9	0,8	0,8
240 - 259,9	0,8	0,8
260 - 279,9	0,8	0,8
280 - 299,9	0,6	0,6
300 - 319,9	0,6	0,6
320 - 339,9	0,6	0,6
340 - 359,9	0,4	0,4
360 - 379,9	0,4	0,4
380 - 399,9	0,2	0,2
400 - 419,9	0,2	0,2
≥ 420	0	0

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6
1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4
0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,2
0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2
0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0
0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0
0,2	0,2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0
1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2
0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0
0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0
0,2	0,2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

6.2. Korrektur der Phosphat- und Kali-Normdüngung aufgrund der CO₂-Methode

Die Anpassung der Düngungsnorm an den parzellenspezifischen Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt für die CO₂-Methode mit Hilfe der in Tabelle 16 bis Tabelle 18 aufgeführten Korrekturfaktoren in Abhängigkeit der P- beziehungsweise K- sowie des Tongehaltes des Bodens. Diese Korrekturfaktoren gelten für die meisten Böden des schweizerischen Mittellandes, der Voralpen und des Juras mit einem Humusgehalt unter 10 %. Für Böden mit einem Humusgehalt über 10 % sind die Angaben in Tabelle 11 zu beachten.

Schluffige Böden aus Bündner-Schiefer-Verwitterung sowie saure, sandige Böden im Kanton Tessin benötigen für Phosphat eine spezielle Beurteilung. Die

Tabelle 15. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Magnesium in Abhängigkeit des Mg-Gehaltes (mg Mg/kg, Ammoniumacetat+EDTA-Methode, AAE10-Mg) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus und einem pH-Wert ≤ 7,6

Für Böden mit einem pH-Wert von mehr als 7,6 wird die CaCl₂-Methode empfohlen. Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

entsprechenden Korrekturfaktoren für die Phosphatdüngung sind in Tabelle 17 enthalten.

Die ermittelten Korrekturfaktoren sind bis zur nächsten Untersuchung des Bodens bei der Düngung jeder Kultur zu berücksichtigen.

AAE10-Mg mg Mg/kg	Korrekturfaktor	
	0-4,9	5-9,9
0 - 49,9	1,2	1,2
50 - 74,9	1,0	1,0
75 - 99,9	1,0	1,0
100 - 124,9	0,8	0,8
125 - 149,9	0,8	0,8
150 - 174,9	0,4	0,4
175 - 199,9	0,4	0,4
200 - 224,9	0,2	0,2
225 - 249,9	0,2	0,2
250 - 274,9	0	0
275 - 299,9	0	0
300 - 324,9	0	0
325 - 349,9	0	0
350 - 374,9	0	0
375 - 399,9	0	0
400 - 424,9	0	0
425 - 449,9	0	0
450 - 474,9	0	0
475 - 499,9	0	0
500 - 524,9	0	0
525 - 549,9	0	0
≥ 550	0	0

Tabelle 17. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Phosphat (P-Test, CO₂-Methode) im Acker- und Futterbau für schluffige Böden aus Bündner-Schiefer-Verwitterung sowie für sandige, saure Böden im Kanton Tessin

Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

Tabelle 16. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Phosphat im Acker- und Futterbau in Abhängigkeit der Phosphat-Testzahl (P-Test, CO₂-Methode) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

P-Test	Korrekturfaktor	
	0-4,9	5-9,9
0 - 1,9	1,5	1,5
2 - 2,9	1,5	1,5
3 - 3,9	1,5	1,5
4 - 4,9	1,5	1,5
5 - 5,9	1,5	1,4
6 - 6,9	1,4	1,3
7 - 7,9	1,3	1,2
8 - 8,9	1,2	1,1
9 - 9,9	1,1	1,0
10 - 10,9	1,0	1,0
11 - 11,9	1,0	1,0
12 - 12,9	1,0	1,0
13 - 13,9	1,0	1,0
14 - 14,9	1,0	1,0
15 - 15,9	1,0	0,9
16 - 16,9	1,0	0,9
17 - 17,9	0,9	0,9
18 - 18,9	0,9	0,8
19 - 19,9	0,9	0,8
20 - 20,9	0,8	0,7
21 - 21,9	0,8	0,7
22 - 22,9	0,8	0,7
23 - 23,9	0,7	0,6
24 - 24,9	0,7	0,6
25 - 25,9	0,7	0,6
26 - 26,9	0,6	0,5
27 - 27,9	0,6	0,5
28 - 28,9	0,6	0,5
29 - 29,9	0,5	0,4
30 - 30,9	0,5	0,4
31 - 31,9	0,5	0,4
32 - 32,9	0,4	0,3
33 - 33,9	0,4	0,3
34 - 34,9	0,4	0,3
35 - 35,9	0,3	0,2
36 - 36,9	0,3	0,2
37 - 37,9	0,3	0
38 - 38,9	0,2	0
39 - 39,9	0,2	0
40 - 40,9	0,2	0
≥ 41	0	0

Phosphat-Testzahl (P-Test)	Korrekturfaktor	
Schluffige Böden aus Bündner-Schiefer-Verwitterung mit einem Tongehalt der Feinerde unter 25 % und einem Schluffgehalt der Feinerde über 40 %	Sandige, saure Böden im Kanton Tessin mit einem Tongehalt der Feinerde unter 10 %, einem Sandgehalt der Feinerde über 50 % und einem pH-Wert unter 5,9	
0 - 2,9	0 - 2,1	1,5
3,0 - 4,9	2,2 - 2,5	1,4
5,0 - 6,9	2,6 - 2,9	1,3
7,0 - 8,9	3,0 - 3,3	1,3
9,0 - 10,4	3,4 - 3,7	1,2
10,5 - 11,4	3,8 - 4,1	1,2
11,5 - 12,4	4,2 - 4,5	1,1
12,5 - 13,4	4,6 - 4,9	1,1
13,5 - 14,4	5,0 - 5,3	1,0
14,5 - 15,4	5,4 - 5,7	1,0
15,5 - 16,7	5,8 - 6,4	1,0
16,8 - 18,3	6,5 - 7,4	0,9
18,4 - 19,9	7,5 - 8,4	0,8
20,0 - 21,5	8,5 - 9,4	0,7
21,6 - 23,1	9,5 - 10,4	0,6
23,2 - 24,7	10,5 - 11,4	0,5
24,8 - 26,3	11,5 - 12,4	0,4
26,4 - 27,9	12,5 - 13,4	0,3
28,0 - 29,5	13,5 - 14,4	0,2
29,6 - 30,4	14,5 - 15,4	0,2
> 30,4	> 15,4	0

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6
1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4
0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0
0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8
0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6
	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6
		0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4
			0	0,2	0,2	0,2	0,4
				0	0,2	0,2	0,2
					0	0,2	0,2
						0	0,2
							0

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7
1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6
1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0
0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0	
0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2		
0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0		
0,7	0,6	0,5	0,3	0,2			
0,6	0,5	0,4	0,3	0			
0,6	0,5	0,4	0,2				
0,6	0,5	0,4	0,2				
0,5	0,4	0,3	0				
0,5	0,4	0,3					
0,5	0,4	0,2					
0,4	0,3	0					
0,4	0,3						
0,4	0,2						
0,3	0						
0,3							
0,2							
0,2							
0							

6.3. Korrektur der Magnesium-Normdüngung aufgrund der CaCl₂-Methode

Die Interpretation der Analyseergebnisse beziehungsweise die Korrektur der Normdüngung ist ähnlich wie beim Kali vom Tongehalt des Bodens abhängig (Tab. 19). Aufgrund der Eigenschaften des Extraktionsmittels (Austauschlösung) steigt die optimale Versorgung der Böden (Korrekturfaktor 1,0) mit zunehmendem Tongehalt an.

6.4. Spezielle Hinweise zum Einsatz von Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngern

Mineralische Phosphatdünger werden in der Regel vor der Grundboden- oder vor der Saatbettbereitung ausgebracht. Bezüglich Wahl der Phosphatform sind die Angaben in Tabelle 55 und Tabelle 58 zu beachten.

Um Kali-Luxuskonsum durch einige Futterpflanzen zu verhindern, der meist den Magnesiumgehalt in der Pflanze verringert, sind *mineralische Kaligaben* von mehr als etwa 200 kg K₂O/ha in zwei Teilgaben auszubringen (z.B. bei Vegetationsbeginn und nach der 2. Nutzung). Im Ackerbau sind mögliche Salzsäden bei empfindlichen Kulturpflanzen zu verhindern, indem Kaligaben in mineralischer Form auf 300 kg K₂O/ha beschränkt werden. Höhere Kaligaben sind mit Vorteil teilweise in Form von Hofdünger oder zu einer Gründüngung zu verabreichen. Auf sandigen Böden ist die Kalidüngung im Spätwinter oder Frühjahr durchzuführen; dadurch können nennenswerte Kaliverlagerungen in tiefere, nicht durchwurzelbare Bodenschichten verhindert werden. Bei der Wahl der mineralischen Dünger sind deren Eigenschaften (Tab. 55 und Tab. 58) zu beachten.

Magnesium ist im Boden relativ gut beweglich. Daher ist folgendes zu beachten, um Auswaschungsverluste zu vermeiden: Wasserlösliche *Magnesiumdünger* (Magnesiumsulfat) sind, ähnlich wie Stickstoffdünger, kurz vor einem größeren Bedarf der Kulturen, einzusetzen. Zur Verbesserung der mittel- und langfristigen Magnesiumversorgung des Bodens sind mindestens teilweise weniger lösliche Magnesiumformen (Tab. 55) wie Magnesiumoxid (MgO) oder Magnesiumumkarbonat (MgCO₃ in Dolomitkalk) zu wählen.

Hofdünger, welche beim Einsatz von betriebseigenem Futter anfallen, können

Tabelle 18. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Kali im Acker- und Futterbau in Abhängigkeit der Kali-Testzahl (K-Test, CO₂-Methode) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

Für intensive und mittelintensive Wiesen ist ein maximaler Korrekturfaktor von 1,2 und für wenig intensive Wiesen ein maximaler Korrekturfaktor von 1,0 zu verwenden. Bei mittelintensiven und intensiven Wiesen ist bei Kali-Gehalten des Futters über 25 g K/kg TS ein maximaler Korrekturfaktor von 1,0 zu verwenden.

K-Test	Tongehalt	
	0-4,9	5-9,9
0 - 0,49	1,5	1,5
0,50 - 0,74	1,5	1,5
0,75 - 0,99	1,5	1,5
1,00 - 1,24	1,5	1,5
1,25 - 1,49	1,5	1,5
1,50 - 1,74	1,5	1,4
1,75 - 1,99	1,5	1,4
2,00 - 2,24	1,4	1,3
2,25 - 2,49	1,3	1,2
2,50 - 2,74	1,2	1,1
2,75 - 2,99	1,1	1,0
3,00 - 3,24	1,0	1,0
3,25 - 3,49	1,0	1,0
3,50 - 3,74	1,0	1,0
3,75 - 3,99	1,0	1,0
4,00 - 4,24	1,0	0,9
4,25 - 4,49	0,9	0,9
4,50 - 4,74	0,9	0,8
4,75 - 4,99	0,9	0,8
5,00 - 5,24	0,8	0,7
5,25 - 5,49	0,8	0,7
5,50 - 5,74	0,8	0,7
5,75 - 5,99	0,7	0,6
6,00 - 6,24	0,7	0,6
6,25 - 6,49	0,7	0,6
6,50 - 6,74	0,6	0,5
6,75 - 6,99	0,6	0,5
7,00 - 7,24	0,6	0,5
7,25 - 7,49	0,5	0,4
7,50 - 7,74	0,5	0,4
7,75 - 7,99	0,5	0,4
8,00 - 8,24	0,4	0,3
8,25 - 8,49	0,4	0,3
8,50 - 8,74	0,4	0,3
8,75 - 8,99	0,3	0,2
9,00 - 9,24	0,3	0,2
9,25 - 9,49	0,3	0
9,50 - 9,74	0,2	0
9,75 - 9,99	0,2	0
10,00 - 10,24	0,2	0
≥ 10,25	0	0

Tabelle 19. Korrekturfaktoren der Normdüngung für Magnesium im Acker- und Futterbau in Abhängigkeit der Magnesium-Testzahl (Mg-Test, CaCl₂-Methode) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

Mg-Test	Tongehalt	
	0-4,9	5-9,9
0 - 1,9	1,4	1,4
2 - 2,9	1,2	1,4
3 - 3,9	1,2	1,2
4 - 4,9	1,0	1,2
5 - 5,9	1,0	1,0
6 - 6,9	1,0	1,0
7 - 7,9	0,8	1,0
8 - 8,9	0,8	1,0
9 - 9,9	0,6	0,8
10 - 10,9	0,6	0,6
11 - 11,9	0,4	0,6
12 - 12,9	0,2	0,4
13 - 13,9	0	0,4
14 - 14,9	0	0,2
15 - 15,9	0	0
16 - 16,9	0	0
17 - 17,9	0	0
18 - 18,9	0	0
19 - 19,9	0	0
20 - 20,9	0	0
21 - 21,9	0	0
22 - 22,9	0	0
23 - 23,9	0	0
24 - 24,9	0	0
25 - 25,9	0	0
26 - 26,9	0	0
27 - 27,9	0	0
28 - 28,9	0	0
≥ 29	0	0

auch ausgebracht werden, wenn im Boden bereits grössere Nährstoffvorräte vorhanden sind (Korrekturfaktoren unter 0,8). Die ausgebrachten Nährstoffmengen sollten in diesen Fällen jedoch 80 % der Normdüngung nicht übersteigen. Anfallende Nährstoffe in Hofdüngern aus betriebsfremden Futtermitteln sowie betriebsfremde Dünger sollten aus der Sicht einer optimalen Ernährung der Pflanzen und aus ökologischen Gründen nur in Mengen ausgebracht werden, welche der aufgrund des Bodengehaltes korrigierten Normdüngung entsprechen.

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2
1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0
1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0	
0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2		
0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0		
0,8	0,8	0,7	0,5	0,3			
0,8	0,7	0,6	0,4	0,2			
0,7	0,7	0,6	0,3	0			
0,7	0,6	0,5	0,3				
0,6	0,6	0,4	0,2				
0,6	0,5	0,4	0				
0,6	0,5	0,3					
0,5	0,4	0,3					
0,5	0,4	0,2					
0,5	0,3	0					
0,4	0,3						
0,4	0,2						
0,4	0,2						
0,3	0						
0,3							
0,2							
0,2							
0							

Tongehalt der Feinerde des Bodens (%)							
10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6
1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,6
1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4
0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0
0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
	0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0
		0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
		0	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
			0	0,4	0,6	0,6	0,6
				0,2	0,4	0,6	0,6
				0	0,4	0,4	0,6
					0,2	0,4	0,4
					0	0,4	0,4
						0,2	0,4
						0	0,2
							0,2
							0

7. Stickstoffdüngung

7.1. Ackerbau

Die Optimierung der Stickstoffdüngung ist wesentlich heikler und komplexer als diejenige anderer Nährstoffe, da verschiedene Einflussfaktoren stets grösseren witterungsbedingten und damit weder voraussehbaren noch genau kalkulierbaren Schwankungen unterliegen. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind die *Stickstoffmineralisierung* des Bodens (abhängig von der Witterung, vom Humusgehalt des Bodens, der Vorfrucht, der Bodenbearbeitung, der Bodenstruktur, der Nachwirkung organischer Dünger), der *zeitliche und mengenmässige Bedarf der Kulturpflanzen* (abhängig von den herrschenden Wachstumsbedingungen), der stark *schwankende Gehalt und der unsichere Mineralisierungszeitpunkt (Wirkungszeitpunkt) organischer Dünger* wie Mist, Gülle, Gründünger, Kompost und Klärschlamm sowie das Ausmass von *Stickstoffverlusten* durch Nitratauswaschung, Ammoniakverflüchtigung und Denitrifikation. Da es zurzeit kein absolut sicheres Verfahren gibt, diese Einflussfaktoren zuverlässig zu beurteilen, werden hier zwei verschiedene Ansätze zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau beschrieben. Während der erste Ansatz auf langjährig erarbeiteten Schätzungen der einzelnen Einflussfaktoren basiert (Schätzmethode oder Methode korrigierter Normen), wird beim zweiten Ansatz das Ergebnis aller stickstoffdynamischen Prozesse mit Hilfe einer relativ aufwändigen Bodenuntersuchung zu definierten Zeitpunkten analytisch bestimmt (Messmethode oder N_{\min} -Methode). Aufgrund der Kenntnisse, der Erfahrungen sowie der Möglichkeit, Bodenproben zur Bestimmung des Gehaltes an Mineralstickstoff (N_{\min}) zu entnehmen und untersuchen zu lassen, wird das eine oder andere der beschriebenen Verfahren gewählt. Dabei ist zu beachten, dass die Schätzmethode vor allem in Gebieten mit geringeren Niederschlägen und einfacheren Fruchtfolgen zu guten Ergebnissen führen kann, während die Messmethode unter feuchterem Klima und vielfältigen Fruchtfolgen Vorteile aufweist.

Unabhängig von der gewählten Methode sind die in Tabelle 20 enthaltenen Angaben bezüglich Aufteilung, Zeitpunkt und Höchstmenge der einzelnen Stickstoffgaben zu den verschiedenen Kulturen zu beachten. Dabei sind insbesondere die angegebenen maximalen N-Gaben bei

Tabelle 20. Optimaler Zeitpunkt und Höchstmenge einzelner Stickstoffgaben zu verschiedenen Kulturen in Abhängigkeit von Niederschlags- und Bodenverhältnissen

Bei einem ausgewiesenen höheren N-Bedarf sind die aufgeführten maximalen N-Gaben zu den definierten Zeitpunkten nicht zu erhöhen. Es kann jedoch zum Zeitpunkt des erhöhten Bedarfs eine zusätzliche Gabe von maximal 40 kg N/ha verabreicht werden.

Vegetationsbeginn der Winterkulturen (Wintergetreide, Raps) sowie diejenigen zur Saat bzw. Pflanzung der Sommerkulturen (Sommergetreide, Hackfrüchte) nicht zu überschreiten, um das Risiko von Nitratauswaschungsverlusten möglichst klein zu halten.

¹ Niederschlagssumme von Januar bis Juni unter 450 mm

² Speichervermögen an leicht verfügbarem Wasser über 70 mm

³ Niederschlagssumme von Januar bis Juni über 450 mm

⁴ Speichervermögen an leicht verfügbarem Wasser unter 70 mm

Kultur bzw. Gruppe von Kulturen	
Getreide und Mais Wintergetreide	
Sommergetreide	
Körner- und Silomais, CCM (Maiskolbensilage)	
Grünmais	
Knollen- und Wurzelfrüchte Kartoffeln für Speisezwecke und techn. Verarbeitung	
Frühkartoffeln	
Saatkartoffeln	
Zucker- und Futterrüben	
Öl- und Faserpflanzen Winterraps	
Sommerraps	
Sonnenblumen	
Ölhanf	
Faserhanf	
Öllein	
Faserlein	
Chinaschilf	
Kenaf	
Körnerleguminosen	
Feldgemüse Kabis, Einschnide-	
Rosenkohl	
Endivie	
Karotten, Lager-	
Erbsen, Bohnen (Verarbeitung)	
Zwiebeln, gesteckt	
Spinat	
Gründüngung	
Übrige Kulturen Tabak (Burley)	

Trockenere Gebiete ¹ oder tiefgründigere Böden ²		Feuchtere Gebiete ³ oder flachgründigere Böden ⁴	
Zeitpunkt bzw. Entwicklungsstadium der Kultur	Maximale N-Gabe (kg N/ha)	Zeitpunkt bzw. Entwicklungsstadium der Kultur	Maximale N-Gabe (kg N/ha)
Herbst (vor/nach der Saat) Ende Winter - Vegetationsbeginn Beginn Schossen - 1 Knoten 2 Knoten - Öffnen der Blattscheide	0 60 80 40	Herbst (vor/nach der Saat) Vegetationsbeginn 1 Knoten Erscheinen letztes Blatt - Beginn Ährenschieben	0 60 70 50
Saat Bestockung - Beginn Schossen 2 Knoten - Öffnen der Blattscheide	40 80 40	Saat 3 Blätter - Beginn Bestockung 1 Knoten Erscheinen letztes Blatt - Beginn Ährenschieben	30 50 40 40
Saat 6 - 8 Blätter	80 80	Saat 4 - 6 Blätter 6 - 8 Blätter	40 40 80
Saat 4 - 6 Blätter	60 40	Saat 4 - 6 Blätter	50 50
Pflanzung Auflaufen - Stauden 10 cm	80 80	Pflanzung Stauden 10 - 15 cm Kurz vor dem Schliessen der Stauden in der Reihe	40 80 40
Pflanzung Auflaufen - Stauden 10 cm	60 60	Pflanzung Stauden 5 - 10 cm	40 80
Pflanzung Auflaufen - Stauden 10 cm	50 50	Pflanzung Stauden 5 - 10 cm	40 60
Saat 4 - 6 Blätter	80 80	Saat 4 - 6 Blätter 6 - 8 Blätter	40 60 60
Saat Ende Winter - Vegetationsbeginn Beginn Streckung	40 80 60	Saat Vegetationsbeginn Streckung (Pflanzenhöhe ca. 30-40 cm)	40 80 60
Saat Rosettenbildung bis Beginn Streckung	50 80	Saat Rosettenstadium Streckung (Pflanzenhöhe ca. 30-40 cm)	30 60 40
Saat	80	Saat 6 - 8 Blätter	40 40
Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	40 40	Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	40 30
Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	50 70	Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	40 80
Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	50 40	Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	30 60
Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	30 30	Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	20 40
Vegetationsbeginn	40	Vegetationsbeginn	40
Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	50 50	Saat Pflanzenhöhe 15 - 20 cm	30 60
	0		0
Pflanzung Kulturwoche 4	50 80	Pflanzung Kulturwoche 4 Kulturwoche 6	30 70 30
Pflanzung Kulturwoche 4	40 70	Pflanzung Kulturwoche 4 Kulturwoche 6	30 50 30
Saat	30	Saat	30
Saat Kulturwoche 4	40 60	Saat Kulturwoche 4	30 60
	0		0
Pflanzung Kulturwoche 4	20 60	Pflanzung Kulturwoche 4	20 50
Saat Kulturwoche 4	40 60	Saat Kulturwoche 4	30 60
Saat	40	Saat	40
Pflanzung 4 - 6 Blätter	100 80	Pflanzung 4 - 6 Blätter	80 100

7.1.1. Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode)

7.1.1.1. Grundsätze zur Methode der korrigierten Normen

Die Stickstoff-Normdüngung der einzelnen Kulturen (Tab. 21) basiert nicht auf dem Stickstoffentzug durch die Kulturpflanzen, wie dies bei Phosphat, Kali und Magnesium der Fall ist. Sie ist ein Mittelwert, welcher in einer grossen Anzahl von Feldversuchen während mehrerer Jahren an verschiedenen Standorten empirisch ermittelt worden ist. Sie ist demnach unter durchschnittlichen Standorts- und Witterungsbedingungen gültig.

Das Ertragsniveau der verschiedenen Kulturen wird in erster Linie durch die Standort- und Witterungsbedingungen bestimmt. Günstiges Wetter (Temperatur und Niederschlagsverteilung) und günstige Bodenbedingungen (Wasser- und Lufthaushalt) erlauben den Pflanzen ein intensiveres Wachstum als ungünstige Bedingungen. Auch die Mikroorganismen des Bodens reagieren auf günstiges Wetter und günstige Bodenbedingungen mit einer erhöhten Aktivität (Stickstoffmineralisierung). In diesem Sinne verlaufen das standort- und witterungsspezifische Wachstum der Pflanzen und die Stickstoffmineralisierung des Bodens synchron und führen ohne Stickstoffdüngung zu sehr unterschiedlichen Erträgen. Der Mehrertrag durch die Stickstoffdüngung ist bei zeitlich und mengenmässig optimiertem Einsatz der Dünger praktisch unabhängig vom Ertrag ohne Stickstoffdüngung (Abb. 5). Sie bedarf daher in der Regel keiner ertragsabhängigen Korrektur.

Die Aufteilung der N-Gaben ist in einzelnen Fällen speziellen Anbautechniken (Streifenfrässaat, Direktsaat) oder Sorteneigenschaften (besonders bei Kartoffeln) anzupassen. Diese eventuell notwendigen Besonderheiten sind kulturspezifischen Empfehlungen und Anleitungen der landwirtschaftlichen Beratung zu entnehmen.

Tabelle 21. Stickstoffdüngungsnormen für den Ackerbau

Diese Normen gelten für die aufgeführten Durchschnittserträge. Bei regelmässig höheren Erträgen sind keine Korrekturen vorzunehmen. Bei regelmässig geringeren Erträgen von mehr als 20 % ist die Normdüngung im gleichen Ausmass wie die Ertragsreduktion zu korrigieren. Dies gilt vor allem für Randgebiete des Ackerbaus.

Beispiel: Für ein durchschnittliches Ertragsniveau von 60 dt/ha Winterweizen beträgt die Stickstoffnormdüngung 140 kg N/ha. Für ein mittleres Ertragsniveau von 75 dt/ha beträgt die Stickstoffnormdüngung ebenfalls 140 kg N/ha. Für ein mittleres Ertragsniveau von 45 dt/ha beträgt die lineare Reduktion der Stickstoffnormdüngung 25 % von 140 kg N/ha. Die korrigierte Stickstoffnormdüngung beträgt in diesem Fall 105 kg N/ha.

Diese Normen sind für die praktische Bemessung der N-Gaben nur unter Berücksichtigung der in Tabelle 22 bis Tabelle 27 aufgeführten Korrekturen zu verwenden.

Kultur

Getreide und Mais

Winterweizen
Sommerweizen
Wintergerste
Sommergerste
Winter- und Sommerhafer
Winterroggen
Korn (Dinkel)
Wintertriticale
Sommertriticale
Einkorn, Emmer
Körnermais, CCM (Maiskolbensilage)
Silomais
Grünmais

Knollen- und Wurzelfrüchte

Kartoffeln (für Speisezwecke und technische Verarbeitung)
Frühkartoffeln, Saatkartoffeln
Zuckerrüben
Futterrüben

Öl- und Faserpflanzen

Winterraps
Sommerraps
Sonnenblumen
Ölhanf
Faserhanf
Öllein
Faserlein (Flachs)
Chinaschilf
Kenaf

Körner- und Eiweissleguminosen

Feldgemüse

Kabis, Einschnaide-
Rosenkohl
Chicorée, Wurzelanbau
Karotten, Lager/Verarbeitung
Erbsen, Bohnen (technische Verarbeitung)
Zwiebeln, gesteckt
Spinat, 1 Schnitt

Gründüngung

Gründüngung (Leguminosen)
Gründüngung (Nichtleguminosen)

Übrige Kulturen

Tabak Burley
Tabak Virginie
Nicht aufgeführte Kulturen (Nichtleguminosen)

Ertrag ¹		Norm (kg N/ha)
Produkt	dt/ha	
Körner	60	140
Körner	50	120
Körner	60	110
Körner	45	90
Körner	55	90
Körner	55	90
Körner	50	100
Körner	60	110
Körner	55	100
Körner	25	40
Körner	80	110
Ganzpflanze ²	160	110
Ganzpflanze ²	60	70
<hr/>		
Knollen	450	120
Knollen	250	100
Rüben	600	100
Rüben ²	160	100
<hr/>		
Körner	35	140
Körner	25	120
Körner	30	60
Körner	13	60
Stängel ²	100	50
Körner	20	70
Stängel	45	60
Ganzpflanze ²	200	30
Ganzpflanze ²	50	70
<hr/>		
		0
<hr/>		
Köpfe	800	200
Rosetten	120	160
Wurzeln	400	0
Wurzeln	600	120
		0
Ganzpflanze ³	500	100
Blätter	120	140
<hr/>		
–	–	0
–	–	30
<hr/>		
Blätter	25	170
Blätter	25	0
		80

¹ Mit einem bei der Ernte üblichen Wassergehalt

² TS-Ertrag

³ Nach Trocknung auf dem Feld, Ganzpflanze abgeführt

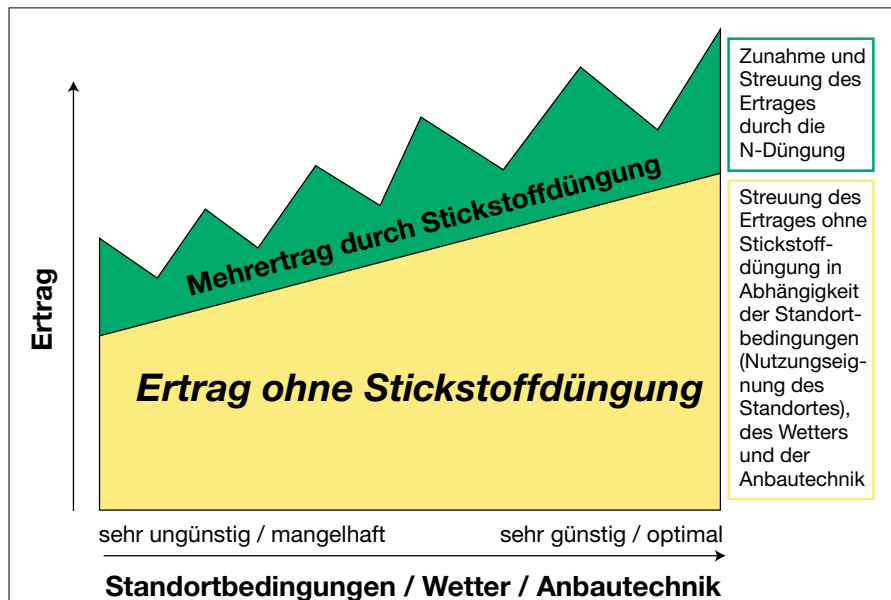


Abbildung 5. Schematische Darstellung der Streuung des Ertrages in Abhängigkeit der Standortbedingungen, des Wetters, der Anbautechnik und der Stickstoffdüngung.

Das Prinzip der Methode der korrigierten Normen für die Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau ist schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

Die Angaben in Tabelle 22 bis Tabelle 27 bilden zusammen mit der Stickstoff-Normdüngung (Tab. 21) eine Einheit. Für die Berechnung der korrigierten N-Norm ist grundsätzlich für jede Kultur und Parzelle ein Wert aus jeder Tabelle zu entnehmen. Da die Korrekturwerte Mittelwerte aus einer grossen Anzahl von Versuchen sind, können die Einflüsse der einzelnen Faktoren im Einzelfall von den angegebenen Werten abweichen.

7.1.1.2. Vorgehen zur Bestimmung der korrigierten Norm

Ausgehend von den Normen in Tabelle 21 ist die parzellenspezifische Stickstoffdüngung gemäss den Angaben in Tabelle 22 bis Tabelle 27 zu korrigieren. Dabei ist zu beachten, dass aus jeder Tabelle ein Wert entnommen wird. Die berechnete Gesamtgabe ist so auf die einzelnen Gaben zu verteilen, dass die in Tabelle 20 enthaltenen maximalen N-Gaben zu den verschiedenen Zeitpunkten und Entwicklungsstadien nicht überschritten werden. Umfangreiche Untersuchungen unter den bodenkundlich-klimatischen Bedingungen der Deutschschweiz zeigten, dass besonders bei den Hackfrüchten die einfache Addition aller Korrekturen der Tabelle 22 bis Tabelle 27 nicht selten zu erhöhten Abweichungen von der optimalen Stickstoffgabe führte. Um grobe Düngungsfehler zu verhindern, ist für diese Region die Summe der Korrekturen zu halbieren und dann zur Normdüngung zu addieren.

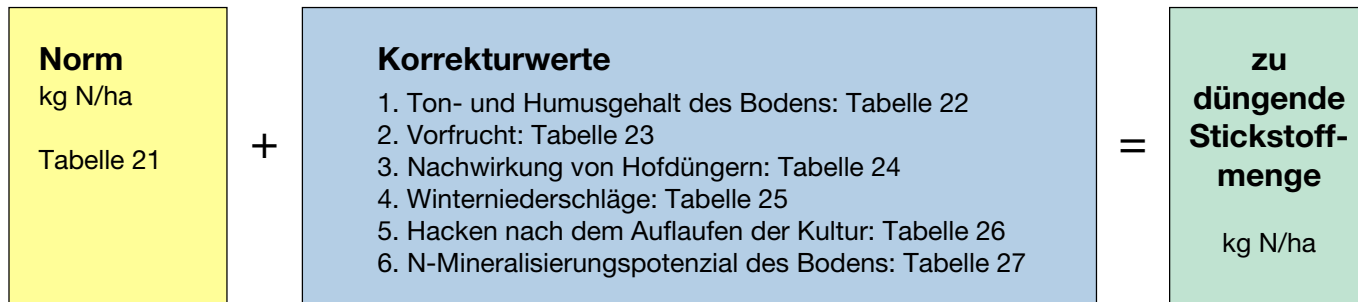
Angaben über die Korrektur der Stickstoff-Normdüngung je nach Ton- und Humusgehalt des Bodens sind in Tabelle 22, diejenigen zur Korrektur in Abhängigkeit der Vorkultur in Tabelle 23 enthalten.

Der Stickstoff in den Hofdüngern ist weder vollständig noch unmittelbar verfügbar für die Pflanzen. Während in Tabelle 46 der im Anwendungsjahr verfügbare Anteil aufgeführt ist (vornehmlich $\text{NH}_4\text{-N}$), erlauben die Angaben in Tabelle 24 die Nachwirkung aus dem organischen Stickstoffanteil im zweiten Jahr nach dem Hofdüngereinsatz abzuschätzen. Je nach Art der Hofdünger kann die Stickstoffmineralisierung länger dauern und verläuft im Laufe der Zeit immer langsamer, da die nach jedem Jahr übrigbleibende organische Substanz immer schwerer

Abbildung 6. Schematische Darstellung der Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode).

Tabelle 22. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung in Abhängigkeit des Ton- und Humusgehaltes des Bodens
Der Humusgehalt des Bodens entspricht dem organisch gebundenen Kohlenstoff (C) multipliziert mit 1,725.

Tabelle 23. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung in Abhängigkeit der Vorkultur



Humusgehalt des Bodens in %			Korrekturwert (kg N/ha)
< 15 % Ton	15 - 30 % Ton	> 30 % Ton	
< 3	< 4	< 6	0
3 - 5	4 - 6	6 - 8	-20
5 - 7	6 - 8	8 - 10	-30
7 - 12	8 - 13	10 - 15	-50
12 - 20	13 - 20	15 - 20	-80
> 20	> 20	> 20	-120

Vorkultur	Korrekturwert für Folgekultur (kg N/ha)	
	Umbruch / Einarbeitung	
	Herbst	Frühling
Natur- oder Kunstwiese, Klee gras (3 Jahre oder älter)	-20	-35
Kunstwiese, Klee gras (2 Jahre)	-15	-25
Kunstwiese, Klee gras (1 Jahr)	-10	-15
Reiner Grasbestand (mehr als 90 % Gräser)	0	0
Natur- oder Kunstwiese, Klee gras (3 Jahre oder älter) als Vor-Vorkultur ¹	-10	-10
Kunstwiese mit vor Rispen schieben gemulchtem Aufwuchs	-	-30 bis -60 ²
Kunstwiese mit bei Gräserblüte gemulchtem Aufwuchs	-	-20 bis -40 ²
Getreide (Stroh geerntet)	0	
Getreide oder Mais (Stroh eingearbeitet) vor		
- im Herbst gesäte Kulturen	+20	
- im Frühjahr (Februar/März) gesäte bzw. gepflanzte Kulturen	+10	
- im Frühjahr (März/April) gesäte bzw. gepflanzte Kulturen	0	
Getreide gefolgt von Getreide	0	
Silomais	0	
Kartoffeln, Feldgemüse	0	
Raps, Sonnenblumen (Stroh eingearbeitet)	0	
Tabak	0	
Körnerleguminosen (Eiweisserbsen, Ackerbohnen, Sojabohnen)	-30	-20
Rüben (Kraut geerntet)	0	
Rüben (Kraut eingearbeitet)	-20	
Gründüngung mit nicht winterharten Kulturen (Phacelia, Gelbsenf usw.)	-10	0
Gründüngung mit winterharten Kreuzblütlern (Raps, Rübsen usw.), mindestens 20 cm hoch	-10	-20
Gründüngung mit Ackerbohnen (vor der Blüte), Landsberggergemenge (Beginn Blüte), Wickhafer (mindestens 20 cm hoch)	-	-30
Gründüngung mit Getreide (Beginn Schossen), Sonnenblumen (vor Blüte)	-	-30
Zwischenfutterbau	0	

¹ Diese Korrektur kann zu einer zweiten Korrektur dieser Tabelle addiert werden

² Kleinerer Wert: Bei geringem Kleeanteil; grösserer Wert: Bei hohem Kleeanteil

abbaubar ist; mit zunehmendem Anteil an organisch gebundenem Stickstoff in den Hofdüngern wird die verfügbare Stickstoffmenge pro Jahr immer kleiner und die Nachwirkung dauert länger an (z.B. Stallmist). Zur Vereinfachung wird die Stickstoff-Nachwirkung der Hofdünger auf ein Jahr beschränkt. Die Stickstoffwirkung der Hofdünger ist bei regelmäßigem Einsatz (alle 2 bis 3 Jahre) mässiger Mengen (15-25 t/ha) deutlich besser als bei einmaligem oder unregelmässigem Einsatz grösserer Mengen.

Die Angaben in Tabelle 25 basieren auf der Annahme, dass die Winter- und Frühjahrsniederschläge nicht nur die Auswaschung von Nitratstickstoff beeinflussen, sondern infolge mehr oder weniger häufiger Wassersättigung der Böden auch die mikrobielle Mineralisierung und die Denitrifikation von Stickstoff vermindert beziehungsweise gefördert werden.

Mehrmaliges Hacken der Kulturen nach dem Auflaufen kann die Stickstoffmineralisierung des Bodens fördern. Dabei ist die zusätzlich mineralisierbare N-Menge in erster Linie vom Humusgehalt des Bodens abhängig (Tab. 26).

Das Stickstoffmineralisierungspotenzial des Bodens ist in erster Linie abhängig vom Gehalt an organischem Stickstoff (Humus) sowie von der Durchlüftung (Struktur, Tonanteil) des Bodens. Die Angaben in Tabelle 27 lassen einen gewissen Spielraum, um eigene Erfahrungen bezüglich Stickstoffdynamik der Böden miteinzubeziehen. Allgemeine Informationen über den N_{min} -Gehalt der Böden in verschiedenen Regionen können ebenfalls mit Hilfe dieser Tabelle berücksichtigt werden.

Für Wintergetreide ist an Stelle der Verwendung der Korrekturen in Tabelle 27 auch folgendes Vorgehen möglich: Die aufgrund der Angaben in Tabelle 21 bis Tabelle 26 ermittelte korrigierte Normdüngung wird um 40 kg N/ha reduziert. Die verbleibende N-Menge wird in zwei Gaben (Vegetationsbeginn und 1-Knoten-Stadium) ausgebracht. Über den Einsatz der restlichen 40 kg N/ha kann ab dem 2-Knoten-Stadium bis spätestens kurz vor Beginn des Ährenschiebens mit Hilfe eines Düngefensters oder eines Schnelltests (siehe Kapitel 7.1.3) während des Wachstums entschieden werden.

Tabelle 24. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung infolge Nachwirkung organischer Dünger

Die Stickstoffwirkung der Hof- und Abfalldünger im Anwendungsjahr ist in Tabelle 46 enthalten.

Dünger
Vollgülle, Rindvieh Gülle kotarm
Stapelmist Laufstallmist Rottemist Mistkompost
Pferdemist Schaf- und Ziegenmist
Schweinegülle Schweinemist
Hennenkot (Kotband) Hennenmist (Bodenhaltung) Geflügelmist (Mast), Poulet, Truten
Klärschlamm (flüssig) Klärschlamm (entwässert) Klärschlamm (entwässert und gekalkt) Klärschlamm (getrocknet und granuliert)
Kompost
Ricokalk

Tabelle 25. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung in Abhängigkeit der Winter- und Frühjahrsniederschläge

Kultur bzw. Gruppe von Kulturen
Raps Wintergetreide Sommergetreide Frühkartoffeln, Feldgemüse Saatkartoffeln Rüben, Mais, Kartoffeln für Speisezwecke und technische Verarbeitung

Tabelle 26. Zusätzliche N-Nachlieferung des Bodens durch mehrmaliges Hacken nach dem Auflaufen der Kultur in Abhängigkeit des Humusgehaltes des Bodens

Für ein einmaliges Hacken von Rüben, Kartoffeln und Mais sind diese Korrekturen nicht zu verwenden, da die meisten Versuche dieser Kulturen, welche den N-Normen zugrunde liegen, einmal gehackt wurden.

Humusgehalt des Bodens (%)
unter 5 5-10 über 10

Tabelle 27. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung in Abhängigkeit des geschätzten Stickstoffmineralisierungspotenzials des Bodens sowie allgemeiner Kenntnisse über jahres- und regionalspezifische N_{min} -Gehalte des Bodens

Geschätztes Stickstoff-Mineralisierungspotenzial und/oder des N_{min} -Gehaltes des Bodens
hoch / sehr gut ¹ erhöht / gut mittel gering ²

Anteil (%) des ausgebrachten Gesamtstickstoffs, welcher im 2. Jahr nach der Ausbringung pflanzenverfügbar wird und von der Normdüngung abzuziehen ist	
	-5
	-5
	-10
	-10
	-15
	-20
	-5
	-10
	-10
	-10
	-10
	-5
	-10
	-10
	-5
	-5
	0
	-10

Korrekturwert (kg N/ha)				
Niederschlagsperioden und -intensität				
November und Dezember		März und April		
gering ¹	hoch ²	gering ¹	hoch ²	
-10	+10	0	0	
-20	+20	0	0	
-20	0	-10	+10	
-20	+10	-10	+30	
0	+10	-10	+30	
0	+10	-10	+30	

¹ gering: weniger als 120 mm während der zwei Monate

² hoch: mehr als 180 mm während der zwei Monate

Korrekturwert (kg N/ha)	
	-10
	-15
	-20

Korrekturwert (kg N/ha)	
	-40
	-20
	0
	+20

¹ warmes Frühjahr, ungestörter Wasserhaushalt des Bodens, gute Bodenstruktur

² kaltes Frühjahr, gestörter Wasserhaushalt des Bodens (vernässt), schlechte Bodenstruktur

7.1.2. Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens (N_{\min} -Methode)

Eine auf Messwerten basierende Methode ist in der Regel Schätzverfahren überlegen. Dabei ist jedoch der Informationsgewinn durch die Messung den dafür erforderlichen Aufwendungen gegenüber zu stellen.

Die Untersuchung des Bodens auf den Mineralstickstoffgehalt (N_{\min}) umfasst die Bestimmung des Nitrat- und Ammoniumgehaltes in getrennten Proben aus verschiedenen Bodenschichten. Eine Beschränkung auf die analytische Bestimmung des Nitratgehaltes des Bodens kann zu einer Fehlinterpretation des Ergebnisses und als Folge davon zu überhöhten Stickstoffgaben führen. Eine Schätzung des Ammoniumgehaltes des Bodens ist nicht möglich.

Für einen zuverlässigen Einsatz der N_{\min} -Methode gilt es folgenden Punkten spezielle Beachtung zu schenken. Der Zeitpunkt und die Tiefe der Probenahme (Tab. 28) sind genau einzuhalten. Um eine repräsentative Probe einer Parzelle zu erhalten, sind mindestens 10-12 Einstiche notwendig. Dabei sind eventuelle Unregelmäßigkeiten der Bodeneigenschaften zu berücksichtigen. Der Skelettgehalt des Bodens ist bei der Probenahme auf dem Feld korrekt zu schätzen. Die Proben sind in einer Kühltasche vor Erwärmung geschützt, am Tag der Probenahme ins Labor zu bringen oder einzufrieren.

Der Einsatz zuverlässiger und geprüfter Schnellmethoden zur Bestimmung des N_{\min} -Gehaltes des Bodens ist für die meisten Kulturen des Ackerbaus aufgrund der reduzierten Messgenauigkeit nicht zu empfehlen. Im Feldgemüsebau können sie jedoch vor allem für Kulturen mit kurzer Vegetationszeit und bei mehrmaliger Untersuchung der gleichen Parzelle während der Vegetationsperiode als Entscheidungshilfe mit ausreichender Genauigkeit gute Dienste leisten.

Die Bestimmung der optimalen N-Gaben aufgrund einer schlagspezifischen N_{\min} -Untersuchung erfolgt mit Hilfe langjährig und kulturspezifisch erarbeiteten Sollwerten zu einem bestimmten Termin oder Entwicklungsstadium der entsprechenden Kultur (Tab. 29 und Tab. 30). Dabei ist zu beachten, dass die pflanzenbauliche Beurteilung des N_{\min} -Ergebnisses für Böden mit einem Humusgehalt über 20 % erschwert und für Standorte mit hohem oder wechselndem Grundwasserstand nicht möglich ist.

Tabelle 28. Zeitpunkt für die Entnahme von N_{\min} -Proben im Hinblick auf die Optimierung der Stickstoffdüngung

Kultur
Wintergetreide, Raps Sommergetreide Rüben ¹ Mais ¹ Kartoffeln ^{1,2} Feldgemüse ¹

Tabelle 29. Bemessung der Stickstoffdüngung im Getreidebau aufgrund des N_{\min} -Gehaltes des Bodens

Die Angaben bezüglich Aufteilung der N-Gaben und Höchstmenge pro Einzeldüngung in Tabelle 20 sind zu beachten. Ist die aufgrund des N_{\min} -Gehaltes des Bodens berechnete 1. N-Gabe höher als die in Tabelle 20 angegebene Menge, ist die 2. N-Gabe um die bei der 1. Gabe nicht verabreichte N-Menge zu erhöhen. Ergibt die Formel der 1. N-Gabe negative Werte, sind diese bei der 2. und eventuell 3. N-Gabe zu berücksichtigen.

Kultur
Winterweizen Sommerweizen, Korn (Dinkel) Wintergerste Wintertriticale Sommergerste, Winterroggen, Sommertriticale Hafer
Korrekturgrund
Vorfrucht mehrjährige Kunstwiese oder Naturwiese Humusgehalt des Bodens 5-20 % Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens unter 70 cm oder geringes bis mittleres Ertragspotenzial des Standortes (Grenzlagen des Ackerbaus)
Genereller Verzicht auf Wachstumsregler

Tabelle 30. Bemessung der Stickstoffdüngung zu Hackfrüchten und Feldgemüse aufgrund des N_{\min} -Gehaltes des Bodens.

Die Angaben bezüglich Aufteilung der N-Gaben und Höchstmenge pro Einzeldüngung in Tabelle 20 sind zu beachten. Die 1. N-Gabe erfolgt in der Regel zur Saat oder Pflanzung. Die 2. Gabe wird rasch nach der N_{\min} -Probenahme (Termin: siehe Tab. 28) aufgrund der Untersuchungsergebnisse verabreicht.

Kultur
Mais Zucker- und Futterrüben Kartoffeln für Speisezwecke und technische Verarbeitung Früh- und Saatkartoffeln Raps
Kabis, Einschneide-Rosenkohl Chicorée, Wurzelanbau Karotten, Lager/Verarbeitung Zwiebeln, gesteckt Spinat, 1 Schnitt Spinat, 2 Schnitte
Korrekturgrund
Humusgehalt des Bodens 5-20 % Geringes bis mittleres Ertragspotenzial des Standortes

Zeitpunkt der Probenahme	Probenahmetiefe (cm)
Kurz vor Vegetationsbeginn	0 - 30, 30 - 60, 60 - 90
Saat bis 3-Blatt-Stadium	0 - 30, 30 - 60, 60 - 90
4- bis 6-Blatt-Stadium	0 - 30, 30 - 60, 60 - 90
5- bis 6-Blatt-Stadium (nur voll entwickelte Blätter zählen!)	0 - 30, 30 - 60, 60 - 90
Stauden ungefähr 10 cm hoch	0 - 30, 30 - 60
4. Kulturwoche	0 - 30, 30 - 60

¹ Die N_{min} -Methode liefert nur bei geringer N-Düngung (höchstens 40 kg N/ha) kurz vor oder zur Saat beziehungsweise Pflanzung zuverlässige Ergebnisse.

² Probenahme in der Mitte des ausgeebneten Furchendamms.

1. N-Gabe (kg N/ha)	2. N-Gabe ¹ (kg N/ha)	3. N-Gabe ^{1,2} (kg N/ha)
120 minus N_{min}	30	40
110 minus N_{min}	30	40
80 minus N_{min}	30	40
90 minus N_{min}	30	40
80 minus N_{min}	30	30
100 minus N_{min}	30	30

Die oben stehenden Empfehlungen gelten in erster Linie unter folgenden Voraussetzungen:

- Ertragspotenzial des Standortes: Den Angaben in Tabelle 21 entsprechend oder höher
- Risiko der Lagerung minimal (eventuell Einsatz von Wachstumsreglern)
- Ertragsausfälle durch Krankheiten und Schädlinge minimal (Sortenwahl, Anbautechnik, Fruchtfolge, eventuell Einsatz von Pflanzenschutzmitteln)
- Humusgehalt des Bodens unter 5 %, pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens über 70 cm

Bei folgenden Gründen sind nachstehende Korrekturen vorzunehmen

(Die Korrekturen sind nicht additiv. Die maximale Korrektur pro Gabe beträgt 30 kg N/ha):

-20	-10	-20
-10	-20	-20
-10	-10	-20
-10 ³ bis -20 ⁴	-10	0

¹ In Abhängigkeit der allgemeinen Wachstumsbedingungen und der Entwicklung der Kulturen können diese N-Gaben um 10 kg N/ha reduziert oder erhöht werden.

² bei stärkerem Krankheitsbefall ist auf die 3. N-Gabe zu verzichten

³ Gerste, Triticale, Roggen

⁴ Weizen, Korn (Dinkel), Hafer

1. N-Gabe (kg N/ha)	2. N-Gabe (kg N/ha) ¹
0-30	$N_{min} > 120$: 200 minus N_{min} $N_{min} < 120$: 180 minus N_{min}
0-30	180 minus N_{min}
0-30	200 minus N_{min}
0-30	180 minus N_{min}
0-40 (im Herbst)	140 minus N_{min}
0-30	200 minus N_{min}
0-30	170 minus N_{min}
0	50 minus N_{min}
0-30	150 minus N_{min}
0-30	120 minus N_{min}
0-30	150 minus N_{min}
0-30	150 minus N_{min}
Korrekturen der obengenannten Formeln sind für folgende Gründe vorzunehmen:	
0 bis -30	-20 bis -40
0	-20 bis -40
Für eine eventuelle N-Nachwirkung von Zwischenkulturen (Gründüngung, Zwischenfutter usw.) oder Hofdünger sind keine Korrekturen vorzunehmen; eine eventuelle N-Wirkung wird bei der Bestimmung des N_{min} -Gehaltes des Bodens grösstenteils erfasst.	

¹ Eine Aufteilung in 2 Teilgaben ist besonders auf Böden mit einer pflanzennutzbaren Gründigkeit von weniger als 70 cm sowie in Gebieten mit höheren Niederschlägen (mehr als 260 mm in der Periode April bis Juni) zu empfehlen. Je nach Witterung und Wachstumsverhältnissen sind die Teilgaben im Abstand von 2 bis 4 Wochen auszubringen.

7.1.3. Ergänzende und andere Methoden

In Ergänzung oder an Stelle der zwei beschriebenen Verfahren können auch andere Methoden zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau hilfreich sein. Als Entscheidungs- und Kontrollinstrument können ein oder mehrere Düngefenster (markierte Fläche von etwa einer Are) mit reduzierter N-Düngung (-20 bis -40 kg N/ha) gute Dienste leisten. Dabei ist für jede Einzelgabe ein neues Fenster anzulegen. Der Vergleich zwischen den Beständen inner- und ausserhalb des Düngefensters gibt besonders im Getreidebau Hinweise zur Optimierung der folgenden N-Gabe.

Die *Pflanzenanalyse* basiert auf der Untersuchung bestimmter Pflanzenteile nach einem festgelegten Schema. Die Ergebnisse werden mit bekannten Referenzwerten verglichen. Aus diesem Vergleich wird eine Düngeempfehlung abgeleitet. Die Pflanzenanalyse kann in bestimmten Fällen, unter Berücksichtigung der in Kapitel 5 beschriebenen Einschränkungen, gute Dienste zur Lösung von Problemfällen leisten.

Die *Pflanzenaftanalyse* mit Hilfe von Schnelltestgeräten (Nitrachek, Jubil® oder andere), mit welchen im Getreidebau zu bestimmten Zeitpunkten der Nitratgehalt des Pflanzensaftes an der Halmbasis gemessen wird, können nach kulturspezifischer Eichung sowohl bei der Methode der korrigierten Normen (anstelle der Korrekturfaktoren in Tab. 27) als auch bei der N_{min} -Methode (besonders 3. N-Gabe) wertvolle Hinweise zur Bemessung der N-Gaben zu bestimmten Entwicklungsstadien geben.

Bei Schnelltestgeräten, welche die *Farbintensität der Blätter* messen, ist eine aufwändige sortenspezifische Eichung unabdingbar. Die Farbe der Blätter wird aber auch durch andere Faktoren als die Stickstoffversorgung (Krankheiten, Wachstumsstörungen infolge Mangel oder Überangebot an andern Nährstoffen oder Wasser, Wachstumsintensität in Abhängigkeit des Wetters usw.) beeinflusst. Dies erschwert eine zuverlässige Interpretation der Messwerte.

7.2. Futterbau

Im Futterbau übersteigt die Stickstoffdüngungsnorm selten 50 Prozent der mit dem Futter entzogenen Stickstoffmenge, da der Pflanzenbestand noch über andere Stickstoffquellen verfügt: Abbau organischer Substanz des Bodens, Nachwirkung regelmässiger Hofdüngergaben,

biologische Stickstoff-Fixierung durch Leguminosen, N-Depositionen. In Tabelle 31 sind die Stickstoffdüngungsnormen in Abhängigkeit des Wiesentyps, der Nutzungsintensität und der Nutzungsart (Mahd oder Weide) enthalten. Sie sind angegeben als Menge pro Aufwuchs, weil die N-Düngung verteilt auf mehrere Gaben während der Vegetationsperiode erfolgen soll. Ausser in Anlagen mit Mischungen für Fromental-, Goldhafer- und Trespewiesen (Standardmischungen 450, 451, 455), ist in allen Neuansaaten mit Standardmischungen zum Auflaufen eine Gabe von 30 kg N/ha zu empfehlen.

Die in Tabelle 31 angegebenen Mengen gelten für eine normale Anzahl jährlicher Nutzungen, welche den Angaben in Tabelle 3 entspricht. Für eine Mähwiese wird als mittlerer Ertrag pro Nutzung 25 dt TS/ha angenommen. Für eine intensive Weide hingegen beträgt der mittlere Ertrag pro Nutzung lediglich 15 dt TS/ha.

Tabelle 31. Stickstoffdüngungsnormen für Wiesen in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität und der Nutzungsart

Mähwiese	Anzahl Nutzungen = $\frac{\text{Jahresertrag (dt TS/ha)}}{25 \text{ (dt TS/ha)}}$
Intensive Weide	Anzahl Nutzungen = $\frac{\text{Jahresertrag (dt TS/ha)}}{15 \text{ (dt TS/ha)}}$

Sofern die effektive Anzahl Nutzungen grösser ist, soll entweder nicht zu jedem Aufwuchs gedüngt werden oder die Menge pro Gabe ist so zu reduzieren, dass die Summe aller Gaben die pro Jahr empfohlene Stickstoffmenge (= Anzahl Nutzungen x Norm gemäss Tab. 31) nicht übersteigt.

Die zu den Aufwüchsen empfohlenen Stickstoffgaben zielen vor allem darauf ab, eine ausgewogene botanische Zusammensetzung zu erhalten: 50 bis 70 % Gräser, 10 bis 30 % Leguminosen (in Kunstwiesen-Ansaaten mit L- oder M-Mischungen bis 70 %) und in Naturwiesen 10 bis 30 % Kräuter (höchstens 40 % in Mähwiesen höherer Lagen). Durch Verabreichen kleinerer Stickstoffmengen pro Gabe werden die Leguminosen gefördert; durch grössere Gaben werden die Gräser oder in weniger futterwüchsigen Lagen vor allem die Kräuter begünstigt. Pro Gabe sollten nicht mehr als 50 kg N/ha ausgebracht werden. Für das Berggebiet wird davon abgeraten, die empfohlenen Gaben zu überschreiten, da hier das Risiko einer Entartung des Pflanzenbestandes grösser ist.

Obwohl die empfohlene Menge pro Gabe bei Weidenutzung um 10 kg kleiner ist als bei Schnittnutzung, sind die in beiden

Fällen jährlich zu verabreichenden Stickstoffmengen vergleichbar, da Weiden öfter genutzt werden. Dies bedeutet allerdings nicht, dass der auf der Weide durch die Tiere ausgeschiedene Stickstoff für die Pflanze nicht verfügbar wird; weil er sehr ungleichmässig verteilt anfällt, können die Ausscheidungen aber nur von einem Teil des Pflanzenbestandes aufgenommen werden. Zudem wird angenommen, dass der Stickstoffbedarf pro Ertragseinheit (dt/TS) für eine Weide höher liegt als für eine Wiese, da die Pflanzen in der Regel in jüngeren Stadien genutzt werden und der Kleeanteil kleiner ist. Der etwas höhere Stickstoffbedarf wird kompensiert durch die partielle Wirkung des durch die Tiere während des Weidens ausgeschiedenen Stickstoffs.

Wiesentyp	Nutzungsart	Empfohlene Gabe pro Aufwuchs (kg N/ha)
Naturwiesen		
intensiv	- Schnitt	30 ¹
	- Weide	20 ¹
mittel intensiv	- Schnitt	25
	- Weide	15
wenig intensiv	- Schnitt	15 ²
	- Weide	0 ³
extensiv	- Schnitt	0
	- Weide	0
Kunstwiesen		
<i>ein- und zweijährige Mischungen, basierend auf</i>		
- Italienisch-Raigras und/oder Westerwoldisch-Raigras		30 ^{1,4}
<i>drei- und mehrjährige Mischungen</i>		
- Luzerne-Gras (L-Mischung)		0 ^{4,5,6}
- Mattenklée-Gras (M-Mischung)		0 ^{4,5}
- Gras-Weissklée (G-, G*-Mischung)	- Schnitt	30 ^{1,4}
	- Weide	20 ^{1,4}
- Fromental-, Goldhafer-, Trespenwiese (Standardmischungen 450, 451, 455)		15 ^{2,7}
Zwischenfrüchte, Äugstlen		
- eine Nutzung		30 ⁴
- mehrere Nutzungen		30 ⁴
Leguminosen-, Grassamen-Produktion		
- Leguminosen, Reinbestand		0 ⁴
- Gras, Reinbestand	- Dreschaufwuchs	50-100 ^{4,8}
	- Futteraufwuchs	50

¹ Für intensive Wiesen, Naturwiesen oder Kunstwiesen (ein- und zweijährige Mischungen, drei- und mehrjährige G- oder G*-Mischungen), kann die Stickstoffgabe pro Aufwuchs erhöht werden, sofern die natürlichen Wachstumsbedingungen günstig sind und sofern man den Grasanteil erhöhen und den Kleeanteil erniedrigen will (höchstens 50 kg N/ha pro Gabe verabreichen)

² In Form von verrottetem Mist, eventuell in Form stark verdünnter Gülle nach dem ersten Aufwuchs; von regelmässigen Gaben an Gülle oder mineralischem Stickstoff wird abgeraten

³ Die Stickstoffmenge, verabreicht durch die Gabe von Mist zur Deckung des P₂O₅- und K₂O-Bedarfes (siehe Tab. 3) ist akzeptabel

⁴ 30 kg N/ha zum Auflaufen sind empfehlenswert; diese Gabe entspricht der Gabe zum ersten Aufwuchs; handelt es sich um eine überwinterte Zwischenfrucht die erst im folgenden Frühjahr genutzt wird, muss die N-Gabe auf dieses Frühjahr verlegt werden

⁵ Bei geringem Kleeanteil können diese Mischungen wie Gras-Weissklée-Mischungen gedüngt werden

⁶ Eine einmalige Gabe von 30 kg N/ha im Frühjahr ist empfohlen

⁷ Diese Mischungen erhalten keinen Stickstoff zum Auflaufen

⁸ 50 kg N/ha bei Wachstumsbeginn im Frühjahr und eventuell eine zusätzliche Gabe (von höchstens 50 kg N/ha je nach Entwicklung) bei beginnendem Schossen der Gräser

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 (vgl. Tab. 52)
- Bei mengen- und zeitgerechtem Einsatz nimmt mit zunehmendem Nitratanteil des Düngers (Harnstoff - Ammonsalpet - Kalksalpeter) das N-Verlustpotenzial (durch NH₃-Verflüchtigung) ab
- Keine Einzelgabe über 60 kg N/ha
- Im Ackerbau Bodenvorräte konsequent und systematisch nutzen (N_{min}-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)

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.

- Hofdünger in erster Linie auf den Mähwiesen einsetzen
- 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_{min}-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 _{min} -Gehalt des Bodens
Winterweizen - 1. N-Gabe - Zusätzliche 2. N-Gabe (zu 1. Gabe) - Zusätzliche 3. N-Gabe (zu 1. und 2. Gabe)	38
Wintergerste - 1. N-Gabe - Zusätzliche 2. N-Gabe (zu 1. Gabe) - Zusätzliche 3. N-Gabe (zu 1. und 2. Gabe)	26
Raps - Suboptimale N-Gabe - Zusätzliche N-Gabe (zu suboptimaler Gabe)	
Kartoffeln - 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 ¹ 95 ¹
Mais - 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 ¹ 115
Zuckerrüben - 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 _{min} -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 _{min} – –	82 (82) + 30 (82+30) + 50	Veg.-Beginn 1-Knoten Nach Stad. 37	20 kg Körner 13 kg Körner 8 kg Körner	54 72 62
80-N _{min} – –	54 (54) + 30 (54+30) + 50	Veg.-Beginn 1-Knoten Nach Stad. 37	24 kg Körner 12 kg Körner 6 kg Körner	55 63 58
– –	100 (100) + 40	Veg.-Beginn Nach Veg.-Beg.	6 kg Körner 4 kg Körner	
160-N _{min} 200-N _{min}	95 ² (95) + 40	Stauden 15 cm Stauden 15 cm	84 kg Knollen 27 kg Knollen	56 23
160-N _{min} 200-N _{min}	75 ² (75) + 40	6-8 Blätter 6-8 Blätter	27 kg Körner 13 kg Körner	50 43
160-N _{min} 200-N _{min}	80 ² (80) + 40	6-8 Blätter 6-8 Blätter	99 kg Rüben mit 16 kg bereinigtem Zucker 41 kg Rüben mit 5 kg bereinigtem Zucker	69 65

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

² 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 (CaCO₃) beziehungsweise Magnesiumkarbonat (MgCO₃) 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)₂], welche im Boden aus CaO oder aus CaCO₃ entsteht. Zur Bemessung der Kalkdüngung stehen zwei Hilfsmittel zur Verfügung. Eine grobe Bemessung kann aufgrund des pH(H₂O)-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(H ₂ O) des Bodens	Kalkgabe (dt CaO/ha)	
	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 Kationenumtauschkapazität (KUK) des Bodens

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
> 60	> 50
50 - 60	40 - 50
40 - 49	30 - 39
< 40	< 30

Tongehalt 10-30 %		Tongehalt über 30 %	
Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen	Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen
30	15	35	20
25	12,5	30	17,5
20	10	25	15
0	0	0	0

Kalkgabe (dt CaO/ha) je nach 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 ¹
10,0	19,0	21,5 ¹	28,0 ¹
13,0	24,5 ¹	27,5 ¹	36,0 ¹

¹ 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 (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-

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).

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 m³ 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.

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.

Tabelle 36. Schwefelentzug einiger Kulturen sowie Bemessung der Schwefeldüngung

Kriterien	Ausprägung des Kriteriums	Punkte zur Schwefelversorgung der Pflanzen
Tongehalt des Bodens (%)	unter 10 10-30 über 30	1 3 5
Humusgehalt des Bodens (%)	unter 2 2-5 über 5	1 3 5
Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens (cm)	unter 30 30-70 über 70	1 5 7
Skelettgehalt des Bodens (Volumen-%)	über 30 10-30 unter 10	1 3 5
Niederschläge Oktober (Vorjahr) bis März (mm)	über 540 mm 370-540 mm unter 370 mm	1 3 5
Hofdüngereinsatz	nie weniger als 1 Mal in 3 Jahren mindestens 1 Mal in 3 Jahren	1 3 5
Ertragsniveau	überdurchschnittlich mehr als 120 % der Angaben in Tabelle 2 durchschnittlich 80-120 % der Angaben in Tabelle 2 unterdurchschnittlich weniger als 80 % der Angaben in Tabelle 2	1 3 5

Kultur	Schwefel-entzug (kg S/ha)	Bemessung der Schwefeldüngung nach Angebotspunkten (Tab. 35) in kg S/ha		
		unter 14 Punkte	14-20 Punkte	über 20 Punkte
Stark bedürftige Kulturen				
Raps	80	60	40	20
Kohlarten	72	60	40	20
Mittel bedürftige Kulturen				
Zwiebeln und Knoblauch	35	25	15	0
Futtergräser	35	25	15	0
Zucker- und Futterrüben	34	25	15	0
Luzerne	30	20	15	0
Mais	28	20	15	0
Wenig bedürftige Kulturen				
Weizen	23	20	0	0
Gerste	20	10	0	0
Kartoffeln	20	10	0	0
Andere Kulturen	< 20	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 ²
	B	–
	C, D, E	–
Mangan	A	20-40 kg Mn/ha ²
	B	20-40 kg Mn/ha ²
	C	–

Tabelle 38. Üblicherweise geernteter Anteil der anfallenden Nebenprodukte sowie 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 (Maiskolbensilage)
Kartoffeln für Speisezwecke und techn. Verarbeitung
Früh- und Saatkartoffeln
Zucker- und Futterrüben
Körnerraps
Sonnenblumen
Ölhanf und Öllein
Faserhanf
Faserlein
Körnerleguminosen
Kabis, Einschneide-
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 ¹	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen ¹	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen ¹
2,5-3,0 kg B/ha ²	1,5-2,0 kg B/ha ²	2,5-3,0 kg B/ha ²	1,5-2,0 kg B/ha ²	2,5-3,0 kg B/ha ²
1,5-2,0 kg B/ha ²	–	2,0-2,5 kg B/ha ²	–	2,0-2,5 kg B/ha ²
–	–	–	–	–
30-50 kg Mn/ha ²	30-50 kg Mn/ha ²	40-60 kg Mn/ha ²	10-15 kg/ha Mangansulfat ³	10-15 kg/ha Mangansulfat ³
20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	10-15 kg/ha Mangansulfat ³	10-15 kg/ha Mangansulfat ³
–	–	–	–	–

¹ Bor: Rüben, Raps, Sonnenblumen.

Mangan: Getreide, Leguminosen, Rüben

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

³ 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 ¹
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

¹ 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 unsachgemäßem 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 Hofdüngerelementen und N_{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 Streuemittel) 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 produziertem Tier aufgeführt. Übliche Leerzeiten zwischen Umtrieben sind in den Angaben pro Tierplatz und Jahr berücksichtigt.

Tierart	
Milchkuh	6000 kg Jahresleistung ⁶
Mutterkuh ⁷	
Aufzuchtrind ⁶	unter 1-jährig ⁸ 1 bis 2-jährig ⁸ über 2-jährig ^{8,9} pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Mastkalb ¹⁰	
Mutterkuhkalb ¹¹	pro Tier und Platz
Rindviehmast (65-520 kg) ¹²	pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Rindvieh-Weidemast (65-530 kg) ¹³	pro Platz <i>pro gemästetes Tier</i>
Zuchtstier	
Stute mit Fohlen ¹⁴	
anderes Pferd über 3-jährig ¹⁵	
Fohlen 0,5 bis 3-jährig	
Ziegenplatz ¹⁶	
Schafplatz ¹⁶	
Milchschaafplatz ¹⁶	
Damhirsch ¹⁷	pro Einheit
Rothirsch ¹⁷	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 ¹⁸	pro Platz <i>pro Tier</i>
Zuchtschweineplatz ¹⁹	
Eber	
Säugende Zuchtsau ¹⁹	pro Platz <i>pro Sau und Umtrieb</i>
Galtsau ¹⁹	pro Platz <i>pro Sau und Umtrieb</i>
Abgesetztes Ferkel ¹⁹	pro Platz <i>pro aufgezogenes Ferkel</i>
Legehennen ²⁰	pro 100 Plätze
Junghennen ²¹	pro 100 Plätze <i>pro 100 aufgezogene Tiere</i>
Mastpoulets ²²	pro 100 Plätze <i>pro 100 gemästete Tiere</i>
Masttruten ²³	pro 100 Plätze <i>pro 100 gemästete Tiere</i>
Strauss älter als 13 Monate	
Strauss bis 13 Monate	
Mutterkaninchenplatz ²⁴	

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

Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit und Jahr ^{1,2,3}					Grundfutterverzehr (dt TS/Jahr)
N ⁴	P ₂ O ₅	K ₂ O ⁵	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
40	14	58	4,8	16	10
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

¹⁻²⁴ Siehe Tabelle 41

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 ₂ O ₅ , 9 kg K ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 _{verf} , 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 Tierarten 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: 6000 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 ₂ O ₅ , 125 K ₂ 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 ₂ O ₅ , 110 K ₂ 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 ₂ O ₅ , 130 kg K ₂ 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 von 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 ₂ O ₅ , 45 K ₂ 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. 1100 g (Munis). Werden die Tiere erst nach dem Absetzen eingestallt, beträgt der Anfall pro Platz und pro Tier (ca. 1 Umtrieb pro Jahr, Tageszuwachs 1200 g) 38 kg N, 13 kg P ₂ O ₅ , 39 K ₂ 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 ₂ O ₅ -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 ₂ O ₅ , 25 K ₂ 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 ₂ O ₅ 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 ₂ O ₅ 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 ² 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 ₂ O ₅ und 12 kg K ₂ 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 ₂ O ₅ und 70 kg K ₂ 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 Futterverbrauch pro Mastkaninchenplatz und Jahr beträgt etwa 450-500 kg.

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 betriebspezifischen Produktionstechnik nicht aus, können die Ausscheidungen über eine Bilanzrechnung berechnet werden. Anhand des Futterverzehr 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).

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 unüberdachten 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 ⁵
1	Mutterkuh
1	Aufzuchtrind unter 1-jährig
1	Aufzuchtrind 1- bis 2-jährig
1	Aufzuchtrind über 2-jährig
1	Mastkälberplatz
1	Mutterkuhkalb
1	Rindviehmastplatz (125-500 kg)
1	Rindviehweidemastplatz
1	Pferd (Frischmist)
1	Stute mit Fohlen (Frischmist)
1	Fohlen 0,5-2,5 Jahre (Frischmist)
1	Ziegenplatz
1	Schafplatz
1	Milchschaafplatz
1	Mastschweineplatz ⁸
1	Zuchtschweineplatz
1	Abferkelsauenplatz ⁸
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) ¹ Betreiben einer Schwemmentmistung ²
Wasser für Stallreinigung und Tierpflege ³
Wasser zur Reinigung von Legehennenställen ³ Wasser zur Reinigung von Mastgeflügelställen ³
Gülle des Mistplatzes, Ablauf befestigter und nicht überdachter Laufplätze ⁴
Milchkannenrieselkühler ⁴
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 ⁵

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

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

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

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

⁵ 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 ¹ in Abhängigkeit des Aufstallungssystems ²					
nur Gülle ³ m ³	Gülle/Mist ^{3,4}			nur Mist ⁴	
	Stroheinsatz dt/Jahr	Gülle kotarm m ³	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		1,8		3,5	3
8	je nach Stall ⁶			15	6,8
	je nach Stall ⁶			15	7
				29	12 ⁷
				36	14 ⁷
				15	10 ⁷
				3,7	1,6
				3,7	1,7
				3,7	2,3
1,6	je nach Stall ⁶			2,6	1,2
6	je nach Stall ⁶			8	3,4
7,2	je nach Stall ⁶			10	4
3,6	je nach Stall ⁶			6	2
0,8	je nach Stall ⁶			1	0,5
Kotband		Kotgrube/Bodenhaltung			
4		1,8			
1,7		0,7			
		0,8			
		3,0			

Einheit	m ³ /Monat		m ³ /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 MPP			0,8
m ²	0,05	0,1	1
1000 l gekühlte Milch	4	–	4
total	1	1	12
total	1	1	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

¹ 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.

² 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/m³ angenommen werden. Mit Mistkran oder Frontlader geladener Mist wiegt auf dem Wagen rund 550-650 kg/m³, von Hand geladener 700-800 kg/m³. Alle diese Werte gelten nicht für Mist, 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 Mistzettelers einmal durch mehrere Wägungen zu bestimmen.

³ 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 NH₃-Verflüchtigung bedeutend reduziert werden.

⁴ Die Mistart und -qualität ist abhängig von der Einstreumenge und vom darin enthaltenen Kot- und Harnanteil. Wird viel eingestreut und/oder wenig Kot abgeschorrt, dann entsteht ein strohreicher Mist.

⁵ 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.

⁶ 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.

⁷ 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.

⁸ 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 (NH₃-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
Milchvieh/Aufzucht		
Vollgülle ¹	90	70
Gülle kotarm ¹	75	40
Stapelmist ²	190	150
Laufstallmist ²	210	175
Rindviehmast		
Vollgülle ¹	90	65
Laufstallmist ²	210	155
Kälber		
Kälbermist ²	200	150
Pferde		
Pferdemist frisch ²	350	300
Pferdemist ²	350	240
Schafe/Ziegen		
Schaf-/Ziegenmist ²	270	200
Schweine		
Schweinegülle Mast ^{1,8}	50	36
Schweinegülle Zucht ^{1,9}	50	33
Schweinemist ²	270	40
Geflügel		
Hennenkot (Kotband) ²	300	200
Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung) ²	450	300
Pouletmist ^{2,10}	650	440
Trutenmist ²	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 enthaltenen Mengen (%)		
	Menge frisch	TS	OS
Rottemist	-25	-20	-15
Mistkompost ¹	-25	-30	-20

¹ Veränderungen unter Berücksichtigung des zugesetzten Stroh

lien. Zur Minderung dieser Verluste werden bei der Mistkompostierung pro 1 m³ 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 ³ unverdünnter Gülle bzw. kg pro t Mist)						
N _{tot} ³	N _{lös} ⁴	N _{verf} ⁵	P ₂ O ₅ ⁶	K ₂ O ⁷	Mg ⁶	Ca ⁶
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

Ausgangsmaterialien durch die Aufarbeitung						Prozentuale Veränderung der Konzentration (kg/t Frischsubstanz) in den aufbereiteten Misten im Vergleich zu den Ausgangsmaterialien						
OS	N _{tot}	N _{verf}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	TS	OS	N _{tot}	N _{verf}	P ₂ O ₅	K ₂ 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

¹ 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 NH₃-Verflüchtigung bedeutend reduziert werden.

² Wo nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf eine mittlere Verrottung (siehe Tab. 62).

³ 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 Kotbandmischung und 50 % mit Kotgrube (Bodenhaltung), für Mastgeflügel 40 %.

⁴ Löslicher Stickstoff (vor allem Ammonium), der sofort pflanzenverfügbar aber auch verlustgefährdet (Ammoniakverflüchtigung, Auswaschung und Denitrifikation nach Nitrifikation) ist.

⁵ Pflanzenverfügbarer Stickstoff. Siehe Definitionen in Tabelle 62 und Fussnoten 1 bis 3 in Tabelle 46.

⁶ 5-10 % mehr, wenn die Mineralstoffbefütterung (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.

⁷ 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.

⁸ 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 %.

⁹ 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 %.

¹⁰ 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 (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 ⁵
Ricokalk

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

Die Differenz zwischen dem Gesamtstickstoff (N_{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 (N_2) und zu einem geringen Teil als klimarelevantes Lachgas (N_2O) 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 ¹	N-Verfügbarkeit im 1. Jahr nach der Anwendung in % des Gesamt-N-Gehaltes ²	
	Futterbau	Ackerbau
50-70 65-85	55 70	45 60
20-40 ³ 25-50 ³ 10-25 ³ 40-60 ³	20 25 15 40	15 20 10 30
50-70 40-60 ³	60 ⁴	50 35
40-60 ³ 40-60 ³ 40-60 ³	⁴ ⁴ ⁴	40 35 35
40-60 ³ 30-50 ³ 25-40 ³ 25-30 ³	40 ⁴ 25 ⁴ 20 ⁴ 15 ⁴	40 25 20 15
5-10 ³	5 ⁴	5
70-80	70	60

¹ Diese Verfügbarkeit kann bei optimaler Verwertung der Dünger unter durchschnittlichen schweizerischen Boden- und Klimaverhältnissen erreicht werden. Sie umfasst sowohl die kurzfristige Wirkung wie die Nachwirkung in den folgenden Jahren (siehe auch Definition N_{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.

² 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_{verf} in Tab. 62).

³ 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.

⁴ Im Naturfutterbau nicht empfohlen.

⁵ 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 m³/ha und im Ackerbau von 30-50 m³/ha sinnvoll. Dabei ist darauf zu achten, dass der Ammoniumgehalt der Gülle 1,2 kg NH₄-N/m³ 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 NH₄-N-Gehalten sowie bei suboptimaler Ausbringungstechnik (Tab. 54) kann das Risiko von Nährstoffverlusten beträchtlich zunehmen. Bezüglich der maximalen Einzelgaben sind die Einschränkungen in den Tabellen 50 und 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)

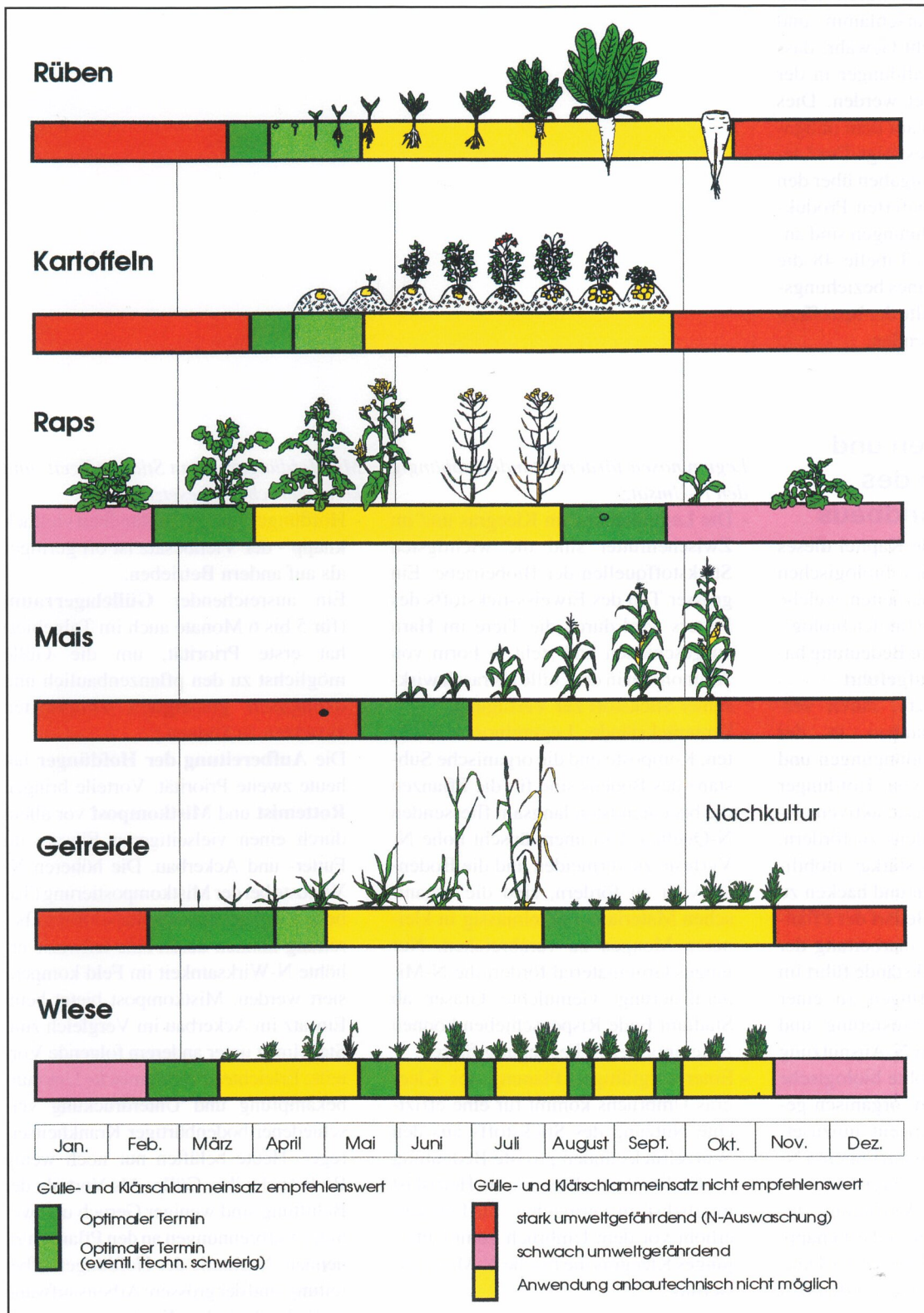
Abbildung 7. Schematische Darstellung der pflanzenbaulichen und ökologischen Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülle- und Klärschlammanwendung auf saugfähigem Boden. Die zeitlichen Angaben sind den Standortbedingungen anzupassen.

Häufigstes Vorkommen im
Viehwirtschaftskataster

Lagerungsdauer in Monaten¹

Talzone	3 - 5
Talzone	3,5 - 5
Voralpine Hügelzone	4 - 5
Bergzone I	4,5 - 5,5
Bergzone II bis IV	5 - 6
Bergzone II bis IV	6 - 7

¹ Bei den Angaben handelt es sich um die minimale Lagerdauer für Gülle auf Betrieben mit einem Anteil begüßelter 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 Klärschlämme³
- Entwässerte Klärschlämme⁵
- Entwässerte und gekalkte Klärschlämme⁵
- Getrocknete und granuliert Klärschlämme
- Kompost⁶

Leguminosen fördern standortabhängig den N-Umsatz.

- Die Leguminosen im Klee gras und im Zwischenfutter sind die wichtigsten Stickstoffquellen der Biobetriebe. Ein grosser 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 Rispschieben 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 _{tot}	N _{lös} ¹	N _{verf} ²	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
57	26	2,5	1,0	1,0 - 1,5	3,5 ⁴	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	8,0 - 10,0	58	1,9	4,7	54
500	210	7	0,1	0,4 - 0,7	4	5,7	3,1	28

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

² Pflanzenverfügbarer Stickstoff. Siehe Definitionen in Tabelle 62 und Fussnoten 1 bis 3 in Tabelle 46.

³ Raumgewicht ca. 1000 kg/m³

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

⁵ Raumgewicht ca. 900 kg/m³

⁶ Kompost aus biogenen Abfällen (organische Haushalt- und Gartenabfälle). Mittelwerte aus verschiedenen Aufbereitungen (Frischkompost, Reifekompost, Feldrandkompost usw.). Raumgewicht 500-800 kg/m³.

- 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 m³/ha zu beschränken.
- 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.

Einsatz von Handelsdüngern

- Bei Nährstoffhaushaltsrechnungen auf Biobetrieben treten oft negative Salden auf. Bezüglich Stickstoff sind betriebspezifische 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 Han-

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 beim 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 ¹	Oberflächengewässer ²
Gülle	3	3
Mist	3	2
Klärschlamm	3	3
(flüssig)		
Kompost	2	2
Min. N-Dünger ⁵	2	1
Min. P-Dünger ⁵	1	1
Min. K-Dünger ⁵	2	1
Min. Mg-Dünger ⁵	1	1
Min. S-Dünger ⁵	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 Hofdüngeranfall 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 ³	Boden ⁴	Aufwand für Lagerung und Handhabung	Aufwand für exakte Ausbringung	Aufwand und Einschränkungen für umweltschonende Ausbringung ⁶
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

¹ Belastung mit Nitrat, Chlor, Sulfat usw., Hygiene

² Belastung mit Phosphor und Stickstoff, Hygiene

³ Ammoniak, Lachgas

⁴ Schadstoffe, physikalische Bodenbelastung

⁵ Umweltbelastungen durch Herstellung und Transport zum Hof unberücksichtigt

⁶ 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 ³ /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
hoch; wenig belastbar	bis 25 m ³ /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
hoch; wenig belastbar	bis 25 m ³ /ha
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
gering; normal belastbar	Ausbringen angemessener Mengen
sehr hoch; nicht belastbar hoch; wenig belastbar	Ausbringen unterlassen bis 25 m ³ /ha

¹ 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 Grundwassers. 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"> - beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche) - gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche) <p>b) Bewachsener Boden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche) - gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche) <p>c) Schneedecke</p> <ul style="list-style-type: none"> - trockene unterkühlte Schneedecke - schmelzende Schneedecke
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	Ausbringen unterlassen
mittel bis gering; reduziert bis normal belastbar	bis 40-60 m ³ /ha ¹
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
mittel; reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
hoch; wenig belastbar	bis 25 m ³ /ha
sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen

¹ Diese Mengen sind im Futterbau als Einzelgabe zu hoch und unbedingt zu vermeiden

14.3.3. Ammoniakverflüchtigung

Aus Ammonium (NH₄) entstehendes Ammoniak (NH₃) 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 Pflanzenenertrag 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) ¹ stark verdünnt (über 1:2) ¹
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 ²

stoffgrenzwerte im Anhang 4.5 der Stoffverordnung 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 ¹ kotarme Gülle, Schweinegülle: mindestens 1:2, besser 1:3 verdünnen ¹	
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; Gölledüngung im Mais: vorgängig zwischen den Reihen hacken; Gülle ausreichend verdünnen	
hoch mittel gering	Schleppschauch-, Schleppschuhverteiler, Schlitzdrill, Tiefinjektion, Güllegrubber	Sofortige Einarbeitung (innerhalb der ersten Stunden nach dem Ausbringen) mit Pflug oder Grubber

¹ Teile Gülle zu Teile Wasser

² Keine spezielle Verdünnung erforderlich

14.6. Zusammenfassende Empfehlungen für eine umweltschonende Düngung

Eine gezielte und umweltschonende Düngung gewährleistet eine nachhaltige Ertragsfähigkeit des Bodens, verhindert vermeidbare 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. 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 Stroh 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 (Kap. 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 Dünger

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.

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 ¹	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

¹ mässig tiefgründig: weniger als 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit

² 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 Dünger 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, Tab. 6) 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).

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 (Kap. 16.1) und kann daher mit dieser verglichen werden.

Für den ökologischen Leistungsnachweis im Rahmen der Direktzahlungsverordnung (Kap. 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.

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 N- sowie NP-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	1-/2-Scheibenstreuer Pendelrohrstreuer
Auslegerstreuer Feldspritzen	Pneumatikstreuer 3-Loch-Düsen
<i>Gülle und Klärschlamm flüssig</i>	
Fass	Prallteller Pendelverteiler Schleppschlauchverteiler Injektor (Eindrillgerät)
Verschlauchung	Prallteller Schwenkdüsenverteiler Schleppschlauchverteiler
Beregnungsmaschine (Rollomat)	Starkregner Düsenbalkenverteiler Schleppschlauchverteiler
<i>Mist</i>	
Mistzetter	Liegende Walzen Stehende Walzen Seitenstreuer Tellerstreuer
<i>Abfalldünger fest</i>	
Mistzetter	Stehende Walzen Seitenstreuer
Kompoststreuer Grossflächenstreuer Düngerstreuer	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 ¹				
				Dosier-/ Verteilge- nauigkeit	Ammoniak- verluste	Boden- schonung	Hang- tauglichkeit	Maschinen- kosten
granuliert/ gekörnt	mehlig	flüssig						
x	x			2	1 ²	1	1	1
x	x			2	1 ²	1	1	1
x				1	1 ²	1	2	3
		x		1	1	1	2	2
Gülle	Klärschlamm							
x	x			3-4	3 ³	3	3	1
x	x			2	3 ³	3	3	1
x	x			1	2	3	4	3
x	x			1	1	4	4	4
x	x			3-4	3 ³	1	1	2
x	x			2	3 ³	1	1	2
x	x			1	2	1	3	3
x	x			4	4 ³	1	3	3
x	x			2	3 ³	1	3	4
x	x			1	2	1	3	4
Mist								
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 ⁴	3	2
x	x	(x)	x	3	⁵	2 ⁴	2	3
x	x	(x)		2	⁵	2 ⁴	3	3
		x	x	1	⁵	2 ⁴	3	4
		x		1	⁵	1	2	2

¹ 1 = sehr günstig; 2 = günstig; 3 = mässig günstig, mangelhaft; 4 = sehr ungünstig, ungenügend.

² N-Dünger: Ammoniumdünger leicht höheres Verlustrisiko als übrige N-Formen.

³ Höhe der N-Verluste stark abhängig von Witterungsbedingungen kurz nach dem Ausbringen.

⁴ Abhängig von gewählter Bereifung und Grösse des Streuers.

⁵ 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
Stickstoff	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)
Phosphat	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)	langsame Wirkung leichte Kalkwirkung wirkt pH-erhaltend in schwach sauren Böden	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,2; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 7,5
	Rohphosphat (z.B. Hyperphosphat)	sehr langsam wirkend	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 5,9; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 6,5
Kali	Kaliumchlorid (z.B. Kalisalze)	wasserlöslich, schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr in sehr sandigen Böden enthält 40-50 % Chlor	Einzelgabe auf 300 kg K ₂ 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)
Magnesium	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
Schwefel	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, kohlen-saurer Kalk	CaCO ₃	50		langsam
Meeralgenkalk	CaCO ₃	50	2-3 % Mg	langsam
Dolomitkalk	CaCO ₃ / MgCO ₃	50	12 % Mg	langsam
Löschkalk, Ätzkalk	Ca(OH) ₂	55		schnell
Branntkalk	CaO	75		schnell
Ricokalk	CaCO ₃	32	30 % Wasser 1,1 % P ₂ O ₅ 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 Ammoniumdünger Harnstoff Superphosphat, Triplesuperphosphat Rindergülle	Kalkstickstoff Thomasmehl, Thomaskalk Hyperphosphat Schweinegülle 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 ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Getreide und Mais							
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	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
Knollen- und Wurzelfrüchte							
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
Öl- und Faserpflanzen							
Raps	Körner	90	26-34	13-19	8-11	2,0-3,2	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

Tabelle 59. Fortsetzung

Kultur	Produkt	Trocken- substanz- gehalt (%)	Nährstoffgehalt (kg/t)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Faserhanf	Ganzpflanze	85	7-13	5-8	14-20	1,5-2,0	5-10
Faserhanf	Stängel	85	2-4	2-4	7-11	0,3-0,7	6-12
	Körner und Blätter	90	23-32	12-18	20-35	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	
Körner- und Eiweissleguminosen							
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
Feldgemüse							
Kabis, Einschnide-	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	3-7
Zwischenkulturen, Gründüngung							
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 ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Übrige Kulturen							
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
Wiesen und Weiden							
Wiese intensiv		100	22-27 ¹	7-9 ²	24-40 ³	2-3 ⁴	8-12 ⁵
Wiese mittel intensiv		100	16-23 ¹	6,5-8,5 ²	19-35 ³	1,8-2,8 ⁴	8-12 ⁵
Wiese wenig intensiv		100	12-20 ¹	6,5-8,0 ²	15-30 ³	1,6-2,6 ⁴	8-12 ⁵
Wiese extensiv		100	10-15 ¹	5-7 ²	15-25 ³	1,5-2,5 ⁴	8-12 ⁵
Weide intensiv		100	24-30 ¹	7,5-9,5 ²	27-44 ³	2-3 ⁴	8-12 ⁵
Weide mittel intensiv		100	18-26 ¹	7-9 ²	22-39 ³	1,8-2,8 ⁴	8-12 ⁵
Weide wenig intensiv		100	13-22 ¹	6,0-8,5 ²	17-34 ³	1,6-2,6 ⁴	8-12 ⁵
Weide extensiv		100	10-20 ¹	5,5-7,5 ²	15-30 ³	1,5-2,5 ⁴	8-12 ⁵
Leguminosen-, Grassamen-Produktion							
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

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

² 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

³ 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

⁴ 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

⁵ 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

Tabelle 60. Nährstoffgehalte von Tieren und Milch

Diese Werte wurden in Bilanzrechnungen zur Bestimmung der Nährstoffausscheidungen verwendet.

Tierart / Produkt	Nährstoffgehalt (g/kg Lebendgewicht, g/l)						
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ 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, Sauen ¹	22,2	5,3	12,2	1,6	1,9	0,35	8,7
Mastzunahme (25-120 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

¹ Mutterschweine in Bilanzen meist nicht berücksichtigt

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

Tabelle 61. Fortsetzung

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

18.4. Begriffe und Abkürzungen

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
CCM	Corn Cob Mix, Maiskolbensilage (ohne Lieschen) mit durchschnittlich 50 % der anfallenden Spindeln
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 (Strohhäcksel, 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

Tabelle 62. Fortsetzung

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
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 _{tot}	Gesamt-Stickstoff (unabhängig von der Form)
N _{lös}	Wasserlösliche Stickstoffformen (Ammonium, Harnstoff u.a.) in Ausscheidungen der Tiere und in Hofdüngern
N _{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 Hofdüngerwirtschaft 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.
GVE	Grossvieheinheit
MSP	Mastschweineplatz
ZSP	Zuchtschweineplatz
LHP	Legehennenplatz
MPP	Mastpouletplatz
N	Stickstoff
NO ₃ ⁻	Nitrat
NH ₄ ⁺	Ammonium
NH ₃	Ammoniak
P	Phosphor
P ₂ O ₅	Phosphat
K	Kalium
K ₂ O	Kali
Ca	Calcium
CaO	Calciumoxid, gebrannter Kalk
Ca(OH) ₂	Calciumhydroxid, gelöschter Kalk, Ätzkalk
CaCO ₃	Calciumkarbonat, kohlensaurer Kalk, Düngkalk

Tabelle 62. Fortsetzung

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
Mg	Magnesium
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat
S	Schwefel
SO ₄ ⁻	Sulfat
SO ₃ ⁻	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

18.5. 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)

**Hat er wohl den Ertrag
der UFA 330 leicht
unterschätzt?**



www.ufasamen.ch

Erhältlich in der LANDI

Semences
UFA
Samen

Impressum

Agrarforschung ist die Zeitschrift der Eidgenössischen Forschungsanstalten Reckenholz (FAL), Posieux (RAP), Tänikon (FAT), Wädenswil (FAW) und Liebefeld (FAM), des Departementes Agrar- und Lebensmittelwissenschaften der ETH Zürich sowie der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft Zollikofen (SHL)

www.admin.ch/sar/zs/afo

Herausgeber: Bundesamt für Landwirtschaft, CH-3003 Bern

Redaktion: Monika Boltshauser, *Agrarforschung*, RAP, CH-1725 Posieux, Tel. +41 (0)26 407 72 21, Fax +41 (0)26 407 73 00, e-mail: agrarforschung@rap.admin.ch

Redaktionsteam: Vorsitz: Jacques Morel (Vizedirektor BLW); Karin Bovigny (BLW); Louis Hürlimann (FAT); Pierre Lavanchy (FAM); Gerhard Mangold

(RAP); Harald Menzi (SHL); Denise Tschamper (FAL), Hans-Jürg Zehnder (FAW)

Abonnement: Inland: CHF 52.– (+ 2,4 % MWST), Ausland: CHF 58.–

Anzeigenregie: admedia AG, Rütistr. 4B, Postfach, CH-8134 Adliswil, Tel. +41 (0)1 710 35 60, Fax +41 (0)1 710 40 73

Druckerei: Icobulle Imprimeurs SA, CH-1630 Bulle

© Copyright. Nachdruck von Artikeln gestattet unter Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplares an die Redaktion.

ISSN 1022-663X

11x

Aktuelle Forschungsergebnisse

*die Zeitschrift des
Bundesamtes für
Landwirtschaft*

*das Publikations-
organ der landwirt-
schaftlichen
Forschungsanstalten
Liebefeld, Posieux,
Reckenholz, Tänikon
und Wädenswil*

*des Departementes
Agrar- und
Lebensmittelwissen-
schaften der ETH
Zürich*

*der Schweizerischen
Hochschule für
Landwirtschaft
Zollikofen*

AGRAR Forschung

*11x im Jahr aktuelle Forschungsergebnisse
über Pflanzenbau, Nutztiere, Agrarwirtschaft,
Landtechnik, Lebensmittel und Umwelt*

*die neuesten Sortenlisten aus dem Getreide-,
Mais-, Futter- und Kartoffelbau*

*Wir verbinden die landwirtschaftliche
Forschung mit der Praxis*

Bestellkarte

Einsenden an:

AGRARForschung
*Eidg. Forschungsanstalt
für Nutztiere (RAP)
CH-1725 Posieux
Fax: 026 407 73 00*

*Ja, ich interessiere mich für die Themen und Berichte der AGRARForschung und abon-
niere ab sofort die Zeitschrift zum Preis von Fr. 52.- (+2,4% Mwst) pro Jahr (Ausland
zuzüglich SFr. 6.- Versandkosten)*

Name/Firma

Vorname

Strasse/Nr.

PLZ/Ort

Beruf

Datum

Unterschrift