

AGRAR

Forschung



GRUDAF 2009
Grundlagen für die Düngung im
Acker- und Futterbau

Februar
2009

9. Internationale Fachmesse für Nutztierhaltung, landwirtschaftliche Produktion, Spezialkulturen und Landtechnik

19. – 22. Februar 2009
St.Gallen

Tier & Technik

Messeangebot

- Nutztierhaltung, Tierzucht
- Hof- und Stalleinrichtungen, Fördermittel
- Landwirtschaftliche Architektur, Stallbau
- Futterernte, Futterkonservierung, Fütterungstechnik
- Milchproduktion, Melktechnik
- Fleischproduktion
- Reb-, Obst- und Gemüsebau, Spezialkulturen, Baumpflege
- Erneuerbare Energien
- Tieraussstellungen, Vortragsreihe
- Sonderschau «Grasland Schweiz: Hofdünger»

Öffnungszeiten: 9 – 17 Uhr
www.tierundtechnik.ch > OnlineTicket



Olma Messen
St. Gallen

Sehen Sie den Unterschied!



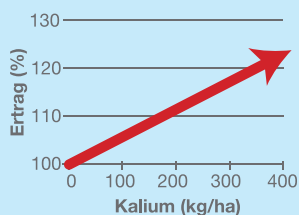
**Bekannt für
besseres Klee gras.**

Otto Hauenstein Samen

Tel. 044 879 17 18

Fax 044 879 17 30

Ihre sicherste Rendite kommt aus Ihrem Boden!



Kalium und Magnesium:

- für nachhaltige Bodenfruchtbarkeit auch für die nächste Generation
- für bessere Wasserausnutzung
- für höhere Stickstoffeffizienz
- für gute Qualität der Ernteprodukte



Kali AG

Murtenstrasse 116 · 3202 Frauenkappelen · www.kali.ch · info@kali.ch · Tel. 031 926 60 00 · Fax 031 926 60 01

Ein Unternehmen der K+S Gruppe

Vorwort

Die «Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau» (GRUDAF), welche von den Forschungsanstalten Agroscope Changins-Wädenswil ACW und Reckenholz-Tänikon ART herausgegeben werden, sind ein bewährtes und wertvolles Hilfsmittel für die umweltschonende Produktion von qualitativ hochwertigen Lebens- und Futtermitteln. Sie werden in erster Linie von landwirtschaftlichen Beratern genutzt und bedeuten für Landwirtinnen und Landwirte eine wichtige Orientierungshilfe für die Düngungsplanung und -bemessung. Die Arbeiten tragen damit zu einem effizienten Einsatz des Produktionsfaktors Dünger und folglich zu einer effizienteren Produktion bei. Ihre Inhalte bilden zudem die Grundlage für Vollzugsinstrumente von Bund und Kantonen, wie die Suisse-Bilanz.

Die GRUDAF basieren auf naturwissenschaftlichen Grundlagen und bilden den neusten Wissensstand der Forschung auf dem Gebiet der Düngung ab. Deshalb werden sie periodisch überarbeitet, um den aktuellsten Stand der Produktionstechnik zu berücksichtigen und neuen Entwicklungen in der Landwirtschaft und Forschung Rechnung zu tragen. Die neue Ausgabe 2009 löst die Fassung von 2001 ab. Für ihre Erarbeitung waren mehrjährige Arbeiten und eine intensive Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Forschungsgruppen von Agroscope nötig. So wurden z. B. während dreier Jahre an verschiedenen, über die ganze Schweiz verteilten Standorten Düngungsversuche durchgeführt, um die Stickstoffdüngungsnormen von wichtigen Ackerkulturen zu prüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.

Die wichtigsten inhaltlichen Änderungen der neuen Ausgabe sind eine Flexibilisierung der Stickstoffdüngung bei einigen Ackerkulturen, die Präzisierung der Anwendungsgrenzen der Ammonium-Acetat-EDTA-Bodenuntersuchungsmethode, ein neues Kapitel über den Einfluss der Düngung auf die Produktequalität, die Aktualisierung der Nährstoffentzüge durch die Ackerkulturen basierend auf den Langzeitversuchen der Forschungsanstalten, die produktions- und ökologiekonforme Anpassung der Interpretationsschemata für die Bodenuntersuchungen und eine transparente Darstellung des Düngungskonzeptes.

Ich danke dem Redaktionsteam der neuen Ausgabe für die Koordination der umfangreichen, fachlichen Vorarbeiten und das Abfassen des Manuskripts. Mein weiterer Dank gilt den Mitautoren von einzelnen Kapiteln; darunter sind zahlreiche Mitarbeitende aller Forschungsanstalten von Agroscope sowie der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft. Ich danke auch den Partnern der Produktion, des Handels und der Industrie, welche die neue Herausgabe der GRUDAF mit kritischem Interesse verfolgt haben. Den vielen Benutzern der GRUDAF bin ich dankbar für die wertvollen Beiträge im Rahmen von Workshops und Vernehmlassungen.

Ich bin zuversichtlich, dass die vorliegende Ausgabe der GRUDAF von Praxis, Beratung, Düngerindustrie, Verwaltung, Bildung und Forschung gut aufgenommen werden wird und zu weiteren Fortschritten in Richtung einer umweltfreundlichen und ökonomisch konkurrenzfähigen Produktion im Acker- und Futterbau beitragen wird.

Manfred Bötsch

Vorsitzender der Agroscope-Geschäftsleitung

Herausgeber: Forschungsanstalten Agroscope Changins-Wädenswil ACW
und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Redaktion: René Flisch, ART – Sokrat Sinaj, ACW – Raphaël Charles, ACW – Walter Richner, ART

Beiträge: Alice Beaux, ACW – Jean-François Collaud, ACW – Elisabeth Fortier, ACW –
Lilia Levy, ACW – Didier Pellet, ACW – Ruedi Schwärzel, ACW –
Hans Dieter Hess, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP –
Christine Bosshard, ART – Olivier Huguenin, ART – Jochen Mayer, ART –
Gerd Joachim Sauter, ART – Hans Stünzi, ART – Ludo van Caenegem, ART –
Harald Menzi, Schweiz. Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Zollikofen

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung	4
2	Aufgaben und Ziele der Düngung	4
3	Düngungsnormen	6
3.1	Ackerbau	7
3.2	Beziehung zwischen Nährstoffentzug und Düngungsnorm für Phosphor, Kalium und Magnesium	12
3.3	Futterbau	14
4	Bodenanalysen und deren Interpretation	19
5	Pflanzenanalyse	23
6	Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung	24
6.1	Korrektur der Phosphor- und Kalium-Düngung aufgrund der CO ₂ -Methode	25
6.2	Korrektur der Magnesium-Düngung aufgrund der CaCl ₂ -Methode	28
6.3	Korrektur der Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Düngung aufgrund der Ammoniumacetat+EDTA-Methode (AAE10)	28
6.4	Spezielle Hinweise zum Einsatz von Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngern	31
7	Stickstoffdüngung	32
7.1	Ackerbau	33
7.1.1	Korrektur der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit des Ertrages	35
7.1.2	Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode)	36
7.1.3	Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens (N _{min} -Methode)	38
7.1.4	Ergänzende und andere Methoden	40
7.1.5	Aufteilung der Stickstoffdüngung und Höchstmengen	40
7.2	Futterbau	42
8	Kalkdüngung	44
8.1	Ackerbau	46
8.2	Futterbau	46
9	Düngung mit Schwefel und Spurenelementen	47
9.1	Schwefel	47
9.1.1	Vorgehen zur Abschätzung des Risikos von Schwefelmangel	47
9.1.2	Form und Zeitpunkt der Schwefeldüngung	48
9.2	Bor, Mangan und andere Mikronährstoffe	48
10	Ernterückstände	49
11	Hofdünger	50
11.1	Anfall und Nährstoffgehalte	51
11.1.1	Nährstoffausscheidungen der Nutztiere	51
11.1.2	Gülle- und Mistanfall	55
11.1.3	Nährstoffgehalte von Hofdüngern	57
11.2	Aufbereitung der Hofdünger	58
11.3	Verfügbarkeit des Stickstoffs in den Hofdüngern	59
11.4	Einsatz der Hofdünger	60
11.4.1	Anwendungszeitpunkt von Gülle und Mist	60
11.4.2	Kriterien zur Bemessung der Hofdüngergaben	60

12	Recyclingdünger	62
12.1	Nährstoffgehalte der Recyclingdünger	62
12.2	Hinweis für den Einsatz von Gärgut	62
12.3	Gesetzliche Einschränkungen bei der Ausbringung von Recyclingdüngern	64
13	Pflanzenernährung im biologischen Landbau	64
13.1	Stickstoffdüngung	64
13.2	Phosphor- und Kaliumdüngung	65
14	Düngung und Umwelt	66
14.1	Die Düngung als Teil des Nährstoffkreislaufs	67
14.2	Potenzielle Umweltgefährdung der Dünger und deren Eignung für eine gezielte, umweltschonende und wirtschaftliche Düngung im Überblick	67
14.3	Massnahmen zur Verhinderung von Nährstoffverlusten	68
14.3.1	Versickerung und Auswaschung	69
14.3.2	Oberflächenabfluss und Abschwemmung	69
14.3.3	Ammoniakverflüchtigung	70
14.4	Folgen einer Überdüngung	71
14.5	Schadstoffe und Krankheitserreger	71
14.6	Zusammenfassende Empfehlungen für eine umweltschonende Düngung	71
15	Düngung und Qualität	72
15.1	Getreide	73
15.1.1	Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Brotgetreide	73
15.1.2	Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Biskuitweizen	73
15.1.3	Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Futtergetreide	74
15.2	Ölpflanzen	74
15.2.1	Einfluss der Stickstoff- und Schwefeldüngung auf den Gehalt und die Zusammensetzung des Öls	74
15.2.2	Einfluss der Schwefeldüngung auf den Glukosinolatgehalt	75
15.3	Kartoffeln	75
15.4	Zuckerrüben	76
16	Düngung in der Praxis	77
16.1	Düngungsplan	77
16.2	Möglichkeiten zur Reduktion der Stickstoff-Düngung und zum Verzicht auf die Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Düngung	78
16.3	Wahl der Dünger	80
16.4	Fruchtfolgedüngung	80
16.5	Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Methoden der Nährstoffbilanzierung	80
17	Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Recyclingdüngern	81
18	Literatur	86
19	Anhang	87
19.1	Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Dünger	87
19.2	Nährstoffgehalte pflanzlicher und tierischer Produkte	89
19.3	Faktoren zur Umrechnung verschiedener Nährstoffformen	93
19.4	Gesetze und Verordnungen zum Handel und Einsatz der Dünger	95

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 Bauern und der Bäuerin, zur Entscheidungsfindung bei praktischen Düngungsfragen.

Der Weiterentwicklung von Produktionstechnik und -verfahren sowie die Diversifizierung 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.

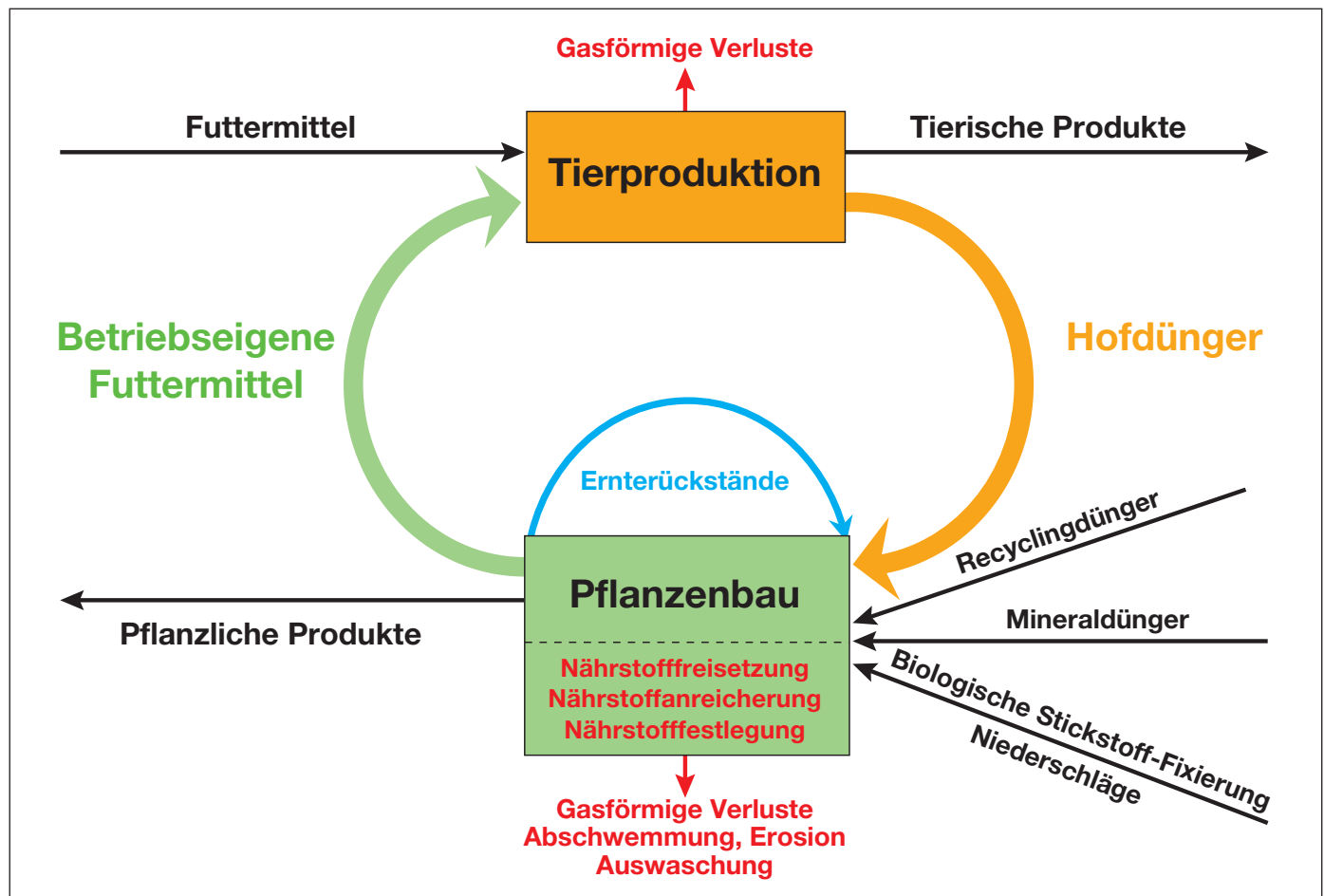
Die Angaben in diesem Dokument basieren auf naturwissenschaftlichen Grundlagen. Sie haben daher für alle naturwissenschaftlich orientierten landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen Gültigkeit.

2. Aufgaben und Ziele der Düngung

Nährstoffe werden von der Pflanze aus dem Boden oder aus der Luft aufgenommen. Bestimmte Nährstoffmengen werden dem Boden entzogen und verlassen in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten teilweise den Betrieb. Die Hauptaufgabe der Düngung besteht darin, Nährstoffkreisläufe (**Abbildung 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). 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. Die Produktionsziele sollen unter Berücksichtigung der Ansprüche der Kulturen bei gleichzeitig minimaler Belastung der Umwelt erreicht werden.

Abbildung 1.
Nährstoffkreislauf eines
landwirtschaftlichen
Betriebes



Die Anforderungen an eine pflanzen- und umweltgerechte Düngung sind im landwirtschaftlichen Düngungskonzept (**Abbildung 2**) dargestellt. Daraus geht hervor, dass für eine überlegte, sinnvolle und erfolgreiche Düngung folgende Aspekte in der aufgeführten Reihenfolge zu berücksichtigen sind:

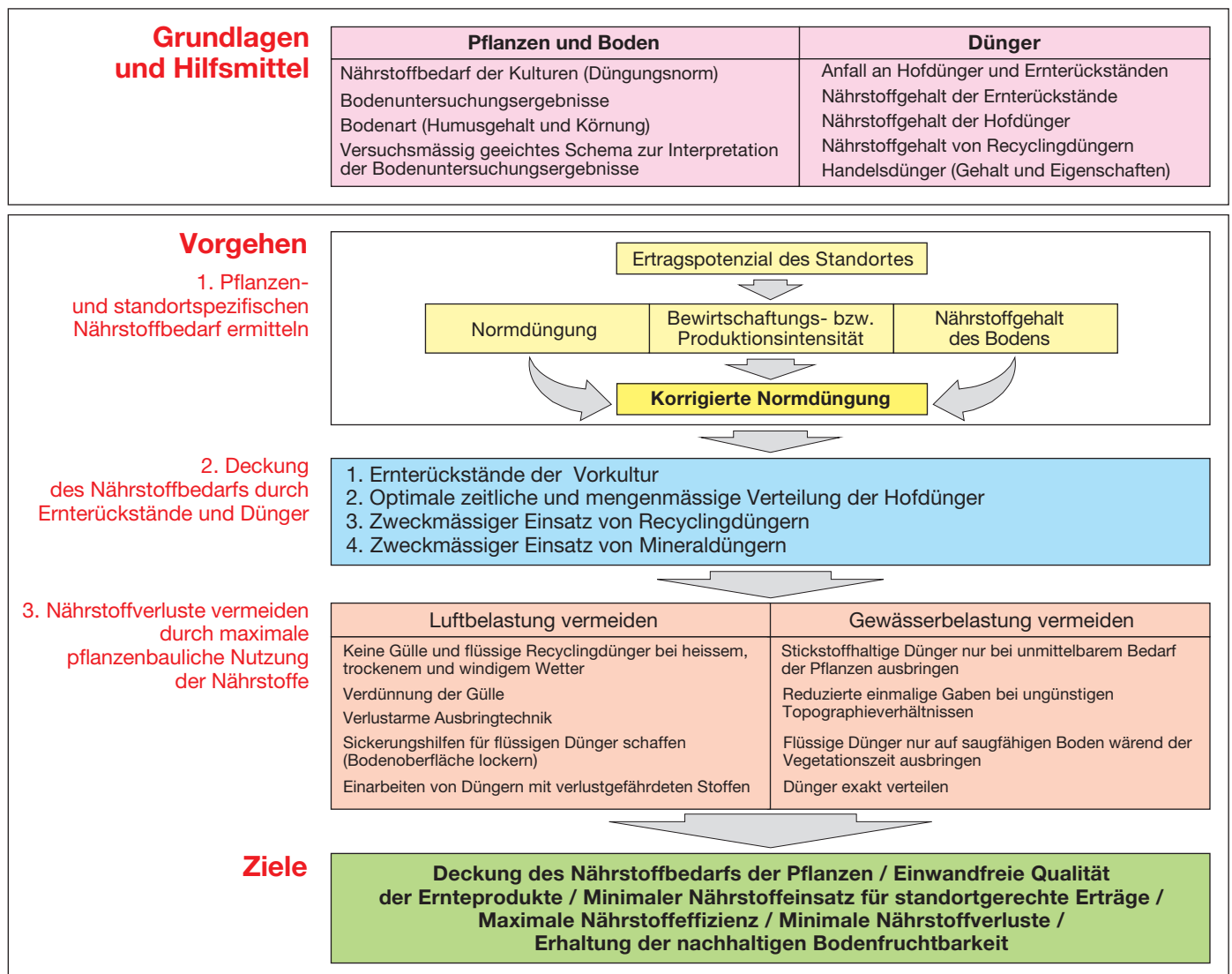
- Nährstoffbedarf (bezüglich Menge und Bedarfszeitpunkt) der Pflanzen;
- Nährstoffgehalt und -verfügbarkeit des Bodens;
- Rückführung von Nährstoffen durch Ernterückstände;
- Menge, Nährstoffgehalte und Eigenschaften von Hofdüngern, Recyclingdüngern und anderen organischen Düngern;
- Menge, Nährstoffgehalte und Eigenschaften von Mineraldüngern;
- Verhalten der Dünger im System Boden - Pflanze - Umwelt (Luft, Wasser);
- 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 mit jeder zusätzlichen 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.

Das Ziel der Düngung besteht in der Optimierung der Erträge von einwandfreier Qualität bei maximaler Ausnutzung der beschränkt vorhandenen Nährstoffe unter Berücksichtigung der nachhaltigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die Düngung ist kein geeignetes Mittel, um Mängel infolge pflanzenbaulicher Fehlentscheide (z. B. unausgewogene Fruchtfolge, Bodenverdichtungen, verzögerter Saatzeitpunkt, unangepasste Sortenwahl, inadäquater Pflanzenschutz) zu korrigieren.

Abbildung 2.
Das landwirtschaftliche
Düngungskonzept
für eine nachhaltige
Bodennutzung



3

Düngungsnormen



Die Düngungsnormen basieren auf dem Referenzertrag und dem Referenznährstoffgehalt der Ernteprodukte. Sie entsprechen für Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) dem Nährstoffbedarf der Kulturen für den Referenzertrag mit ausreichendem Nährstoffgehalt für eine einwandfreie Qualität der Ernteprodukte. Korrekturen zur Bestimmung der korrigierten Normdüngung aufgrund von pflanzenspezifischen Faktoren (Nährstoffaneignungsvermögen) und Bodenversorgung sind im Abschnitt 3.2 bzw. in Kapitel 6 beschrieben.

Im Futterbau ist die korrigierte Düngungsnorm gleich gross oder kleiner als der Nährstoffentzug. Mögliche Differenzen zwischen Entzug und korrigierter Normdüngung sind in Abschnitt 3.3 erklärt. Korrekturen aufgrund der Bodenversorgung sind in Kapitel 6 aufgeführt.

Die Düngungsnormen für Stickstoff (N) im Acker- und Futterbau wurden mit Hilfe der Ergebnisse einer Vielzahl von Versuchen erarbeitet, welche unter verschiedensten Boden- und Klimabedingungen durchgeführt wurden. Sie entsprechen nicht dem Entzug der Pflanzen, sondern der zu düngenden N-Menge bei durchschnittlichen schweizerischen Produktionsverhältnissen. Die Anpassung der Stickstoffdüngung an den Ertrag, an parzellenspezifische Eigenschaften und weitere Einflussfaktoren sind in Kapitel 7 beschrieben.

3.1. Ackerbau

In Tabelle 1 sind die Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumentzüge und -normen für die Ackerkulturen aufgeführt. Das angegebene Ertragsniveau wird von den meisten Betrieben im Durchschnitt der Jahre erreicht. Es basiert auf den statistischen Erhebungen des Schweizerischen Bauernverbandes (SBV). Quellen für die Nährstoffgehalte sind zahlreiche Feldversuche der Forschungsanstalten Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) und Changins-Wädenswil (ACW) und die «Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen» (Grünes Buch) der Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 2007. Die Nährstoffentzüge bzw. die Düngungsnormen sind die Basis für die Bestimmung der korrigierten Düngungsnormen und der Düngungsempfehlungen bezüglich P, K und Mg. Für Stickstoff wurde die Düngungsnorm mit Hilfe der Ergebnisse einer Vielzahl von Versuchen erarbeitet, welche unter verschiedensten Boden- und Klimabedingungen durchgeführt wurden. Im Gegensatz zu P, K und Mg wird die Düngungsnorm beim Stickstoff nicht vom effektiven Entzug abgeleitet.

Tabelle 1. Referenzertrag, Nährstoffentzug und Düngungsnormen verschiedener Kulturen. Die angegebenen Entzüge entsprechen den geernteten Erträgen des Hauptproduktes (ohne unvermeidbare Ernteverluste) und den durchschnittlich anfallenden Nebenprodukten (ohne Stoppeln und Wurzeln)

Kultur	Referenzertrag ¹ (dt/ha)	Produkt	Nährstoffentzug basierend auf dem Referenzertrag (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Winterweizen (Brot- und Biskuitweizen)	60	Körner	121	49 (21)	26 (22)	7				
	70	Stroh	22	13 (6)	75 (62)	5				
	Total		143	62 (27)	101 (84)	12	140	60 (27)	100 (84)	15
Futterweizen	75	Körner	130	62 (27)	32 (27)	9				
	75	Stroh	21	14 (6)	80 (66)	5				
	Total		151	76 (33)	112 (93)	14	140	75 (33)	110 (93)	15

Tabelle 1 (Fortsetzung) Kultur	Referenz- ertrag ¹ (dt/ha)	Produkt	Nährstoffentzug basierend auf dem Referzertrag (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Sommerweizen	50	Körner	101	41 (18)	22 (18)	6				
	60	Stroh	19	11 (5)	64 (53)	4				
	Total		120	52 (23)	86 (71)	10	120	50 (23)	85 (71)	10
Wintergerste	60	Körner	89	50 (22)	32 (27)	7				
	60	Stroh	26	13 (6)	96 (80)	4				
	Total		115	63 (28)	128 (107)	11	110	65 (28)	130 (107)	15
Sommergerste	55	Körner	81	46 (20)	30 (25)	6				
	55	Stroh	24	12 (5)	88 (73)	3				
	Total		105	58 (25)	118 (98)	9	90	60 (25)	120 (98)	10
Winterhafer	55	Körner	88	44 (19)	28 (23)	6				
	70	Stroh	35	19 (8)	147 (122)	6				
	Total		123	63 (27)	175 (145)	12	90	65 (27)	175 (145)	15
Sommerhafer	55	Körner	91	44 (19)	28 (23)	6				
	70	Stroh	29	19 (8)	147 (122)	6				
	Total		120	63 (27)	175 (145)	12	90	65 (27)	175 (145)	15
Winterroggen (Populationssorten)	55	Körner	72	44 (19)	28 (23)	6				
	70	Stroh	21	14 (6)	84 (70)	7				
	Total		93	58 (25)	112 (93)	13	90	60 (25)	110 (93)	15
Winterroggen (Hybridsorten)	65	Körner	85	52 (23)	33 (27)	7				
	75	Stroh	23	15 (7)	90 (75)	8				
	Total		108	67 (30)	123 (102)	15	90	65 (30)	125 (102)	15
Dinkel	45	Körner	72	36 (16)	23 (19)	5				
	70	Stroh	35	18 (8)	84 (70)	7				
	Total		107	54 (24)	107 (89)	12	100	55 (24)	105 (89)	15
Wintertriticale	60	Körner	96	43 (19)	29 (24)	5				
	75	Stroh	25	11 (5)	135 (112)	5				
	Total		121	54 (24)	164 (136)	10	110	55 (24)	165 (136)	10

Tabelle 1 (Fortsetzung)	Referenz- ertrag ¹ (dt/ha)	Produkt	Nährstoffentzug basierend auf dem Referzertrag (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Sommertriticale	55	Körner	88	40 (17)	27 (22)	5				
	70	Stroh	23	10 (4)	126 (105)	4				
	Total		111	50 (21)	153 (127)	9	100	50 (21)	155 (127)	10
Emmer, Einkorn	25	Körner	55	20 (9)	13 (11)	4				
	45	Stroh	18	14 (6)	41 (34)	3				
	Total		73	34	54 (45)	7	30	35	55 (45)	10
Körnermais	95	Körner	124	56 (24)	38 (32)	9				
	105	Stroh	77	26 (11)	183 (152)	14				
	Total		201	82 (35)	221 (184)	22	110	80 (35)	220 (184)	25
Silomais	175 ²	Ganzpflanze	201	82 (36)	221 (183)	22				
	Total		201	82 (36)	221 (183)	22	110	80 (36)	220 (183)	25
Grünmais	60 ²	Ganzpflanze	114	39 (17)	162 (134)	6				
	Total		114	39 (17)	162 (134)	6	70	40 (17)	160 (134)	10
Kartoffeln (Speisekartoffeln und technische Verarbeitung)	450	Knollen	135	59 (26)	243 (202)	9				
	200	Kraut	28	10 (4)	130 (108)	8				
	Total		163	69 (30)	373 (310)	17	120	70 (30)	375 (310)	20
Kartoffeln (Frühkartoffeln)	300	Knollen	69	45 (20)	150 (125)	6				
	200	Kraut	66	14 (6)	140 (116)	12				
	Total		135	59 (26)	290 (241)	18	110	60 (26)	290 (241)	20
Kartoffeln (Saatkartoffeln)	250	Knollen	58	38 (17)	125 (104)	5				
	200	Kraut	66	14 (6)	140 (116)	12				
	Total		124	52 (23)	265 (220)	17	100	50 (23)	265 (220)	20
Zuckerrüben	750	Rüben	90	45 (20)	150 (125)	23				
	500	Kraut/Köpfe	165	40 (17)	315 (261)	45				
	Total		255	85 (37)	465 (386)	68	100	85 (37)	465 (386)	70
Futterrüben	175 ²	Rüben	193	88 (38)	315 (261)	23				
	400	Kraut/Köpfe	140	32 (14)	280 (232)	36				
	Total		333	120 (52)	595 (493)	59	100	120 (52)	595 (493)	60

Tabelle 1 (Fortsetzung)	Referenz- ertrag ¹ (dt/ha)	Produkt	Nährstoffentzug basierend auf dem Referzertrag (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Winterraps	35	Körner	91	51 (22)	30 (25)	8				
	65	Stroh	46	13 (6)	81 (67)	4				
	Total		137	64 (28)	111 (92)	12	140	65 (28)	110 (92)	15
Sommerraps	25	Körner	65	37 (16)	21 (17)	7				
	45	Stroh	32	9 (4)	56 (46)	7				
	Total		97	46 (20)	77 (63)	14	120	45 (20)	75 (63)	15
Sonnenblume	30	Körner	95	33 (14)	25 (21)	9				
	60	Stroh	54	16 (7)	369 (306)	45				
	Total		149	49 (21)	394 (327)	54	60	50 (21)	395 (327)	55
Ölhanf	13	Körner	60	33 (14)	14 (12)	7				
	60	Stroh	54	24 (10)	84 (70)	9				
	Total		114	57 (24)	98 (82)	16	60	55 (24)	100 (82)	20
Faserhanf ³	100	Stängel	30	30 (13)	90 (75)	5				
	40	Körner/Blätter	110	60 (26)	110 (91)	20				
	Total		140	90 (39)	200 (166)	25	100	90 (39)	200 (166)	25
Öllein	20	Körner	109	24 (10)	19 (16)	1				
	25	Stroh	15	13 (6)	45 (37)	2				
	Total		124	37 (16)	64 (53)	3	80	35 (16)	65 (53)	5
Faserlein	45	Fasern	45	32 (14)	90 (75)	9				
	15	Körner	82	18 (8)	14 (12)	1				
	Total		127	50 (22)	104 (87)	10	60	50 (22)	105 (87)	10
Chinaschilf	200 ²	Ganzpflanze	42	20 (9)	112 (93)	6				
	Total		42	20 (9)	112 (93)	6	30	20 (9)	110 (93)	10
Kenaf	50 ²	Ganzpflanze	100	60 (26)	80 (66)	10				
	Total		100	60 (26)	80 (66)	10	70	60 (26)	80 (66)	10
Eiweisserbsen	40	Körner	140	40 (17)	48 (40)	5				
	50	Stroh	100	38 (17)	80 (66)	11				
	Total		240	78 (34)	128 (106)	16	0	80 (34)	130 (106)	20

Tabelle 1 (Fortsetzung)	Referenz- ertrag ¹ (dt/ha)	Produkt	Nährstoffentzug basierend auf dem Referenzertrag (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Ackerbohnen	40	Körner	160	56 (24)	56 (46)	10				
	45	Stroh	135	16 (7)	90 (75)	15				
	Total		295	72 (31)	146 (121)	25	0	70 (31)	145 (121)	25
Sojabohnen	30	Körner	180	35	58 (48)	6				
	30	Stroh	105	35	64 (53)	9				
	Total		285	70 (30)	122 (101)	15	0	70 (30)	120 (101)	15
Süßlupine	30	Körner	165	30 (13)	41 (34)	6				
	30	Stroh	105	12 (5)	60 (50)	12				
	Total		270	42 (18)	101 (84)	18	0	40 (18)	100 (84)	20
Gründüngung (Leguminosen)	25 ²	Ganzpflanze	70	25 (11)	90 (75)	5				
	Total		70	25 (11)	90 (75)	5	0	0 (0)	0 (0)	0
Gründüngung (Nicht-Leguminosen)	25 ²	Ganzpflanze	70	25 (11)	90 (75)	5				
	Total		70	25 (11)	90 (75)	5	30 ⁴	0 (0)	0 (0)	0
Zwischenfrüchte (pro Nutzung)	25 ²	Ganzpflanze	70	24 (10)	88 (73)	6				
	Total		70	24 (10)	88 (73)	6	30	25 (10)	90 (73)	10
Tabak Burley	25 ²	Blätter	75	18 (8)	125 (104)	7				
	30 ²	Stängel	69	22 (10)	135 (112)	6				
	Total		144	40 (18)	260 (216)	13	170	40 (18)	260 (216)	15
Tabak Virginie	25 ²	Blätter	63	14 (6)	119 (99)	5				
	25 ²	Stängel	25	21 (9)	125 (104)	10				
	Total		88	35 (15)	244 (203)	15	0	35 (15)	245 (203)	15

Anmerkungen zur Berechnung: Der Nährstoffentzug wurde als Summe der der Nährstoffentzüge (P₂O₅, K₂O, Mg) durch die Ernteprodukte und -rückstände berechnet. Die Oxidform (P₂O₅, K₂O) wurde durch die Multiplikation der entsprechenden Tabellenwerte mit den Umrechnungsfaktoren (siehe Tabelle 63) in die Elementform (P, K) umgerechnet.

Die Düngungsnorm entspricht bei N der aus Versuchen abgeleiteten ökonomisch optimalen N-Düngung und bei P₂O₅, K₂O und Mg den gesamten Nährstoffentzügen durch Haupt- und Nebenprodukte. Die Düngungsnormwerte sind bei N, P₂O₅, K₂O und Mg auf 5 kg gerundet.

1 Mit einem bei der Ernte üblichen Wassergehalt

2 Trockensubstanz-Ertrag

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

4 Als Startdüngung zur Förderung der Konkurrenzkraft

3.2. Beziehung zwischen Nährstoffentzug und Düngungsnorm für Phosphor, Kalium und Magnesium

Das Nährstoffaneignungsvermögen der verschiedenen Kulturpflanzen ist unterschiedlich. Es hängt stark vom Wurzelsystem der Pflanze (Wurzelsystem, Durchwurzelungstiefe) ab. Das erforderliche Nährstoffniveau des Bodens für ein optimales Wachstum der Pflanzen ist daher für die verschiedenen Kulturen nicht identisch. Da die Interpretationsschemata in Kapitel 6 auf Kulturen mit mittlerem bis gutem Aneignungsvermögen abgestimmt sind, wird die Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung dem Nährstoffaneignungsvermögen der Kulturen angepasst. Die Düngungsnorm der Kulturen (**Tabelle 1**) muss mit einem Faktor für die Nährstoffaneignung korrigiert werden. Die daraus resultierende korrigierte Düngungsnorm (**Tabelle 2**) entspricht der auszubringenden Nährstoffmenge bei genügender Bodenversorgung gemäss Kapitel 6.

Wintergetreide hat mit seinem sehr feinen und weit verzweigten Wurzelsystem ein sehr gutes Kaliumaneignungsvermögen. Dies gilt auch für tiefwurzeln Kulturen (z. B. Rüben), welche einen grossen Teil des Kaliums tieferen Bodenschichten entnehmen. In diesen Fällen ist die korrigierte 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 korrigierte Normdüngung liegt daher über dem Nährstoffentzug (**Tabelle 2**).

Dieser Ansatz eignet sich, wenn die Düngung eine dem Bedarf der Pflanzen angepasste Nährstoffzufuhr und die Erhaltung einer genügenden Bodenversorgung zum Ziel hat. Bei Fruchtfolgen mit Kulturen, die vorwiegend ein gutes oder schlechtes Nährstoffaneignungsvermögen haben, kann dies langfristig zu Abweichungen der angestrebten Bodenversorgung führen. Dies kann jedoch aufgrund der Resultate einer regelmässig durchgeführten Bodenuntersuchung erkannt und korrigiert werden.

Ist das Ertragsniveau auf einzelnen Parzellen (z. B. mässig tiefgründige oder ziemlich flachgründige Böden), in bestimmten Regionen (z. B. Randgebiete des Ackerbaus) oder in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsform (einzelne Kulturen im Biolandbau oder in anderen extensiven Anbausystemen) regelmässig tiefer als der Referenzertrag, ist die korrigierte Normdüngung für Phosphor, Kalium und Magnesium (**Tabelle 2**) linear proportional zu reduzieren. Unter sehr guten Boden- und Klimaverhältnissen mit regelmässig deutlich höheren Erträgen sind die korrigierten Normdüngungen entsprechend zu erhöhen. Diese Anpassung der korrigierten Normdüngung sind ausgehend von den angegebenen Referenzerträgen direkt proportional für andere Ertragsniveaus zu berechnen. Für vereinzelte Abweichungen im Ertrag sind keine Korrekturen notwendig.

Tabelle 2. Düngungsnormen, Korrekturfaktoren für das Nährstoffaneignungsvermögen und korrigierte Düngungsnormen verschiedener Ackerkulturen

Die korrigierte Düngungsnorm für P, K und Mg entspricht der Düngungsempfehlung bei genügender Bodenversorgung (Kapitel 6). Bei Unter- oder Überversorgung der Böden ist sie anhand der Angaben in Kapitel 6 zu korrigieren.

Kultur	Düngungsnorm (s. Tabelle 1) (kg/ha)			Korrekturfaktor für das Nährstoffaneignungs- vermögen der Kulturen			Korrigierte Düngungsnorm (kg/ha)		
	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	Phos- phor	Kalium	Magne- sium	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Winterweizen (Brot- und Biskuitweizen)	60 (27)	100 (84)	15	1	0,8	1	60 (27)	80 (67)	15
Futterweizen	75 (33)	110 (93)	15	1	0,8	1	75 (33)	90 (74)	15
Sommerweizen	50 (23)	85 (71)	10	1	1	1	50 (23)	85 (71)	10
Wintergerste	65 (28)	130 (107)	15	1	0,8	1	65 (28)	105 (86)	15
Sommergerste	60 (25)	120 (98)	10	1	1	1	60 (25)	120 (98)	10
Winterhafer	65 (27)	175 (145)	15	1	0,8	1	65 (27)	140 (116)	15
Sommerhafer	65 (27)	175 (145)	15	1	1	1	65 (27)	175 (145)	15

Kultur	Düngungsnorm (s. Tabelle 1) (kg/ha)			Korrekturfaktor für das Nährstoffaneignungs- vermögen der Kulturen			Korrigierte Düngungsnorm (kg/ha)		
	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	Phos- phor	Kalium	Magne- sium	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Winterroggen (Populationssorten)	60 (25)	110 (93)	15	1	0,8	1	60 (25)	90 (74)	15
Winterroggen (Hybridsorten)	65 (30)	125 (102)	15	1	0,8	1	65 (30)	100 (82)	15
Dinkel	55 (24)	105 (89)	15	1	0,8	1	55 (24)	85 (71)	15
Wintertriticale	55 (24)	165 (136)	10	1	0,8	1	55 (24)	130 (109)	10
Sommertriticale	50 (21)	155 (127)	10	1	1	1	50 (21)	155 (127)	10
Emmer, Einkorn	35 (15)	55 (45)	10	1	0,8	1	35 (15)	45 (36)	10
Körnermais	80 (35)	220 (184)	25	1,2	1	1	95 (42)	220 (184)	25
Silomais	80 (36)	220 (183)	25	1,2	1	1	95 (43,2)	220 (183)	25
Grünmais	40 (17)	160 (134)	10	1	1	1	40 (17)	160 (134)	10
Kartoffeln (Speisekartoffeln und technische Verarbeitung)	70 (30)	375 (310)	20	1,2	1,2	1,2	85 (36)	450 (372)	25
Kartoffeln (Frühkartoffeln)	60 (26)	290 (241)	20	1,2	1,2	1,2	70 (31,2)	350 (289)	25
Kartoffeln (Saatkartoffeln)	50 (23)	265 (220)	20	1,2	1,2	1,2	60 (27,6)	320 (264)	25
Zuckerrüben	85 (37)	465 (386)	70	1	0,8	1	85 (37)	370 (294)	70
Futterrüben	120 (52)	595 (493)	60	1	0,8	1	120 (52)	475 (394)	60
Winterraps	65 (28)	111 (92)	15	1	1	1	65 (28)	110 (92)	15
Sommerraps	45 (20)	75 (63)	15	1	1	1	45 (20)	75 (63)	15
Sonnenblume	50 (21)	395 (327)	55	1	1	1	50 (21)	395 (327)	55
Ölhanf	55 (24)	100 (82)	20	1	1	1	55 (24)	100 (82)	20
Faserhanf	90 (39)	200 (166)	25	1	1	1	90 (39)	200 (166)	25
Öllein	35 (16)	65 (53)	5	1	1	1	35 (16)	65 (53)	5
Faserlein	50 (22)	104 (87)	10	1	1	1	50 (22)	105 (87)	10
Chinaschilf	20 (9)	110 (93)	10	1	1	1	20 (9)	110 (93)	10
Kenaf	60 (26)	80 (66)	10	1	1	1	60 (26)	80 (66)	10
Eiweisserbsen	80 (34)	130 (106)	20	1	1,2	1	80 (34)	155 (127)	20
Ackerbohnen	70 (31)	145 (121)	25	1	1,2	1	70 (31)	175 (145)	25
Sojabohnen	70 (30)	120 (101)	15	1	1,2	1	70 (30)	145 (121)	15
Süßlupine	40 (18)	100 (84)	20	1	1,2	1	40 (18)	120 (101)	20
Gründüngung (Leguminosen)	0 (0)	0 (0)	0	1	1	1	0 (0)	0 (0)	0
Gründüngung (Nicht-Leguminosen)	0 (0)	0 (0)	0	1	1	1	0 (0)	0 (0)	0
Zwischenfrüchte (pro Nutzung)	25 (10)	90 (73)	10	1	0,8	1,2	25 (10)	70 (58)	10
Tabak Burley	40 (18)	260 (216)	15	1	1	1	40 (18)	260 (216)	15
Tabak Virginie	35 (15)	245 (203)	15	1	1	1	35 (15)	245 (203)	15

Wiesen und Weiden sind Gemeinschaften zahlreicher Pflanzenarten von unterschiedlichem agronomischem und naturschützerischem 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 (**Abbildung 3**). 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 benötigt mehrere Jahre.

Tabelle 3 enthält die Entzüge und die korrigierten Düngungsnormen für Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium für Wiesen und Weiden nach Bewirtschaftungsintensität. Das Verhältnis zwischen Entzug und korrigierter Düngungsnorm variiert entsprechend der Nutzungsintensität, der botanischen Zusammensetzung und der Futterqualität (**Tabelle 4**). Die Angaben in **Tabelle 3** gelten sowohl für Naturwiesen wie auch für die Kunstwiesen. Es ist entscheidend, die Bewirtschaftungsart und -intensität richtig zu wählen. In jung geerntetem Futter (intensive Bewirtschaftung) ist der Gehalt an Nährstoffen höher als in spät geerntetem (extensive Bewirtschaftung) (**Tabelle 60b**). Pro Ertragseinheit entzieht eine oft genutzte, intensive Wiese also mehr Nährstoffe als eine wenig intensiv genutzte (**Tabelle 3**). Die korrigierte Düngungsnorm pro Ertragseinheit 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 korrigierten Düngungsnormen gelten für die jeweils angegebenen Erträge. Diese verringern sich mit zunehmender Höhenlage (kürzere Vegetationszeit). Es wurde berücksichtigt, dass bei Weidenutzung normalerweise grössere Futterrückstände zurück bleiben als nach dem Einbringen von gemähtem Futter. Eine optimale Weideführung verkleinert diesen Unterschied. Wo die Bedingungen

Abbildung 3.
Intensitätsstufen
im Futterbau in Abhängigkeit
von Nutzung und Düngung
(insbesondere
Stickstoffdüngung)

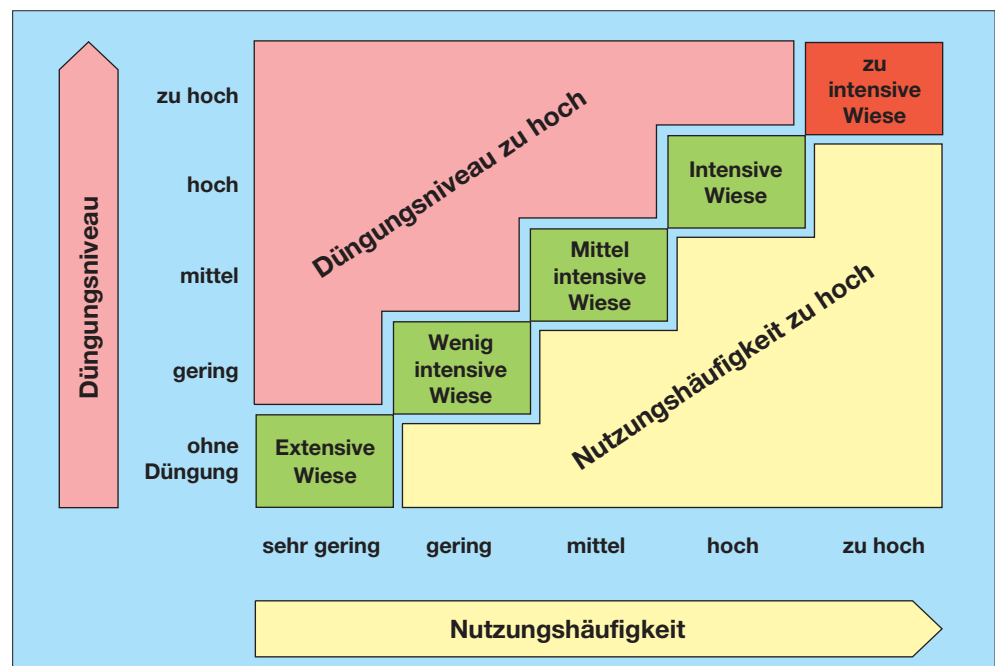


Tabelle 3. Jährliche Entzüge und korrigierte Düngungsnormen gemäss Tabelle 4 für N, P, K und Mg für Wiesen und Weiden in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität
Diese korrigierten Normen gelten sowohl für Naturwiesen wie für Kunstwiesen.

Bewirtschaftungs- intensität ² (Anzahl Nutzungen pro Jahr)	Höhen- lage ¹ (m ü. M.)	Jahres- ertrag ³ (dt TS/ha)	Nährstoffentzug ⁴ (kg/ha)				Korrigierte Düngungsnorm (kg/dt TS bzw. kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁵ (K)	Mg	N ⁶	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁷ (K)	Mg
WIESE										
Intensiv ^{8, 9}							1,0-1,3	0,8 (0,35)	2,4 (2,0)	0,3
– 5 oder 6 Nutzungen ¹⁰	< 600	135	330	108 (47)	430 (357)	34	150-180	110 (48)	325 (270)	40
– 5 Nutzungen	< 700	115	280	92 (40)	370 (307)	29	130-150	90 (39)	275 (228)	35
– 4 Nutzungen	600-1100	100	245	80 (35)	320 (266)	25	100-130	80 (35)	240 (199)	30
– 3 Nutzungen	1000-1500	80	195	64 (28)	255 (212)	20	70-100	65 (28)	190 (158)	25
– 2 Nutzungen	> 1400	55	135	44 (19)	175 (145)	14	50-70	45 (20)	130 (108)	15
mittel intensiv ^{8, 9}							0,8-1,1	0,7 (0,31)	1,9 (1,6)	0,25
– 4 Nutzungen	< 700	100	195	75 (33)	270 (224)	23	80-110	70 (31)	190 (158)	25
– 3 Nutzungen	600-1100	75	145	56 (24)	205 (170)	17	60-80	50 (22)	145 (120)	20
– 2 Nutzungen	1000-1500	50	100	38 (17)	135 (112)	12	40-60	35 (15)	95 (79)	15
– 1 oder 2 Nutzungen	> 1400	35	70	26 (11)	95 (79)	8	30-40	25 (11)	65 (54)	10
wenig intensiv ⁸ (artenreiche Heuwiese)							0,4-0,7	0,6 (0,26)	1,5 (1,2)	0
– 3 Nutzungen	< 700	65	105	47 (20)	145 (120)	14	25-40	40 (17)	95 (79)	0
– 2 Nutzungen	600-1100	50	80	36 (16)	115 (95)	11	20-30	30 (13)	75 (62)	0
– 1 oder 2 Nutzungen	1000-1500	35	55	25 (11)	80 (66)	7	15-25	20 (9)	50 (42)	0
– 1 Nutzung	> 1400	25	40	18 (8)	55 (46)	5	10-20	15 (7)	35 (29)	0
extensiv (Magerwiese, Streuwiese)							0	0	0	0
– 1 Nutzung	–	10-30	15-40	5-20 (2-9)	20-60 (17-50)	2-6	0	0	0	0
Zwischenfrüchte, Äugstlen							0,7-1,2	0,8 (0,35)	2,4 (2,0)	0,4
pro Nutzung		25	70	25 (11)	90 (75)	5	30	20 (9)	60 (50)	10
LEGUMINOSEN-, GRASSAMEN-PRODUKTION										
Mit mittel intensiver Futterproduktion							0-1,9	0,7 (0,31)	1,9 (1,6)	0,25
– Leguminosen, Reinsaat		120	360	84 (37)	330 (274)	26	0	80 (35)	230 (191)	30
– Gräser, Reinsaat		120	230	90 (39)	320 (266)	26	170-230	85 (37)	225 (187)	30
Mit sehr intensiver Futterproduktion ¹⁵							1,7-1,9	0,8 (0,35)	2,0 (1,7)	0,25
– Gräser, Reinsaat		135	265	105 (46)	370 (307)	32	230-260	100 (44)	270 (224)	30

Tabelle 3 (Fortsetzung). Jährliche Entzüge und korrigierte Düngungsnormen gemäss Tabelle 4 für N, P, K und Mg für Wiesen und Weiden in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität

Diese korrigierten Normen gelten sowohl für Naturwiesen wie für Kunstwiesen.

Bewirtschaftungs- intensität ² (Anzahl Nutzungen pro Jahr)	Höhen- lage ¹ (m ü. M.)	Jahres- ertrag ³ (dt TS/ha)	Nährstoffentzug ⁴ (kg/ha)				Düngungsnorm (kg/dt TS bzw. kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁵ (K)	Mg	N ⁶	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁷ (K)	Mg
WEIDE ¹¹										
intensiv ^{13, 14} (> 3 GVE/ha/Weideperiode) ¹²							1,0-1,4	0,53/0,37 (0,23/0,16)	1,06/0,32 (0,88/0,27)	0,20/0,20
– 5 bis 7 Umtriebe	< 700	100	270	85 (37)	355 (295)	25	100-140	55/35 (24/15)	105/30 (87/25)	20/20
– 4 bis 6 Umtriebe	600-1100	85	230	72 (31)	300 (249)	21	80-120	45/30 (20/13)	90/25 (75/21)	15/15
– 3 bis 5 Umtriebe	1000-1500	70	190	60 (26)	250 (208)	18	60-100	35/25 (15/11)	75/20 (62/17)	15/15
mittel intensiv ¹³ (2-3 GVE/ha/Weideperiode) ¹²							0,7-1,0	0,48/0,33 (0,21/0,14)	0,80/0,24 (0,66/0,20)	0,15/0,15
– 4 oder 5 Umtriebe	< 700	85	185	68 (30)	260 (216)	20	60-75	40/30 (17/13)	65/20 (54/17)	15/15
– 3 oder 4 Umtriebe	600-1100	65	140	52 (23)	200 (166)	15	45-60	30/20 (13/9)	50/15 (42/12)	10/10
– 2 oder 3 Umtriebe	1000-1500	40	90	32 (14)	120 (100)	9	30-45	20/15 (9/7)	35/10 (29/8)	5/5
– 1 bis 3 Umtriebe	> 1400	30	65	24 (10)	90 (75)	7	15-30	15/10 (7/4)	25/5 (21/4)	5/5
wenig intensiv (1-2 GVE/ha/Weideperiode) ¹²							0	0,4 (0,17)	0,4 (0,3)	0
– 2 bis 4 Umtriebe	< 700	50	90	36 (16)	130 (108)	11	0	20 (9)	20 (17)	0
– 2 oder 3 Umtriebe	600-1100	40	70	29 (13)	100 (83)	8	0	15 (7)	15 (12)	0
– 1 bis 3 Umtriebe	1000-1500	30	50	22 (10)	75 (62)	6	0	10 (4)	10 (8)	0
– 1 oder 2 Umtriebe	> 1400	20	35	15 (7)	50 (42)	4	0	10 (4)	10 (8)	0
extensiv (< 1,0 GVE/ha/Weideperiode) ¹²							0	0	0	0
– 1 oder 2 Umtriebe	–	10-25	15-40	5-15 (2-7)	25-55 (21-46)	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 60b angegebenen Gehaltsbereiches; dieser Entzug kann in Wirklichkeit beachtlich variieren; bei einer Weide entspricht er der mittleren Nährstoffmenge, die durch die Tiere verzehrt wird

5 Die Kaliumentzüge liegen deutlich über der Düngungsnorm, da viele Betriebe zu viel Kalium in ihrem internen Betriebskreislauf haben; diese unerwünschte Situation ist vor allem auf zu grosse Kaliumgaben 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 27; für Luzerne- und Mattenkee-Mischungen (vom Typ L und M) gilt die angegebene Düngungsnorm nicht, denn diese erhalten normalerweise keinen Stickstoff

7 Kaliumgaben 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 5 vorzunehmen

9 Die Düngung von Luzerne- und Mattenkee-Mischungen (vom Typ L und M) mit Phosphor, Kalium 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 ein Weidesystem mit Stallhaltung (erster Wert) oder ohne Stallhaltung (zweiter Wert)

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

15 Dieses Produktionssystem ist nur unter besonders günstigen Wachstumsbedingungen möglich

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 etc.) oder wo die Pflanzen regelmässig unter Trockenheit oder Nässe leiden (flachgründiger und leichter Boden, schwerer und verdichteter Boden, zu geringe oder zu hohe Niederschläge, Hang-/Grundwassereinfluss), ist der Jahresertrag kleiner. Die in **Tabelle 3** angegebenen Erträge berücksichtigen keine betriebspezifischen 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:

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

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 17 bis 18 kg TS/GVE erreichen. Im Mittel rechnet man mit einem Verzehr von 16 kg TS pro GVE täglich (Basis: Kuh mit einer Jahresleistung von 6500 kg Milch).

Sollten sich die ermittelten Erträge stark von denjenigen in **Tabelle 3** unterscheiden, muss die Düngung für das neue Ertragsniveau berechnet werden. Dazu dienen die Angaben in Tabelle 3 bezüglich Phosphor-, Kalium- und Magnesiumnormdüngung pro Ertragseinheit für die verschiedenen Wiesen- und Weidetypen.

Die korrigierten Düngungsnormen für Wiesen und Weiden sind oft niedriger als die Entzüge, insbesondere in folgenden Fällen.

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

Kalium: Die korrigierten 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 Kaliumverfügbarkeit im Boden und einen Luxuskonsum durch die Pflanzen zurückzuführen. Die Gehaltsnormen der Hofdünger für Kalium basieren auf einem realistischen durchschnittlichen Kaliumgehalt des Wiesenfutters (30 g K/kg TS). Somit werden mit Hofdüngern oft Kaliummengen ausgebracht,

Tabelle 4. Faktoren zur Berechnung der korrigierten Düngungsnorm aus dem Phosphor-, Kalium- und Magnesiumentzug für Wiesen und Weiden in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität

Nutzung	P	K	Mg
Intensive Wiesen	1,00	0,75	1,2
Mittelintensive Wiesen	0,95	0,70	1,1
Wenig intensive Wiesen	0,85	0,65	0
Extensive Wiesen	0	0	0
Intensive Weiden ¹	0,60/0,40	0,30/0,08	0,80/0,80
Mittelintensive Weiden ¹	0,60/0,40	0,30/0,07	0,70/0,70
Wenig intensive Weiden	0,55	0,15	0
Extensive Weiden	0	0	0
Klee- und Grassamenproduktion	0,95	0,70	1,15

¹ Der erste Wert gilt für Weiden mit Stallhaltung, der zweite für Weiden ohne Stallhaltung. Weitere Erläuterungen für die verschiedenen Weidesysteme sind in Kapitel 3.3.

welche die Bedürfnisse der Wiesen und Weiden überschreiten. In solchen Situationen sollten die Hofdüngergaben des Betriebes nach ihrem Stickstoff- und Phosphorgehalt bemessen und es sollte auf kaliumhaltige 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 die durch die Tiere während des Weidens ausgeschiedenen Düngernährstoffe auf der Fläche bleiben.

In den in **Tabelle 3** angegebenen korrigierten Düngungsnormen 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 Rationenanteil ab. Für die intensiven und mittel intensiven Weiden gibt die **Tabelle 3** jeweils zwei korrigierte Düngungsnormen an: Der erste Wert gilt für **Weidesysteme kombiniert mit Stallhaltung**, in denen die Tiere die 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 korrigierten 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 der Tiere enthaltene Nährstoffmenge zur Deckung des Düngebedarfes bereits ausreicht.

Für Flächen, die gelegentlich beweidet werden (Mähweiden), wird von der korrigierten 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 Weidetechnik zu berücksichtigenden Abzüge an Phosphor, Kalium und Magnesium sind in **Tabelle 5** enthalten. Diese Abzüge beziehen sich auf eine mittlere Weidenutzung (verzehrter Ertrag von etwa 15 dt TS/ha, was bei einem Tagesverzehr von 16 kg TS/GVE etwa 95 GVE-Weidetagen/ha entspricht).

Tabelle 5. Mengen an P, K und Mg, die bei Mähweidenutzung pro einzelne Weidenutzung von den korrigierten Düngungsnormen abzuziehen sind

Diese Abzüge gelten für eine durchschnittliche Weidenutzung, was ungefähr 15 dt TS/ha (verzehrte Futtermenge) oder 95 GVE-Weidetagen/ha entspricht (Basis: Kuh mit einer Jahresleistung von 6500 kg Milch).

Bewirtschaftungsintensität	Weidesystem ¹	Nährstoffabzüge pro Weidenutzung ² (kg/ha)			
		N ³	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
intensiv	mit Stallhaltung	–	5,5 (2,4)	27 (22)	2,0
	ohne Stallhaltung	–	8,5 (3,7)	43 (36)	3,0
mittel intensiv	mit Stallhaltung	–	4,5 (2,0)	23 (19)	1,5
	ohne Stallhaltung	–	6,5 (2,8)	32 (27)	2,0
wenig intensiv	alle Systeme	–	4,0 (1,7)	20 (17)	–

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 korrigierten Stickstoffdüngungsnormen pro Nutzung (vgl. Tabelle 27) bereits berücksichtigt

4

Bodenanalysen und deren Interpretation



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 Probenahme – 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 insbesondere 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 6** zusammengestellt.

Für die Interpretation der Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte des Bodens ist die Kationenaustauschkapazität (Nährstoffspeicherungskapazität) von entscheidender Bedeutung. Zwischen der Kationenaustauschkapazität und dem Tongehalt des Bodens besteht eine enge Beziehung. Eine hohe Belegung mit mehrwertigen Kationen im Boden führt zu einer stärkeren positiven Ladung der Phosphatadsorbenten und damit zu einer elektrostatisch bedingten höheren Adsorption von Phosphat (Anion). Es ist daher sinnvoll, die Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte des Bodens in Abhängigkeit des

Tabelle 6. Die wichtigsten Bodenuntersuchungsmethoden der Forschungsanstalten Agroscope im Hinblick auf eine optimale Gestaltung der Düngung im Feldbau

Eine ausführliche Beschreibung ist in den Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope enthalten.

Probenahme		Probenaufbereitung	Untersuchungskriterium (Nährelement bzw. Bodeneigenschaft)	Extraktionsmittel bzw. Verfahren / Methode	Verhältnis Boden zu Extraktionsmittel	Schüttel- bzw. Extraktionszeit	Masseinheit der Analysenresultate	Masseinheit der Berechnung
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	CO ₂ -gesättigtes Wasser	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	P-Test 1 = 0,0356 mg P ₂ O ₅ pro 100 g Boden
			K	CO ₂ -gesättigtes Wasser	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	K-Test 1 = 1 mg K ₂ O pro 100 g Boden
			Mg	0,0125 M CaCl ₂	1 : 10	2 Std.	Testzahl	Mg-Test 1 = 1 mg Mg pro 100 g Boden
			Mn (austauschbar)	1 M Ammoniumacetat	1 : 10	30 Min.	ppm	mg Mn pro kg Boden
			Mn (leicht reduzierbar)	1 M Ammoniumacetat + Hydrochinon	1 : 10	30 Min.	ppm	mg Mn pro kg Boden
			B	Heisswasser	1 : 5	5 Min. (Rückflusskühler)	ppm	mg B pro kg Boden

Tabelle 6 (Fortsetzung). Die wichtigsten Bodenuntersuchungsmethoden der Forschungsanstalten Agroscope im Hinblick auf eine optimale Gestaltung der Düngung im Feldbau
Eine ausführliche Beschreibung ist in den Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope enthalten.

Probenahme		Probenaufbereitung	Untersuchungskriterium (Nährelement bzw. Bodeneigenschaft)	Extraktionsmittel bzw. Verfahren / Methode	Verhältnis Boden zu Extraktionsmittel	Schüttel- bzw. Extraktionszeit	Masseinheit der Analysenresultate	Masseinheit der Berechnung
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	H ⁺	Dest. Wasser	1 : 2,5	12 Std.	pH-Wert	
			CaCO ₃	HCl konz., 1:1 verdünnt			%	g CaCO ₃ pro 100 g Boden
			P, K, Mg	0,5 M Ammoniumacetat + 0,5 M Essigsäure + 0,025 M EDTA	1 : 10	1 Std.	ppm	mg/kg Boden
			Körnung ¹ – Ton – Schluff – Sand	Sedimentation Sedimentation Berechnung			% % %	g pro 100 g Boden g pro 100 g Boden g pro 100 g Boden
			Humus ¹	Nasschemische Oxidation mit K ₂ Cr ₂ O ₇ Titration			% org. C	% Humus = % org. C × 1,725
			– Humus – Ton – Schluff	Fühlprobe			% % %	
			Kationenumtauschkapazität (KUK) in Böden mit pH(H ₂ O) < 6,0					
			K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺	0,05 M HCl + 0,0125 M H ₂ SO ₄	1 : 4	5 Min.	cmol+	KUK = (H ⁺ + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) cmol+ pro 100 g Boden
			H ⁺	pH-Differenz	1 : 1		cmol+	
			Kationenumtauschkapazität (KUK) in Böden mit pH(H ₂ O) > 5,9					
Kurz vor dem Düngetermin (Frühjahr, Mai, Juni)	0-90 cm (0-30, 30-60, 60-90)	feldfeucht (gekühlt) absieben (10 mm)	K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺	0,1 M Bariumchlorid + 2 M Triethanolamin	1 : 25	15 Std. bei 45 °C stehen lassen, dann 1 Std. schütteln	cmol+	KUK = (H ⁺ + K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) cmol+ pro 100 g Boden
			H ⁺	Titration			cmol+	
			Basensättigung (BS)				%	BS = (K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) cmol+ * 100 / KUK
			NO ₃ -N + NH ₄ -N	0,0125 M CaCl ₂	1 : 4	1 Std.	kg N pro ha	kg N _{min} pro ha

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

geschätzten oder analytisch bestimmten Tongehaltes in der Feinerde zu beurteilen. Bei Böden mit mehr als 10 % Humus 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 Bodens für Phosphor, Kalium und Magnesium kann abhängig von den Korrekturfaktoren in 5 Klassen eingeteilt werden (**Tabelle 7**).

Tabelle 7. Allgemeine Beurteilung des Nährstoffzustandes des Bodens aufgrund der in Tabelle 11 bis Tabelle 16 ermittelten Korrekturfaktoren

Korrekturfaktor	Beurteilung	Versorgungsklasse
> 1,4	arm	A
1,2-1,4	mässig	B
0,9-1,1	genügend	C
0,2-0,8	Vorrat	D
< 0,2	angereichert	E

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

In Böden mit einem **Tongehalt von über 40 %** werden trotz erhöhter Düngung während längerer Zeit und normaler Entwicklung und Ertragsbildung der Kulturen mit der **CO₂-Methode** oft nur sehr geringe Gehalte an Phosphor und/oder Kalium 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 sauren, tonarmen Böden** unzuverlässig, da 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 eine jeweils besser geeignete Extraktionsmethode zu wählen. Für gewisse Fälle ist die Wahl einer zusätzlichen, geeigneten Untersuchungsmethode zu empfehlen, um den Phosphor- und/oder Kaliumgehalt des Bodens zuverlässig zu beurteilen. In der Regel dürfte es hilfreich sein, in diesen Spezialfällen mit den 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 Stickstoffdynamik des Bodens (agronomisch) beurteilt werden (**Tabelle 8**).

Tabelle 8. 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.)		Agronomische Beurteilung (insbesondere hinsichtlich Stickstoffdynamik)			
Humusgehalt in %	Bezeichnung	Humusgehalt des Bodens (%)			Bezeichnung
		< 15 % Ton	15-30 % Ton	> 30 % Ton	
< 2	humusarm	< 1,2	< 1,8	< 2,5	tief / gering
2-5	schwach humos	1,2-3,0	1,8-4,0	2,5-6,0	ausreichend / normal
5-10	humos	3,0-7,0	4,0-8,0	6,0-10,0	erhöht
10-20	humusreich	7,0-20,0	8,0-20,0	10,0-20,0	stark erhöht
> 20	Humusboden	> 20,0	> 20,0	> 20,0	sehr hoch

Der Säuregrad des Bodens wird mit Hilfe des pH-Wertes beurteilt und in 6 Klassen eingeteilt (**Tabelle 9**). Der pH-Wert dient nebst der groben Beurteilung des Kalkzustandes auch der Wahl der geeigneten Dünger (insbesondere Phosphatdünger). Angaben zur Beurteilung des Kalkzustandes des Bodens im Hinblick auf eine Kalkung sind in Kapitel 8 enthalten.

Bei hohen Erträgen und speziellen Boden- und Bewirtschaftungsbedingungen können auch Spurennährstoffe ins Minimum geraten. In Ausnahmefällen (anspruchsvolle Kulturen, erhöhtes Mangelrisiko) wird es notwendig sein, den Gehalt an Spurenelementen, insbesondere Bor und Mangan, im Boden zu bestimmen. Die Interpretation der entsprechenden Analysenwerte ist in Kapitel 9 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.

Tabelle 9. Beurteilung des pH-Wertes (Reaktion) und der Kalkbedürftigkeit des Bodens

pH(H_2O)	Bezeichnung	Salzsäureprobe	Kalkbedürftigkeit ¹
unter 5,3	stark sauer	-	Kalkung erforderlich
5,3-5,8	sauer	-	Kalkung erforderlich
5,9-6,7	schwach sauer	-	Erhaltungskalkung
6,8-7,2	neutral	+/-	Erhaltungskalkung
7,3-7,6	schwach alkalisch	+	Keine Kalkung
über 7,6	alkalisch	+	Keine Kalkung

¹ Die Beurteilung für die Kalkbedürftigkeit gilt v.a. im Ackerbau. Im Futterbau sind Pflanzenbestand und an den Standort angepasste Pflanzenarten zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 8.2)

5. Pflanzenanalyse

Nebst den Bodenuntersuchungen können während der Vegetationsperiode auch Pflanzenanalysen durchgeführt werden. Diese erlauben es, die Nährstoffaufnahme während des Pflanzenwachstums zu beurteilen und können als ergänzende Massnahme zur Lösung von Düngungsproblemen herangezogen werden.

Im Ackerbau wird die Pflanzenanalyse vor allem zur Ermittlung der Nährstoffaufnahme während der Vegetationsdauer eingesetzt. Mit den Analysen wird direkt oder indirekt (Chlorophyllmessung) der Nährstoffgehalt der Pflanze oder von Pflanzenteilen zum Zeitpunkt der Probenahme bestimmt. Die Interpretation der Resultate erfolgt mit Hilfe von Referenzwerten (Literaturangaben oder gleichzeitige Untersuchung von Referenzpflanzen). 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 Düngebedürftigkeit 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.

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. Die Resultate der Futteranalysen können jedoch nur interpretiert werden, wenn die Probenahme nach klar definierten Vorgaben und mit grösster Sorgfalt erfolgt. Bei einer suboptimalen Kaliumversorgung des Bodens (Korrekturfaktor für die Kalium-Normdüngung grösser als 1) ist es empfehlenswert, auch Futteranalysen zur Bemessung der Kaliumdüngung zu berücksichtigen. Andererseits erlauben Futteranalysen auch die Normen für die Kaliumausscheidungen raufutterverzehrender Tiere (vgl. Fussnote 5 in Tabelle 36) sowie den Kaliumgehalt der anfallenden Hofdünger zu korrigieren (vgl. Fussnote 7 in Tabelle 39).



6

Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung



Die Bemessung der Phosphor-, Kalium- 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 korrigierten Düngungsnormen (**Tabelle 2 und 3**) wurden nebst dem Entzug noch weitere Faktoren berücksichtigt (Kapitel 3.1 und 3.3). Die **Anpassung der Düngung** an den Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt mit sogenannten **Korrekturfaktoren** (Kapitel 6.1 bis 6.3).

Für die Bestimmung der Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte im Boden stehen in der Schweiz verschiedene Bodenuntersuchungs-Methoden für die Ermittlung der Düngedürftigkeit zur Verfügung. Einerseits können diese Nährstoffe mit einem «milden» Extraktionsmittel (CO₂-gesättigtes Wasser für P und K; Calciumchlorid für Mg), anderseits mit dem «aggressiven» Ammoniumacetat+EDTA extrahiert werden. Mit den milden Extraktionsmitteln werden vorwiegend die löslichen, den Pflanzen unmittelbar zur Verfügung stehenden Nährstoffe des Bodens erfasst; dies entspricht dem Faktor «Intensität» (Aktivität der Nährstoff-Ionen in der Bodenlösung) (Frossard *et al.*, 2004). Im Fall eines «aggressiven» Extraktionsmittels geht man davon aus, dass die extrahierten Nährstoffe potenziell von den Pflanzen genutzt werden können; dies entspricht dem Faktor «Quantität» (Nährstoffmenge, die im Boden irgendwann in Lösung gehen kann und somit pflanzenverfügbar wird) (Frossard *et al.*, 2004). Dies trifft für das Extraktionsverhalten von Ammoniumacetat+EDTA - abhängig von den Bodeneigenschaften – nur bedingt zu.

Die Verfahren mit milden und aggressiveren Extraktionsmitteln haben Vor- und Nachteile; es gibt kein universell geeignetes Extraktionsmittel. 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.

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 bzw. der Ertragsreaktion der Pflanzen auf die Düngung sind entscheidende Kriterien für eine zuverlässige Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse.

Bei der Festlegung der Korrekturfaktoren für die Normdüngung werden sowohl der Nährstoff- und Tongehalt (**Tabelle 11 bis Tabelle 16**) als auch der Humusgehalt des Bodens (**Tabelle 10**) berücksichtigt.

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

Der Humusgehalt des Bodens ist definiert als organischer Kohlenstoff (C_{org}) multipliziert mit 1,725.

Humusgehalt des Bodens (%)	Tongehalt (%) der Feinerde des Bodens	Korrekturfaktoren in Tabelle 11 bis Tabelle 16 benutzen. Dabei sind die Kolonnen mit untenstehendem Tongehalt des Bodens zu wählen (anstelle des effektiven Tongehaltes)
10-20	< 30	10-15 % Ton
20-40	< 30	5-10 % Ton
> 40	–	5-10 % Ton
–	> 30	effektiver Tongehalt des Bodens

6.1. Korrektur der Phosphor- und Kalium-Düngung aufgrund der CO₂-Methode

Die in der Schweiz seit Jahrzehnten eingesetzte CO₂-Methode eignet sich zur Bestimmung der löslichen, pflanzenverfügbaren P-Formen im Boden. Die Beurteilung der gemessenen P-Gehalte konnte mithilfe einer grossen Anzahl von Feldversuchen abgeleitet werden. In den meisten Fällen kann eine gute Beziehung zwischen den Bodengehalten einerseits und den Erträgen und Pflanzengehalten andererseits festgestellt werden.

Die Anpassung der Düngung an den parzellenspezifischen Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt für die CO₂-Methode mit Hilfe der in **Tabelle 11** bis **Tabelle 12** aufgeführten Korrekturfaktoren in Abhängigkeit der P- beziehungsweise K-Gehalte 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 10** zu beachten. Die Korrektur der Düngung wurde in dieser Ausgabe basierend auf aktuellen Ergebnissen aus Feldversuchen angepasst.

Schluffige Böden aus Bündner-Schiefer-Verwitterung sowie saure, sandige Böden im Kanton Tessin benötigen für Phosphor eine spezielle Beurteilung. Die entsprechenden Korrekturfaktoren für die Phosphatdüngung sind in **Tabelle 11** enthalten.

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

Tabelle 11. Korrekturfaktoren der P-Düngung im Acker- (Tab.2) und Futterbau (Tab.3) in Abhängigkeit der P-Gehalte (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	Tongehalt der Feinerde (%) bei einem Humusgehalt < 10 %										P-Test	Spezielle schluffige Böden ¹	Spezielle sandige Böden ²
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	> 45			
0,0-0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	0,0-0,9	1,5	1,5
1,0-1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0-1,9	1,5	1,4
2,0-2,9	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	2,0-2,9	1,5	1,3
3,0-3,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	3,0-3,9	1,4	1,2
4,0-4,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	4,0-4,9	1,4	1,1
5,0-5,9	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	5,0-5,9	1,4	1,0
6,0-6,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	6,0-6,9	1,3	1,0
7,0-7,9	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	7,0-7,9	1,3	1,0
8,0-8,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	8,0-8,9	1,3	0,9
9,0-9,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	9,0-9,9	1,2	0,8
10,0-10,9	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	10,0-10,9	1,2	0,7
11,0-11,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0		11,0-11,9	1,2	0,6
12,0-12,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,4	0,2	0,0			12,0-12,9	1,1	0,5
13,0-13,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,2	0,0				13,0-13,9	1,1	0,4
14,0-14,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,0					14,0-14,9	1,0	0,3
15,0-15,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,2						15,0-15,9	1,0	0,2
16,0-16,9	0,8	0,7	0,6	0,2	0,0						16,0-16,9	1,0	0,2
17,0-17,9	0,7	0,7	0,4	0,2							17,0-17,9	0,9	0,0
18,0-18,9	0,7	0,6	0,4	0,0							18,0-18,9	0,9	
19,0-19,9	0,6	0,6	0,2								19,0-19,9	0,8	
20,0-20,9	0,6	0,5	0,2								20,0-20,9	0,8	
21,0-21,9	0,5	0,5	0,2								21,0-21,9	0,7	
22,0-22,9	0,5	0,4	0,0								22,0-22,9	0,7	
23,0-23,9	0,4	0,4									23,0-23,9	0,6	
24,0-24,9	0,4	0,2									24,0-24,9	0,6	
25,0-25,9	0,3	0,2									25,0-25,9	0,5	
26,0-26,9	0,3	0,0									26,0-26,9	0,5	
27,0-27,9	0,2										27,0-27,9	0,4	
28,0-28,9	0,2										28,0-28,9	0,3	
29,0-29,9	0,2										29,0-29,9	0,2	
≥ 30,0	0,0										≥ 30,0	0,0	

1 Schluffige Böden aus Bündner-Schiefer-Verwitterung mit einem Tongehalt der Feinerde < 25 % und einem Schluffgehalt der Feinerde > 40 %

2 Sandige, saure Böden im Kanton Tessin mit einem Tongehalt der Feinerde < 10 %, einem Sandgehalt der Feinerde > 40 % und einem pH-Wert < 5,9

Tabelle 12. Korrekturfaktoren der K-Düngung im Acker- (Tab.2) und Futterbau (Tab.3) in Abhängigkeit der K-Gehalte (K-Test, CO₂-Methode) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

Für intensive und mittelintensive Naturwiesen 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 Kalium-Gehalten des Futters über 25 g K/kg TS ein maximaler Korrekturfaktor von 1,0 zu verwenden.

K-Test	Tongehalt der Feinerde des Bodens (%) bei einem Humusgehalt < 10 %									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-0,49	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
0,50-0,74	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
0,75-0,99	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1,00-1,24	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
1,25-1,49	1,5	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
1,50-1,74	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
1,75-1,99	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
2,00-2,24	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
2,25-2,49	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2,50-2,74	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
2,75-2,99	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2
3,00-3,24	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,0
3,25-3,49	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,0	
3,50-3,74	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2		
3,75-3,99	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,0		
4,00-4,24	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3			
4,25-4,49	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2			
4,50-4,74	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,3	0,0			
4,75-4,99	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3				
5,00-5,24	0,8	0,7	0,6	0,6	0,4	0,2				
5,25-5,49	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,0				
5,50-5,74	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3					
5,75-5,99	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3					
6,00-6,24	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2					
6,25-6,49	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0					
6,50-6,74	0,6	0,5	0,4	0,3						
6,75-6,99	0,6	0,5	0,4	0,2						
7,00-7,24	0,6	0,5	0,4	0,2						
7,25-7,49	0,5	0,4	0,3	0,0						
7,50-7,74	0,5	0,4	0,3							
7,75-7,99	0,5	0,4	0,2							
8,00-8,24	0,4	0,3	0,2							
8,25-8,49	0,4	0,3	0,0							
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	0,0								
9,50-9,74	0,2									
9,75-9,99	0,2									
10,00-10,24	0,2									
≥ 10,25	0,0									

6.2. Korrektur der Magnesium-Düngung aufgrund der CaCl_2 -Methode

Die Interpretation der Analysenergebnisse beziehungsweise die Korrektur der Düngung ist ähnlich wie beim Kalium vom Tongehalt des Bodens abhängig **Tabelle 13**. Aufgrund der Eigenschaften des Extraktionsmittels (Austauschlösung) steigt die optimale Versorgung der Böden (Korrekturfaktor 1,0) mit zunehmendem Tongehalt an.

Tabelle 13. Korrekturfaktoren der Mg-Düngung im Acker- (Tab. 2) und Futterbau (Tab. 3) in Abhängigkeit der Mg-Gehaltes (Mg-Test, CaCl_2 -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 der Feinerde des Bodens (%) bei einem Humusgehalt < 10 %									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-1,9	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
2-2,9	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
3-3,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
4-4,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
5-5,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
6-6,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
7-7,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6
8-8,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,6
9-9,9	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
10-10,9	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4
11-11,9	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
12-12,9	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
13-13,9	0,0	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
14-14,9		0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
15-15,9		0,0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
16-16,9			0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0
17-17,9			0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
18-18,9				0,0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0
19-19,9					0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
20-20,9					0,0	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
21-21,9						0,0	0,4	0,6	0,6	0,6
22-22,9							0,2	0,4	0,6	0,6
23-23,9							0,0	0,4	0,4	0,6
24-24,9								0,2	0,4	0,4
25-25,9								0,0	0,4	0,4
26-26,9									0,2	0,4
27-27,9									0,0	0,2
28-28,9										0,2
≥ 29										0,0

6.3. Korrektur der Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Düngung aufgrund der Ammoniumacetat+EDTA-Methode (AAE10)

Zahlreiche Untersuchungen über die chemischen Prozesse bei der Extraktion mit Ammoniumacetat+EDTA im Verhältnis 1:10 (AAE10) haben gezeigt, dass sich das Extraktionsverhalten dieser Methode in kalkfreien, calciumarmen Böden grundsätzlich von demjenigen in kalkhaltigen, calciumreichen Böden unterscheidet. Dies macht sich vor allem bei der Bestimmung von Phosphor bemerkbar (Stünzi, 2006). In kalkfreien Böden wird die kleine Menge Ca^{2+} durch die EDTA komplexiert, womit eine Ausfällung von Calciumphosphat unterbunden wird und das Phosphat in Lösung bleibt. Ist die Ca^{2+} -Konzentration sehr tief, können durch die freie Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) zusätzlich Metallphosphate («Reservefraktion») aufgelöst werden. Dieser Anteil ist zudem von der mineralogischen Zusammensetzung des Bodens abhängig und daher keine abschätzbare Grösse im AAE10-Extrakt. Bei steigendem Kalkgehalt sinkt die Löslichkeit von P im AAE10-Extrakt graduell, wobei je nach Probe die P-Löslichkeit durch Kalk geringfügig bis drastisch (auf 1/20) reduziert wird.

Tabelle 14. Korrekturfaktoren der P-Düngung in Abhängigkeit der P-Gehalte (mg P/kg, Ammoniumacetat+EDTA-Methode, AAE10-P) und des Tongehaltes des Bodens für kalkfreie Böden (Kalkvorprobe negativ oder pH < 6,8) mit weniger als 10 % Humus

Für **kalkhaltige Böden** (Kalkvorprobe positiv oder pH > 6,8) ist für die Bemessung der Phosphordüngung zwingend die CO₂-Methode zu verwenden. Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

AAE10-P (mg P/kg)	Tongehalt der Feinerde des Bodens (%) bei einem Humusgehalt < 10 %									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-9,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10-14,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
15-19,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2
20-24,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
25-29,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
30-34,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35-39,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40-44,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45-49,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50-54,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
55-59,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
60-64,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
65-69,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4
70-74,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
75-79,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
80-84,9	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
85-89,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0		
90-94,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0				
95-99,9	0,4	0,0	0,0	0,0						
100-104,9	0,0									
105-109,9										
≥ 110										

Tabelle 15. Korrekturfaktoren der K-Düngung 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

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

AAE10-K (mg K/kg)	Tongehalt der Feinerde des Bodens (%) bei einem Humusgehalt < 10 %									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-39,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
40-59,9	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0
60-79,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
80-99,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
100-119,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
120-139,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
140-159,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
160-179,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
180-199,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
200-219,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
220-239,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
240-259,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
260-279,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
280-299,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2
300-319,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2
320-339,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0
340-359,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	
360-379,9	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0		
380-399,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0			
400-419,9	0,2	0,2	0,0	0,0						
≥ 420	0,0	0,0								

Tabelle 16. Korrekturfaktoren der Mg-Düngung 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 < 6,8
 Für kalkhaltige Böden (Kalkvorprobe positiv oder pH > 6,8) ist für die Bemessung der Magnesiumdüngung zwingend die CaCl₂-Methode zu verwenden.
 Bei wenig intensiv genutzten Wiesen ist ein Korrekturfaktor von höchstens 1,0 zu verwenden.

AAE10-Mg (mg Mg/kg)	Tongehalt der Feinerde des Bodens (%) bei einem Humusgehalt < 10 %									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-49,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
50-74,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6
75-99,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
100-124,9	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
125-149,9	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4
150-174,9	0,4	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
175-199,9	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
200-224,9	0,2	0,2	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
225-249,9	0,2	0,2	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
250-274,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
275-299,9			0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
300-324,9			0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0
325-349,9			0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
350-374,9			0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8
375-399,9			0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6
400-424,9				0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6
425-449,9					0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4
450-474,9						0,0	0,2	0,2	0,2	0,4
475-499,9							0,0	0,2	0,2	0,2
500-524,9								0,0	0,2	0,2
525-549,9									0,0	0,2
≥ 550										0,0

Die oben beschriebenen chemischen Prozesse erklären die mangelhafte Übereinstimmung der Interpretationen von P-Bestimmungen mit der CO₂- und der AAE10-Methode (vgl. GRUDAF 2001). Parallel zur CO₂-Methode wurde die AAE10-Methode in Feldversuchen geprüft. In kalkfreien Böden ergeben sich für die beiden Methoden ähnliche Beziehungen zwischen Bodengehalt und Ertrag bzw. Pflanzengehalt. Beim Phosphor bestehen bei sauren Böden mit einem erhöhten Gehalt an Fe- und Al-Phosphaten gewisse Unsicherheiten bei der Interpretation der P-Gehalte im AAE10-Extrakt, da nicht abgeschätzt werden kann, ob und wie viel Metallphosphate während der Extraktion gelöst wurden. In solchen Böden gibt die AAE10-Extraktion manchmal nichtreproduzierbare P-Gehalte. In kalkhaltigen Böden sind die Beziehungen der mit den beiden Methoden bestimmten Bodengehalte zur Reaktion der Pflanzen teilweise ähnlich, teilweise jedoch stark unterschiedlich. Mit AAE10 kann der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor sowohl unterschätzt als auch überschätzt werden. Da nicht abschätzbar ist, an welchem Standort welche chemischen Prozesse während der Extraktion hauptsächlich zum tragen kommen, ist mit der AAE10-Methode in kalkhaltigen Böden keine zuverlässige Aussagen über die P-Bedürftigkeit möglich.

Ähnliches dürfte für das Magnesium zutreffen, wobei für eine gesicherte Aussage zu wenige Daten verfügbar sind. Vergleiche mit der in vielen Ländern eingesetzten CaCl₂-Methode zeigen, dass gerade in kalkhaltigen Böden oft grosse Abweichungen der im AAE10-Extrakt bestimmten Mg-Gehalte vorhanden sind, die mit der Düngungspraxis der vergangenen Jahre, der Betriebsstruktur und den Mg-Gehalte der Pflanzen nicht erklärbar sind. Die Methoden unterscheiden sich bezüglich Mg prinzipiell, indem bei AAE10 die hohe Essigsäurekonzentration Mg aus Dolomit lösen kann, während es sich bei der CaCl₂-Extraktion um reinen Ionenaustausch handelt.

Die Anpassung der Düngungsnorm an den parzellenspezifischen Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt für P, K und Mg mit Hilfe der in **Tabelle 14 bis Tabelle 16** aufgeführten Korrekturfaktoren in Abhängigkeit der P-, K- und Mg-Gehalte sowie des Tongehaltes des Bodens. Für Böden mit einem Humusgehalt von über 10 % sind die Angaben in **Tabelle 10** zu beachten.

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

6.4. Spezielle Hinweise zum Einsatz von Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngern

Mineralische Phosphatdünger werden in der Regel vor der Grundboden- oder vor der Saatbettbereitung ausgebracht. Bezüglich Wahl der Phosphorform sind die Angaben in **Tabelle 56 und Tabelle 59** zu beachten.

Um Kalium-Luxuskonsum durch einige Futterpflanzen zu verhindern, der meist den Magnesiumgehalt in der Pflanze verringert, sind mineralische Kaliumgaben 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 Salzschiiden bei empfindlichen Kulturpflanzen zu verhindern, indem Kaliumgaben in mineralischer Form auf 300 kg K₂O/ha beschränkt werden. Höhere Kaliumgaben sind mit Vorteil teilweise in Form von Hofdünger oder zu einer Gründüngung zu verabreichen. Auf sandigen Böden ist die Kaliumdüngung im Spätwinter oder Frühjahr durchzuführen; dadurch können nennenswerte Kaliumverlagerungen in tiefere, nicht durchwurzelbare Bodenschichten verhindert werden. Bei der Wahl der mineralischen Dünger sind deren Eigenschaften (**Tabelle 56 und Tabelle 59**) zu beachten.

Magnesium ist im Boden relativ mobil. 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 (**Tabelle 56**) wie Magnesiumoxid (MgO) oder Magnesiumkarbonat (MgCO₃ in Dolomitmalk) zu wählen.

Bei Korrekturfaktoren unter 0,8 können Hofdünger, welche beim Einsatz von betriebseigenem Futter anfallen, auch ausgebracht werden, wenn im Boden bereits grössere Nährstoffvorräte vorhanden sind. Die ausgebrachten Nährstoffmengen sollten in diesen Fällen jedoch 80 % der Normdüngung (Korrekturfaktor 0,8) nicht übersteigen.

Anfallende Nährstoffe in Hofdüngern aus betriebsfremden Futtermitteln (inkl. Kraftfutter!) 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.

7

Stickstoffdüngung



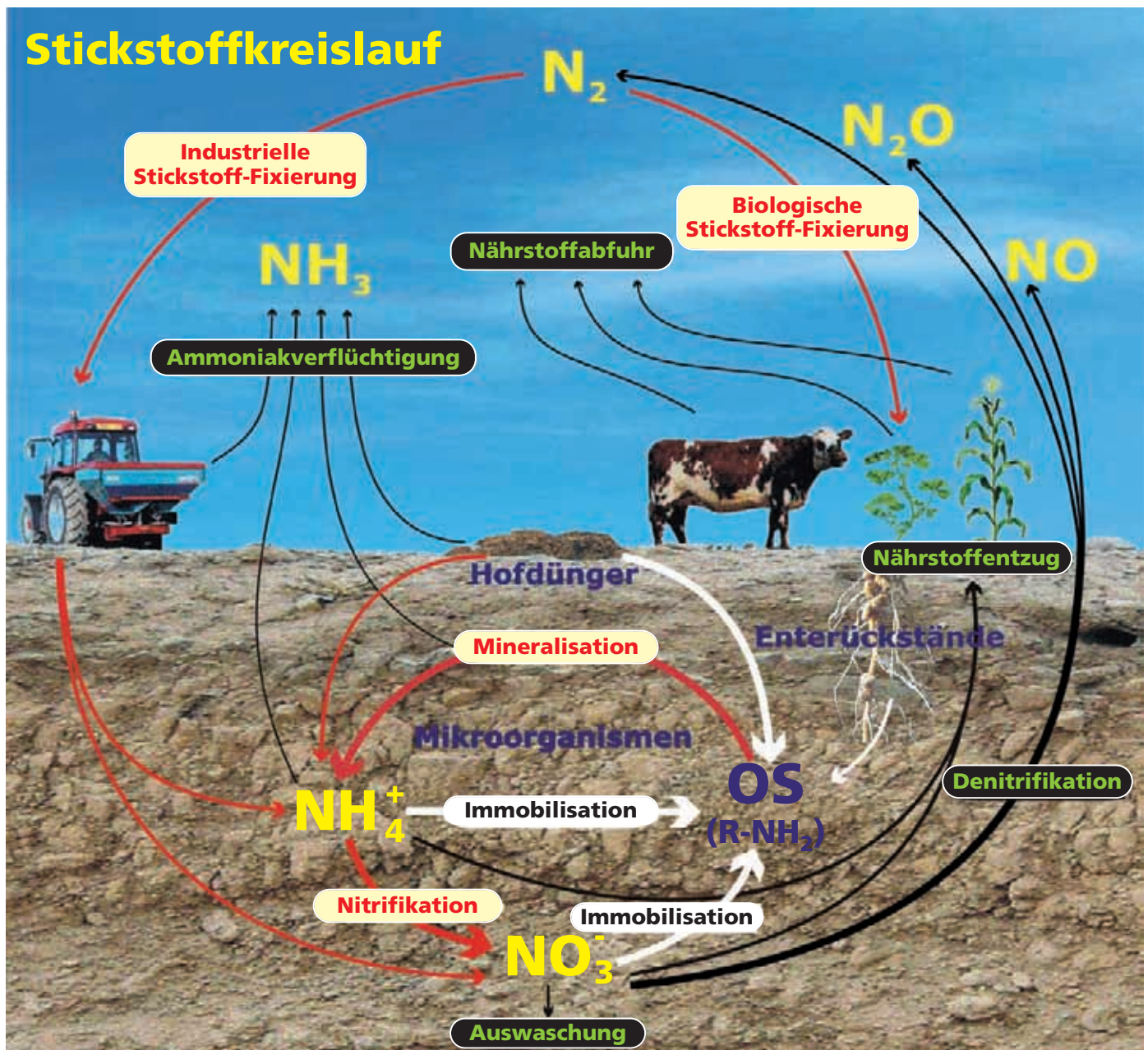
7.1. Ackerbau

Die wichtigsten Einflussfaktoren bei der Optimierung der Stickstoffdüngung sind (i) der zeitliche und mengenmässige Bedarf der Kulturen, (ii) der Verlauf der Mineralisierung von organischer Substanz aus dem Boden und dem zugeführten organischen Material (Mist, Gülle, Gründüngung und Recyclingdünger), sowie (iii) das Ausmass von Stickstoffverlusten durch Auswaschung, Ammoniakverflüchtigung und Denitrifikation (Abbildung 4).

Da es zurzeit kein absolut sicheres Verfahren gibt, diese Einflussfaktoren zuverlässig zu beurteilen, werden hier drei verschiedene Ansätze zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau beschrieben:

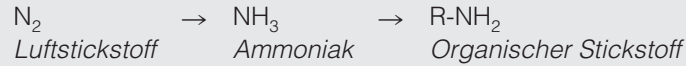
1. *Die Schätzmethode (Methode der korrigierten Normen).* Sie basiert auf langjährig erarbeiteten Schätzungen der einzelnen Einflussfaktoren.
2. *Bestimmung des N-Gehaltes im Boden (N_{min} -Methode).* Beurteilung der stickstoffdynamischen Prozesse im Boden durch analytische Bestimmung der mineralischen N-Gehalte im Boden zu definierten Zeitpunkten.
3. *Sensor- und pflanzenbasierte Steuerung der Stickstoffdüngung.* Sie basiert auf destruktiven oder nicht-destruktiven Pflanzenanalysen und der Beobachtung der Kulturen während der Vegetationszeit.

Abbildung 4.
Stickstoffkreislauf auf
Parzellenebene

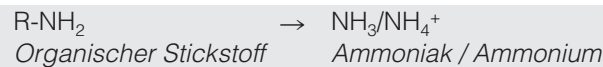


Durch die Fixierung, Mineralisation und Nitrifikation wird der im Boden pflanzenverfügbare Stickstoff erhöht, während die Denitrifikation, die Ammoniakverflüchtigung, die Immobilisierung, die Auswaschung und der Entzug durch die Pflanzen zu einem temporären oder definitiven Verlust von pflanzenverfügbarem Stickstoff in der durchwurzelbaren Bodenschicht führen.

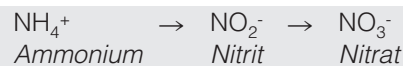
Bei der **N-Fixierung** wird Luftstickstoff (N_2) in eine von den Pflanzen aufnehmbare N-Form überführt. Dies kann industriell (Herstellung von Mineraldüngern) oder biologisch (N-Fixierung durch Leguminosen) erfolgen. N-fixierende Pflanzen bevorzugen jedoch die Aufnahme von mineralischem Stickstoff aus dem Boden, da für die Fixierung von Luftstickstoff Energie, Enzyme und Mineralstoffe benötigt werden.



Die **Mineralisierung** ist der Prozess, bei dem organischer Stickstoff durch Mikroorganismen zu anorganischem Stickstoff abgebaut wird. Die biologische Mineralisationsleistung hängt von vielen Faktoren wie dem Gehalt und der Qualität der organischen Substanz des Bodens, der Vorkultur, der Nachwirkung von organischen Düngern (Hofdünger, Ernterückstände, Gründüngung), des Klimas (Temperatur, Feuchtigkeit) und dem Vorhandensein von Sauerstoff im Boden (Durchlüftung) ab.



Die **Nitrifikation** ist der Prozess, bei dem Mikroorganismen (Nitrosomonas und Nitrobacter) zur Energiegewinnung Ammonium in Nitrit und nachfolgend in Nitrat umwandeln. Nitrat ist die für Pflanzen am besten verfügbare Stickstoffform im Boden, gleichzeitig aber aufgrund seiner Mobilität auch die gefährdetste bezüglich Auswaschungsverlusten.



Die **Denitrifikation** ist das Resultat der Umwandlungen von Nitrat in gasförmige N-Verbindungen wie das Stickstoffmonoxid (NO), das Lachgas (N_2O) und den molekularen Stickstoff (N_2). Da die Denitrifikation unter anaeroben Bedingungen abläuft, treten Emissionen von Lachgas vor allem in schweren, verdichteten oder schlecht drainierten Böden sowie in stau- oder grundwasserbeeinflussten Böden auf.



Ammoniakverflüchtigung tritt hauptsächlich nach der oberflächlichen Ausbringung von ammoniumhaltigen Düngern auf. Dieses Phänomen betrifft vor allem Hofdünger mit einem hohen Gehalt an NH_4^+ . Dadurch kann die Stickstoffwirksamkeit dieser Dünger stark reduziert werden. Die Wetterbedingungen und die Ausbringtechnik haben einen grossen Einfluss auf die gasförmigen N-Verluste. Eine Einarbeitung während oder kurz nach der Ausbringung ist eine einfache und gute Methode um Ammoniakverluste zu vermeiden.



Immobilisierung ist der gegenläufige Prozess zur Mineralisation. Es wird anorganischer N in organische N-Formen (häufig via mikrobielle Biomasse) überführt, was eine Reduktion des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden zur Folge hat.



Auswaschung von Nährstoffen aus dem Boden tritt dann auf, wenn mehr Wasser (Niederschläge, Bewässerung) in den Boden gelangt, als dieser fähig ist aufzunehmen. Das überflüssige Wasser erreicht zusammen mit dem leicht wasserlöslichen Nitrat das unterirdische Entwässerungssystem und damit das Grundwasser oder Flüsse. Dieser Vorgang kommt hauptsächlich in leichten Böden mit einem geringen Wasserspeichervermögen oder in bereits wassergesättigten Böden auf. Nitrathaltige Stickstoffdünger unterliegen der potenziellen Auswaschungsgefahr ab dem Zeitpunkt der Ausbringung. Die Verlagerungstiefe des Nitrats hängt von der Menge des Sickerwassers, vom Feuchtigkeitszustand des Bodens vor dem Regen und vom Bodentyp ab. Ammonium wird im Boden besser adsorbiert als Nitrat. Ammoniumverluste durch Auswaschung können bei intensiven Niederschlägen in sehr sandigen Böden mit schwachem Adsorptionsvermögen auftreten.

Aufnahme durch die Pflanzen: Eine effiziente Ausnützung des Stickstoffs durch die Pflanzen ist das hauptsächliche Ziel bei der Planung und Durchführung der N-Düngung. Dabei gilt es, die spezifischen Eigenschaften mineralischer und organischer Düngemittel zu beachten.

Um eine möglichst hohe Stickstoffeffizienz zu erreichen und unerwünschte Verluste in die Umwelt sowie die daraus folgenden ökonomischen Verluste zu vermeiden, sind die folgenden drei Punkte zu beachten: (i) *Stickstoffmenge* (viele Versuche zeigen, dass beim Überschreiten des optimalen Düngungsniveaus die N-Effizienz bei verschiedenen Kulturen stark ab- und das Risiko von Stickstoffverlusten zunimmt), (ii) *Anwendungszeitpunkt* (**Tabelle 26**) und (iii) *Bodenzustand* (die meisten Umwandlungsprozesse der verschiedenen Stickstoffformen sind von der biologischen Aktivität des Bodens abhängig).

Zustand und biologische Aktivität des Bodens werden von den klimatischen Verhältnissen und dem physikalisch-chemischen Zustand des Bodens beeinflusst. Eine gute Struktur und Wasserführung des Bodens ist Voraussetzung für eine hohe Wirksamkeit der N-Dünger.

7.1.1. Korrektur der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit des Ertrages

Unter gewissen Voraussetzungen kann durch eine Düngung über der Norm ein Mehrertrag erzielt werden. Resultate aus Feldversuchen der Forschungsanstalten ART und ACW unter verschiedensten Boden- und Klimabedingungen des schweizerischen Ackerbaugesbietes zeigten, dass eine erhöhte Stickstoffdüngung sinnvoll sein kann, wenn die Erträge über den Durchschnittserträgen, auf denen die Düngungsnorm basiert (vgl. **Tabelle 1**), liegen. Werden regelmässig (z. B. in 3 von 5 Jahren) höhere Erträge erreicht und wenn die Normdüngung der hauptsächliche limitierende Faktor zu sein scheint, dann kann eine Korrektur der Normdüngung in Abhängigkeit des Ertrages in Betracht gezogen werden. Solche Voraussetzungen sind meist in den besten Ackerbaugesieten und auf viehlosen Betrieben mit tiefgründigen Böden mit mittleren oder tiefen Humusgehalten anzutreffen.

Sind die Erträge regelmässig tiefer als die angegebenen Durchschnittserträge, ist die Normdüngung zu reduzieren. Dies gilt vor allem in Randgebieten des Ackerbaus oder bei extensiven Anbausystemen (Bio, Extensio).

Bei Kulturen, die auf die beschriebenen Standort- und Produktionsbedingungen reagieren, ist die ertragsabhängige Erhöhung bzw. Reduktion der Normdüngung gemäss **Tabelle 17** vorzunehmen.

Tabelle 17. Korrektur der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit des Mehr- bzw. Minderertrages im Vergleich zum Durchschnittsertrag (Referenzertrag in Tabelle 1)

Kultur	Korrektur der N-Düngung in Abhängigkeit des Ertrages (kg N/dt Körner)	Maximaler Ertrag für die Korrektur (dt Körner/ha)
Winterweizen (Brotgetreide)	1,0	80
Winterweizen (Futtergetreide)	1,0	95
Winterraps	4,0	40
Wintergerste	0,7	90
Winterroggen (Populationssorten)	0,8	80
Winterroggen (Hybridsorten)	1,2	90
Wintertriticale	0,3	95
Winterraps	4,0	40

Für die nicht in **Tabelle 17** aufgeführten Kulturen kann aufgrund von aktuellen Versuchen keine Anpassung der Stickstoffdüngung bei höheren Erträgen empfohlen werden. Demgegenüber ist bei tieferen Erträgen die N-Norm linear proportional zu reduzieren. Allerdings ist zu beachten, dass Hackfrüchte wie Rüben, Mais oder Kartoffeln stark auf unterschiedliche Boden-, Klima- und Bewirtschaftungsverhältnisse reagieren und eine Korrektur der Normdüngung vor allem aufgrund dieser Einflussfaktoren (**Tabelle 18 bis Tabelle 22**) vorzunehmen ist.

Bei Kartoffeln kann zur Erreichung optimaler Erträge von guter Qualität eine sortenabhängige Korrektur der Stickstoffdüngung angezeigt sein. Bei den Sorten Agria, Derby, Naturella, Nicola, Pamela und Panda kann dies in der Regel mit 40 kg N/ha weniger als der Normdüngung, bei Charlotte, Lady Claire und Lady Rosetta mit 30 kg N/ha mehr erreicht werden.

7.1.2. Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode)

Die Methode der korrigierten Normen basiert einerseits auf der N-Düngungsnorm und andererseits auf Korrekturen, die eine Anpassung der Düngung an die Produktionsziele sowie an bodenkundliche und klimatische Standortbedingungen erlauben. Die Vorgehensweise bei der Anwendung dieser Methode zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau ist in **Abbildung 5** schematisch dargestellt.

Abbildung 5.
Schematische Darstellung
der Methode der korrigierten
Normen (Schätzmethode)

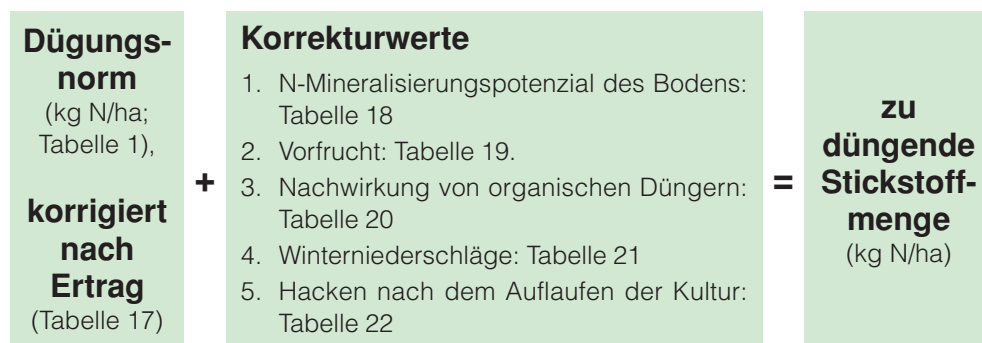


Tabelle 18. Korrektur der N-Düngung in Abhängigkeit des Stickstoffmineralisierungspotenzials des Bodens (Schätzung des $N_{\min}$; siehe Kapitel 7.1.3)

Stickstoff- mineralisierungs- potenzial	Humusgehalt des Bodens (%)			Korrekturwert (kg N/ha)
	Ton < 15%	Ton 15-30%	Ton > 30%	
schwach bis mittel	< 1,2	< 1,8	< 2,5	0 bis +40
mittel	1,2-3,0	1,8-4,0	2,5-6,0	0
mittel bis hoch	3,0-7,0	4,0-8,0	6,0-10,0	0 bis -40
hoch bis sehr hoch	7,0-20,0	8,0-20,0	10,0-20,0	-40 bis -80
sehr hoch	> 20,0	> 20,0	> 20,0	-80 bis -120

Tabelle 19. Korrektur der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit der Vorkultur

Vorkultur	Korrektur der Folgekultur (kg N/ha)	
	Umbruch / Einarbeitung	
	Herbst	Frühling
Natur- oder Kunstwiese, Klee gras (3 Jahre oder älter)	-30	-40
Kunstwiese, Klee gras (2 Jahre)	-20	-30
Kunstwiese, Klee gras (1 Jahr)	-10	-20
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 oder Mais (Stroh eingearbeitet) vor		+20
– im Herbst gesäten Kulturen		+10
– im Frühjahr gesäten bzw. gepflanzten Kulturen		
Körnerleguminosen (Eiweisserbsen, Ackerbohnen, Sojabohnen) vor		
– im Herbst gesäten Kulturen		-20
– im Frühjahr gesäten bzw. gepflanzten Kulturen		-10
Rüben (Kraut eingearbeitet)		-20
Gründüngung mit nicht winterharten Kulturen (Phacelia, Gelbsenf usw.)	-10	0
Gründüngung mit nicht winterharten Kulturen (Leguminosen)	-20	-10
Gründüngung mit winterharten Kulturen (Raps, Rübsen usw.)	0	-20
Gründüngung mit winterharten Kulturen (Leguminosen)	0	-30
Faserhanf		-10
Kartoffeln		-10
Andere Vorkulturen ³		0

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

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

³ Getreide (abgeführtes Stroh), Silomais, Raps, Sonnenblumen, Soja, Tabak, etc.

Ausgehend von den Normen in **Tabelle 1** ist die parzellenspezifische Stickstoffdüngung gemäss den Angaben in **Tabelle 18 bis Tabelle 22** zu korrigieren. Die zu düngende Stickstoffmenge wird gemäss dem Schema in **Abbildung 5** berechnet. Die standort-spezifischen Korrekturen betreffen das Mineralisierungspotenzial des Bodens, den Einfluss der Vorfrucht sowie die Nachwirkung organischer Dünger, die Klimaverhältnisse und Auswirkungen von Hacken nach dem Auflaufen der Kultur.

Tabelle 20. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung infolge Nachwirkung organischer Dünger

Die Stickstoffwirkung der Hof- und Recyclingdünger im Anwendungsjahr ist in Tabelle 40 enthalten.

Organischer Dünger	Anteil (%) des ausgebrachten Gesamtstickstoffs, welcher im 2. Jahr nach der Ausbringung pflanzenverfügbar wird und von der Normdüngung abzuziehen ist
Vollgülle und Gülle kotarm (Rindvieh)	-5
Stapelmist, Laufstallmist	-10
Rottemist	-15
Mistkompost	-20
Pferdemist	-5
Schaf- und Ziegenmist	-10
Schweinegülle, Schweinemist	-10
Hennenkot (Kotband)	-10
Hennenmist (Bodenhaltung)	-10
Geflügelmist (Mast), Poulet, Truten	-5
Kompost	0
Ricokalk	-10

Tabelle 21. Korrektur der Stickstoff-Normdüngung in Abhängigkeit der Winter- und Frühjahrs-Niederschläge

Kultur bzw. Gruppe von Kulturen	Korrekturwert (kg N/ha)			
	Niederschlagsperioden und -intensität			
	Winterruhe (November-Januar)		Vegetationsbeginn/Saat (März-Mai)	
	gering (< 60 mm / Monat)	hoch (> 90 mm / Monat)	gering (< 60 mm / Monat)	hoch (> 90 mm / Monat)
Raps	-10	+10	0	0
Wintergetreide	-20	+20	0	0
Sommergetreide	-20	0	-10	+10
Frühkartoffeln, Feldgemüse	-20	+10	-10	+30
Saatkartoffeln, Kartoffeln (für Speisezwecke und technische Verarbeitung), Rüben, Mais	0	+10	-10	+30

Tabelle 22. 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 (%)	Korrekturwert (kg N/ha)
unter 8	-10
8 bis 20	-15
über 20	-20

7.1.3. 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. Im Falle der $N_{\min}$ -Methode sind dies insbesondere die Arbeit für die Probenahme, der Transport der Proben ins Labor und die Kosten der Analyse.

Die Untersuchung des Bodens auf den Mineralstickstoffgehalt ($N_{\min}$) umfasst die Bestimmung des Nitrat- und Ammoniumgehaltes verschiedener Bodenschichten. Für einen zuverlässigen Einsatz der $N_{\min}$ -Methode gilt es folgenden Punkten spezielle Beachtung zu schenken. Der Zeitpunkt und die Tiefe der Probenahme (**Tabelle 23**) 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 zu schätzen. Die Proben sind, in einer Kühltasche vor Erwärmung geschützt, am Tag der Probenahme ins Labor zu bringen oder einzufrieren.

Tabelle 23. Zeitpunkt und Probenahmetiefe für die Entnahme von $N_{\min}$ -Proben im Hinblick auf die Optimierung der Stickstoffdüngung verschiedener Kulturen

Kultur	Zeitpunkt der Probenahme	Probenahmetiefe (cm) ¹
Wintergetreide, Raps	Kurz vor Vegetationsbeginn	0-30, 30-60, 60-90
Sommergetreide	Saat bis 3-Blatt-Stadium	0-30, 30-60, 60-90
Rüben ²	4- bis 6-Blatt-Stadium	0-30, 30-60, 60-90
Mais ²	5- bis 6-Blatt-Stadium (nur voll entwickelte Blätter zählen!)	0-30, 30-60, 60-90
Kartoffeln ^{2,3}	Stauden ungefähr 10 cm hoch	0-30, 30-60

1 In der Praxis wird die Beprobung z. T. nur noch bis auf 60 cm Bodentiefe vorgenommen. Dabei sind an diese Probenahmetiefe angepasste Sollwerte für die Bestimmung der N-Gaben zu verwenden. Diese sind bei den entsprechenden Beratungsdiensten oder Bodenlabors erhältlich.

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

3 Probenahme in der Mitte des ausgeebneten Furchendammes.

Der Einsatz von Schnellmethoden zur Bestimmung des $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens ist für die meisten Kulturen des Ackerbaus aufgrund der reduzierten Messgenauigkeit nicht zu empfehlen.

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 (**Tabelle 24 und Tabelle 25**). 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 24. Bemessung der Stickstoffdüngung im Getreidebau aufgrund des $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens (Probenahmetiefe 0-90 cm)

Die Angaben bezüglich Aufteilung der N-Gaben und Höchstmenge pro Einzelgabe in Tabelle 26 sind zu beachten. Ist die aufgrund des $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens berechnete 1. N-Gabe höher als die in Tabelle 26 angegebene empfohlene Maximalmenge pro Einzelgabe, 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.

Bei verschiedenen Getreidearten kann eine schossbetonte Düngung Ertragsvorteile bringen; gemäss den spezifischen Ansprüchen der Arten und Sorten kann in diesen Fällen die 2. N-Gabe auf Kosten der ersten, mittels $N_{\min}$ bestimmten N-Gabe erhöht werden.

Kultur	1. N-Gabe (kg N/ha)	2. N-Gabe ¹ (kg N/ha)	3. N-Gabe ^{1, 2} (kg N/ha)
Winterweizen	120 minus $N_{\min}$	30	40
Sommerweizen, Korn (Dinkel)	110 minus $N_{\min}$	30	40
Wintergerste	80 minus $N_{\min}$	30	40
Wintertriticale	90 minus $N_{\min}$	30	40
Sommergerste, Winterroggen, Sommertriticale	80 minus $N_{\min}$	30	30
Hafer	100 minus $N_{\min}$	30	30

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

- Ertragspotenzial des Standortes: Den Angaben in **Tabelle 1** 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 Abzüge vorzunehmen (Die Abzüge sind nicht additiv; der maximale Abzug pro Gabe beträgt 30 kg N/ha):

Korrekturgrund	1. N-Gabe (kg N/ha)	2. N-Gabe ¹ (kg N/ha)	3. N-Gabe ^{1, 2} (kg N/ha)
Vorfrucht mehrjährige Kunstwiese oder Naturwiese	-20	-10	-20
Humusgehalt des Bodens 5-20 %	-10	-20	-20
Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens unter 70 cm oder geringes bis mittleres Ertragspotenzial des Standortes (Grenzlagen des Ackerbaus)	-10	-10	-20
Genereller Verzicht auf Wachstumsregler	-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 oder extensivem Anbau ist auf die 3. N-Gabe zu verzichten

3 Gerste, Triticale, Roggen

4 Weizen, Korn (Dinkel), Hafer

Tabelle 25. Bemessung der Stickstoffdüngung zu Hackfrüchten aufgrund des $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens (Probenahmetiefe 0-90 cm)

Die Angaben bezüglich Aufteilung der N-Gaben und Höchstmenge pro Einzelgabe in Tabelle 26 sind zu beachten. Die 1. N-Gabe erfolgt in der Regel zur Saat oder Pflanzung; sie kann jedoch bei hoher N-Nachlieferung durch die Vorkultur und/oder bei generell hohem N-Mineralisierungspotenzial des Standorts auch weggelassen werden. Die 2. Gabe wird rasch nach der $N_{\min}$ -Probenahme (Termin und Höchstmengen: vgl. Tabelle 26) aufgrund der Untersuchungsergebnisse verabreicht.

Kultur	1. N-Gabe (kg N/ha)	2. N-Gabe (kg N/ha) ¹
Mais	0-30	$N_{\min} > 120$: 200 minus $N_{\min}$ $N_{\min} < 120$: 180 minus $N_{\min}$
Zucker- und Futterrüben	0-30	200 minus $N_{\min}$
Kartoffeln (für Speisezwecke und technische Verarbeitung)	0-30	200 minus $N_{\min}$
Früh- und Saatkartoffeln	0-30	180 minus $N_{\min}$
Raps	0-40 (im Herbst)	160 minus $N_{\min}$

Korrekturen für erhöhte Humusgehalte und niedriges Ertragspotenzial des Standortes:

Korrekturgrund		
Humusgehalt des Bodens 5-20 %	0 bis -30	-20 bis -40
Geringes bis mittleres Ertragspotenzial des Standortes	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 zu empfehlen, insbesondere 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). Je nach Witterung und Wachstumsverhältnissen sind die Teilgaben im Abstand von 2 bis 4 Wochen auszubringen.

7.1.4. Ergänzende und andere Methoden

In Ergänzung oder an Stelle der Bodenuntersuchung ist es auch möglich, die Entwicklung der Pflanzen nach unterschiedlicher Düngung zu beobachten oder die Pflanzen während der Vegetationszeit zu untersuchen. Diese Techniken können zur Optimierung der Stickstoffdüngung oder zur Erkennung von Ernährungsstörungen herangezogen werden.

Düngungsfenster: Düngungsfenster (markierte Fläche von etwa einer Are) mit reduzierter N-Düngung (-20 bis -40 N/ha) oder keiner N-Düngung können als Entscheidungs- und Kontrollinstrument gute Dienste leisten. Dabei ist für jede Einzelgabe ein neues Fenster anzulegen. Der Vergleich zwischen den Beständen inner- und ausserhalb des Düngungsfensters gibt insbesondere im Getreidebau Hinweise zur Optimierung der folgenden N-Gabe. Solange der Bestand nicht aufhellt, liefert der Boden noch genügend Stickstoff nach. Bei Aufhellen des Bestandes muss der Bestand nachgedüngt werden.

Ein etwas modifiziertes Konzept wird für Sonnenblumen angewendet: der *Héliotest*. Ein zur Saat gedüngter Streifen wird mit der übrigen, ungedüngten Parzellenfläche verglichen. Vom 6- bis zum 14-Blatt Stadium werden die unterschiedlich gedüngten Pflanzen beobachtet (Farbe, Pflanzenhöhe, Bestandesdichte). Das Stadium, bei dem Unterschiede auftreten, erlaubt es, den Versorgungszustand der Pflanzen und die Nachlieferung des Bodens abzuschätzen. Je früher die visuellen Unterschiede auftreten, desto grösser wird der Stickstoffmangel sein. Aufgrund des Nachlieferungsvermögens des Bodens und des Bedarfs der Kultur (45 kg von den Pflanzen aufgenommenen Stickstoff pro Tonne produzierter Körner) kann nach der Schätzmethode (Kapitel 7.1.2) die Stickstoffmenge berechnet werden, abhängig vom Stadium, bei dem die visuellen Unterschiede auftreten sind, und der Ertragserwartung (Pellet und Grosjean 2007).

Die Pflanzensaftanalyse: Mit Hilfe von Schnelltestgeräten (Nitrachek, Jubil® oder andere) wird im Getreidebau zu bestimmten Zeitpunkten der Nitratgehalt des Pflanzensaftes an der Halmbasis gemessen. Nach kultur- und sortenspezifischer Eichung können diese Resultate wertvolle Hinweise zur Bemessung der N-Gaben zu bestimmten Entwicklungsstadien geben (Pellet 2000a & b).

Chlorophyllmessungen: Bei Schnelltestgeräten, welche die Farbindensität der Blätter messen (N-Tester; Yara 2008), 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.

Doppelte Saatkichte: Diese Methode, welche vor allem im Getreidebau eingesetzt wird, basiert auf dem Vergleich mit einer Testparzelle mit doppelter Saatkichte. Man geht davon aus, dass in der Testparzelle mit doppelter Saatkichte im gleichen Zeitraum mehr Stickstoff aufgenommen wird als bei der üblichen Saatkichte und, falls nicht nachgedüngt wird, der Bodenvorrat schneller erschöpft ist. Dies führt dazu, dass auf der Testparzelle N-Mangel (Gelbfärbung der Blätter) früher auftritt. Zu diesem Zeitpunkt wird die erste N-Gabe verabreicht. Bei gleich hoher N-Gabe in der Normal-Saat und der doppelt gesäten Testparzelle nimmt man an, dass auf letzterer der Stickstoffmangel erneut früher eintritt. Dadurch kann der Zeitpunkt für die zweite N-Gabe festgelegt werden (Limaux *et al.* 1999).

7.1.5. Aufteilung der Stickstoffdüngung und Höchstmengen

Unabhängig von der gewählten Methode zur Bemessung der Stickstoffdüngung sind die in **Tabelle 26** 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 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.

Auch 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.

Die Summe der maximalen N-Gaben zu den definierten Zeitpunkten entspricht nicht der Düngungsnorm für die jeweilige Kultur. Die Düngungsnormen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 26. Optimaler Zeitpunkt und Höchstmenge einzelner Stickstoffgaben zu verschiedenen Kulturen in Abhängigkeit von Niederschlags- und Bodenverhältnissen

Kultur bzw. Gruppe von Kulturen	Trockenere Gebiete ¹ oder tiefgründigere Böden ²		Feuchtere Gebiete ³ oder flachgründigere Böden ⁴	
	Zeitpunkt bzw. Entwicklungsstadium der Kultur	Max. N-Gabe (kg N/ha)	Zeitpunkt bzw. Entwicklungsstadium der Kultur	Max. N-Gabe (kg N/ha)
Getreide und Mais				
Wintergetreide	Herbst (vor/nach der Saat)	0	Herbst (vor/nach der Saat)	0
	Ende Winter – Vegetationsbeginn	60	Vegetationsbeginn	60
	Beginn Schossen – 1 Knoten	80	1 Knoten	70
	2 Knoten – Öffnen der Blattscheide	40	Erscheinen letztes Blatt – Beginn Ährenschieben	50
Sommergetreide	Saat	40	Saat	30
	Bestockung – Beginn Schossen	80	3 Blätter – Beginn Bestockung	50
	2 Knoten – Öffnen der Blattscheide	40	1 Knoten	40
			Erscheinen letztes Blatt – Beginn Ährenschieben	40
Körner- und Silomais, CCM (Maiskolbensilage)	Saat	80	Saat	40
	6-8 Blätter	80	4-6 Blätter	40
			6-8 Blätter	80
Grünmais	Saat	60	Saat	50
Knollen- und Wurzelfrüchte				
Kartoffeln (für Speisezwecke und techn. Verarbeitung)	Pflanzung	80	Pflanzung	40
	Auflaufen – Stauden 10 cm	80	Stauden 10-15 cm	80
			Kurz vor dem Schliessen der Stauden in der Reihe	40
Frühkartoffeln	Pflanzung	60	Pflanzung	40
	Auflaufen – Stauden 10 cm	60	Stauden 5-10 cm	80
Saatkartoffeln	Pflanzung	50	Pflanzung	40
	Auflaufen – Stauden 10 cm	50	Stauden 5-10 cm	60
Zucker- und Futtermüben	Saat	80	Saat	40
	4-6 Blätter	80	4-6 Blätter	60
			6-8 Blätter	60
Öl- und Faserpflanzen				
Winterraps	Saat	0	Saat	0
	Ende Winter – Vegetationsbeginn	80	Vegetationsbeginn	80
	Beginn Streckung	60	Streckung (Pflanzenhöhe ca. 30-40 cm)	60
Sommerraps	Saat	50	Saat	30
	Rosettenbildung bis Beginn Streckung	80	Rosettenstadium	60
			Streckung (Pflanzenhöhe ca. 30-40 cm)	40
Sonnenblumen	Saat	80	Saat	60
			6-8 Blätter	20
Ölhanf	Saat	40	Saat	40
	Pflanzenhöhe 15-20 cm	40	Pflanzenhöhe 15-20 cm	30
Faserhanf	Saat	50	Saat	40
	Pflanzenhöhe 15-20 cm	70	Pflanzenhöhe 15-20 cm	80
Öllein	Saat	50	Saat	20
	Pflanzenhöhe 15-20 cm	30	Pflanzenhöhe 15-20 cm	40
Faserlein	Saat	30	Saat	20
	Pflanzenhöhe 15-20 cm	30	Pflanzenhöhe 15-20 cm	40
Chinaschilf	Vegetationsbeginn	40	Vegetationsbeginn	40
Kenaf	Saat	50	Saat	30
	Pflanzenhöhe 15-20 cm	50	Pflanzenhöhe 15-20 cm	60
Übrige Kulturen				
Körnerleguminosen		0		0
Gründüngung	Saat	40	Saat	40
Tabak (Burley)	Pflanzung	100	Pflanzung	80
	4-6 Blätter	80	4-6 Blätter	100

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

Im Futterbau übersteigt die korrigierte Stickstoffdüngungsnorm selten 50 Prozent der mit dem Futter entzogenen Stickstoffmenge, da der Pflanzenbestand noch über andere Stickstoffquellen verfügt: Symbiotische Stickstoff-Fixierung durch Leguminosen, Abbau organischer Substanz des Bodens, Nachwirkung regelmässiger Hofdüngergaben, N-Deposition. In **Tabelle 27** sind die korrigierten 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 Trespenwiesen (Standardmischungen 450, 451, 455), die zum Auflaufen nicht mit Stickstoff gedüngt werden sollten, ist in allen Neuansäen mit Standardmischungen zum Auflaufen eine Gabe von 20 bis 30 kg N/ha zu empfehlen.

Tabelle 27. Korrigierte Stickstoffdüngungsnormen für Wiesen in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität und der Nutzungsart

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		
ein- und zweijährige Mischungen, basierend auf		30 ^{1, 4}
– Italienisch-Raigras und/oder Westerwoldisch-Raigras		
drei- und mehrjährige Mischungen		
– 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 P- und K-Bedarfes (vgl. Tabelle 3), ist akzeptabel
- 4 20 bis 30 kg N/ha zum Auflaufen sind empfehlenswert; diese Gabe entspricht der Gabe zum ersten Aufwuchs; handelt es sich um eine überwinternde 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 Frühling 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

Die in **Tabelle 27** angegebenen Stickstoffmengen 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 ungefähr 15 dt TS/ha.

Berechnung der für die Ermittlung der korrigierten Düngungsnorm zu berücksichtigende Anzahl Nutzungen

Mähwiese:	Übliche Anzahl Nutzungen =	$\frac{\text{Jahresertrag (dt TS/ha)}}{25 \text{ (dt TS/ha)}}$
Intensive Weide:	Übliche 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 (= übliche Anzahl Nutzungen gemäss **Tabelle 3** × korrigierte Düngungsnorm gemäss **Tabelle 27**) 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 empfohlene Menge pro Gaben zu überschreiten, da hier das Risiko einer Entartung des Pflanzenbestandes grösser ist. In auf Vollweide basierenden Produktionssystemen kann eine leichte Abweichung vom Prinzip der gleichmässigen N-Gaben zu jedem Aufwuchs interessant sein, um den Futterzuwachs innerhalb der Wachstumsperiode zu beeinflussen. Gegenüber einer gleichmässigen N-Düngung zu jedem Aufwuchs, bewirkt eine von Mai bis September auf fünf Gaben verteilte Düngung der gleichen totalen N-Menge eine Verschiebung des Futterwachstums vom Frühjahr auf den Spätsommer und Herbst im Umfang von ca. 10 % des Gesamtjahresertrages, ohne diesen negativ zu beeinflussen (Thomet *et al.* 2007). Eine starke Düngung im Herbst erhöht aber das Nitratauswaschungsrisiko während der Wintermonate.

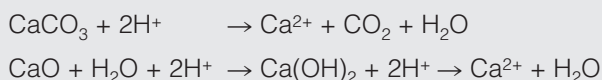
Obwohl die empfohlene Menge pro Gabe bei Weidenutzung um 10 kg N kleiner ist als bei Schnittnutzung, sind die in beiden Fällen jährlich zu verabreichenden Stickstoffmengen vergleichbar, da Weiden öfter genutzt werden. Dies bedeutet allerdings nicht, dass der auf der Weide durch die Tiere ausgeschiedene 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.

8. Kalkdüngung

Der Kalkzustand des Bodens ist ein wichtiger Faktor für die nachhaltige landwirtschaftliche Landnutzung. Er wird entscheidend durch das Muttergestein, aus dem der Boden entstanden ist, durch die Niederschlagsverhältnisse sowie durch die Bewirtschaftungsweise beeinflusst. Kalkverluste treten vor allem durch Auswaschung, den Neutralisationsbedarf im Boden sowie den Entzug an Calcium durch die Kulturen statt. Die jährlichen Kalkverluste können einige bis mehrere Hundert kg CaCO_3 pro Hektare betragen und werden meist durch den Einsatz von Hof- und Recyclingdüngern, kalkhaltigen Mineraldüngern oder sporadischen kleinen Kalkgaben kompensiert (Erhaltungskalkung). Zur Verbesserung des Kalkzustandes mehr oder weniger saurer Böden ist eine gezielte Kalkdüngung notwendig (Meliorationskalkung). Die Höhe und Häufigkeit der Kalkgaben ist vom pH-Wert, der Basensättigung und der Bodenart abhängig. Es ist zu beachten, dass durch Kalkgaben der pH-Wert des Bodens erhöht wird und damit die Verfügbarkeit von Nährstoffen verändert werden kann.

Kalkdünger sind basisch wirksame Stoffe, welche sowohl die Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H^+) verringern und damit den pH-Wert erhöhen als auch die Sorption der Ca^{2+} - bzw. Mg^{2+} -Ionen erhöhen. Diese Eigenschaften besitzen Calciumoxide (CaO), -hydroxide (Ca(OH)_2) oder Calcium- bzw. Magnesiumkarbonate (CaCO_3 , MgCO_3). Die Kalkmengen sind gemäss internationaler Usanz in der Form CaO (Calciumoxid) angegeben. Die neutralisierende Wirkung erfolgt durch die Verbindungen Calciumkarbonat [CaCO_3] und Calciumhydroxid [Ca(OH)_2], welches im Boden aus CaO entstehen kann.

Summenformeln für die Neutralisationswirkung von Kalkdüngern:



Beim Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) handelt es sich nicht um einen Kalkdünger, da er den pH-Wert des Bodens nicht verändert, sondern um einen Calcium-/Schwefeldünger).

Wird eine Verbesserung des Kalkzustandes angestrebt, kann eine grobe Bemessung der notwendigen Kalkgabe aufgrund des $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -Wertes des Bodens vorgenommen werden (**Tabelle 28**). Es ist zu beachten, dass der Kalkbedarf mit steigendem Tongehalt zunimmt, mit steigendem Humusgehalt hingegen abnimmt.

Tabelle 28. Grobe Bemessung von Kalkgaben aufgrund des pH-Wertes und des Tongehaltes des Bodens sowie der Bodennutzung

Ton-, Humusgehalt	$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ des Bodens	Meliorationskalkung ¹		Erhaltungskalkung
		Kalkgabe (dt CaO/ha)		Kalkgabe (dt CaO/ha) alle 4-5 Jahre
		Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen	Naturwiesen
< 10 % Ton	< 5,3	20	10	–
	5,3-5,8	15	7,5 ²	5-7 ³
	5,9-6,2	10	5 ²	5-7 ³
	> 6,2	0	0	–
10-30 % Ton	< 5,3	30	15	–
	5,3-5,8	25	12,5 ²	8-10 ³
	5,9-6,2	20	10 ²	8-10 ³
	> 6,2	0	0	–
> 30 % Ton	< 5,3	35	20	–
	5,3-5,8	30	17,5 ²	9-12 ³
	5,9-6,7	25	15 ²	9-12 ³
	> 6,7	0	0	–
> 10 % Humus		0	0	–

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

² In der Regel genügt eine Erhaltungskalkung alle 4-5 Jahre.

³ Die Erhaltungskalkung wird empfohlen, falls eine fortschreitende Versauerung beobachtet wird.

Als Hilfsmittel zur Bemessung der Erhaltungskalkung kann insbesondere im Ackerbau nebst dem Bedarf der Kulturen die Wirkung der eingesetzten Mineraldünger abgeschätzt werden. Die theoretische saure bzw. alkalische Wirkung eines Düngers – ausgedrückt in kg CaO – kann mit der Formel nach Sluijsmans (1970) wie folgt berechnet werden:

$$E \text{ (kg CaO)} = 1,0 \times \text{CaO} + 1,4 \times \text{MgO} + 0,6 \times \text{K}_2\text{O} + 0,9 \times \text{Na}_2\text{O} - 0,4 \times \text{P}_2\text{O}_5 \\ - 0,7 \times \text{SO}_3 - 0,8 \times \text{Cl} - n \times \text{N} \\ (n = 0,8 \text{ für Wiesen und } 1,0 \text{ für Ackerland})$$

wobei bei positivem E eine basische und bei negativem E eine saure Wirkung vorhanden ist.

Für eine wesentlich gezieltere Bemessung dient die Kationenaustauschkapazität bzw. die daraus errechnete Basensättigung des Bodens als Grundlage. In **Tabelle 29** und **Tabelle 30** sind die Beurteilung der Basensättigung und die empfohlenen Kalkgaben in Abhängigkeit der Kationenaustauschkapazität 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 %.

Tabelle 29. Beurteilung des Kalkzustandes des Bodens aufgrund der Basensättigung

Basensättigung (%)		Bezeichnung des Kalkzustandes des Bodens	Versorgungs- klasse
Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen		
< 40	< 30	sehr arm	A
40-49	30-39	arm	A
50-59	40-49	mässig	B
60-80	50-80	genügend	C
> 80	> 80	Vorrat	D

Tabelle 30. Bemessung von Kalkgaben aufgrund der Basensättigung und der Kationenaustauschkapazität des Bodens

Die Gaben wurden für die Bodenschicht von 0 bis 20 cm Tiefe berechnet. Die Umrechnungsfaktoren für verschiedene Kalkformen sind in Tabelle 62 enthalten.

Basensättigung (%)		Kalkgabe (dt CaO/ha) je nach Kationenaustausch- kapazität (mäq/100 g Boden)			
Ackerland und Kunstwiesen	Naturwiesen	< 10	10-15	15-20	> 20
> 60	> 50	0	0	0	0
50-60	40-50	7,3	12,5	15,5	20,0 ¹
40-49	30-39	10,0	19,0	21,5 ¹	28,0 ¹
< 40	< 30	13,0	24,5 ¹	27,5 ¹	36,0 ¹

¹ Aufteilung auf 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.

Der optimale pH-Bereich unserer landwirtschaftlichen Kulturen liegt in einem relativ weiten Bereich zwischen sauer und schwach alkalisch. Ist eine Kalkung nötig, wird sie innerhalb der Fruchtfolge vorzugsweise zu kalkliebenden oder kalkverträglichen Kulturen durchgeführt. Häufigere, kleinere Gaben sind hohen Einzelgaben vorzuziehen, um das Risiko der Immobilisierung von Spurenelementen oder einen «Kalkschock» bei empfindlichen Kulturen zu vermeiden.

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. Insbesondere 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.

8.2. Futterbau

Die optimalen pH-Werte liegen für die Naturwiesen meist unter denjenigen für den Ackerbau. Die meisten futterbaulich wertvollen Wiesenpflanzen gedeihen am besten bei schwach saurer bis saurer Bodenreaktion ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 5,5 - 6,7). In diesem pH-Bereich sind auch die meisten Nährstoffe gut pflanzenverfügbar. Unter unseren Klimabedingungen neigen jedoch auch die Böden unter Graslandbewirtschaftung zu einer langsam fortschreitenden Versauerung. Die Geschwindigkeit dieser Versauerung hängt von den Standortverhältnissen sowie von der Art der Düngung ab. Sinkt der Boden-pH unter 5,5, nimmt das Wachstum der Leguminosen und ihre symbiontische Stickstoff-Fixierung ab, was zu einer Ertragsreduktion führen kann (für die Luzerne bereits unter einem pH-Wert von 6,5). Um dieser natürlichen Versauerung entgegenzuwirken, ist der regelmässige Einsatz kalkhaltiger bzw. basisch wirkender Stickstoff-, Phosphor- und/oder Magnesiumdünger oder sind regelmässige kleine Kalkgaben (Erhaltungskalkung) empfehlenswert (**Tabelle 28**).

Bei pH-Werten unter 5,3 und einer nicht optimalen botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes (z. B. schlechtes Wachstum der Leguminosen) ist unter Berücksichtigung der Basensättigung eine gezielte Aufkalkung ins Auge zu fassen (**Tabelle 29 und Tabelle 30**). Wenn die botanische Zusammensetzung ausgewogen ist, ist keine Aufkalkung notwendig. Allgemein ist darauf zu achten, dass Kalkmengen von mehr als 15 dt CaO/ha auf mehrere Gaben im Abstand von jeweils zwei Jahren aufgeteilt werden. Der Calciumgehalt im Futter erlaubt keine gesicherte Aussage über den Säuregrad des Bodens oder den Kalkbedarf, da der Calciumgehalt des Futters sehr stark von der botanischen Zusammensetzung beeinflusst wird.

Verschiedene Versuchsreihen haben gezeigt, dass bei pH-Werten über 5,0 bis 5,5 oft kein deutlich positiver Effekt der Kalkdüngung auf den Ertrag der Wiesen beobachtet werden kann (Schechtner, 1993; Fabre und Kockmann, 2006). Zu hohe Kalkmengen führen sogar zu einer Verschlechterung der Nährstoffverfügbarkeit (ab einem pH von ca. 7,0).

Die Korrektur des Boden-pH kann zwar eine positive Wirkung auf den Anteil an Leguminosen und/oder an futterbaulich wertvollen Gräsern haben. Die häufig nutzbaren, ertragreichen und nährstoffliebenden Gräser gedeihen dennoch nur in den milden Lagen. In weniger futterwüchsigen Lagen, wo die intensiv nutzbaren Gräser fehlen, wird das Wachstum durch die Temperatur, Niederschlagsmenge, Vegetationsdauer und die Dauer der Schneedeckung stärker eingeschränkt. Gräser, die unter weniger günstigen Bedingungen noch vorkommen sind weniger intensiv nutzbar, ertragsschwächer und haben deshalb einen kleineren Nährstoffbedarf. Je schlechter die klimatischen Voraussetzungen für das Wachstum sind, desto kritischer sind Massnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit im Futterbau zu beurteilen. Degenerierte Pflanzenbestände als Folge von Nährstoffüberschüssen, nicht standortgerechter Nutzung oder Bodenverdichtungen können mit Kalk nicht verbessert werden. Auf Alpböden, die von Natur aus sauer sind, kann eine Kalkung negative Auswirkungen auf die botanische Zusammensetzung der an diese Standortverhältnisse angepassten, natürlichen Vegetation haben.

9. Düngung mit Schwefel und Spurenelementen

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. Trotzdem sind die spezifischen Bedürfnisse einzelner Kulturen an Schwefel und Spurenelementen zu beachten; beispielsweise Schwefel bei Kreuzblütlern, Bor bei Zuckerrüben, Mangan bei Zuckerrüben und Sonnenblumen, usw.

9.1 / 9.1.1

9.1. Schwefel

Der Schwefelbedarf der Kulturen wird heute hauptsächlich durch Ernterückstände, Hof- und Recyclingdünger 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 (**Tabelle 32**) gesichert. Der Ersatz der Kohle durch Erdöl und vor allem der Beginn der Entschwefelung der Erdölprodukte in den 80er-Jahren führten 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

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^{2-}) verhält sich im Boden sehr ähnlich dem Nitrat.

Tabelle 31. Kriterien zur Beurteilung des Schwefelangebots mit Hilfe einer Punkteskala
Die Punkte für jedes einzelne Beurteilungskriterium sind zu addieren und die Summe mit den Angaben in Tabelle 32 zu vergleichen.

Kriterien	Ausprägung des Kriteriums	Punkte zur Schwefelversorgung
Humusgehalt des Bodens (%)	< 2	1
	2-5	3
	> 5	5
Tongehalt des Bodens (%)	< 10	1
	10-30	3
	> 30	5
Skelettgehalt des Bodens (Volumen-%)	> 30	1
	10-30	3
	< 10	5
Pflanzennutzbare Gründigkeit des Bodens (cm)	10-30	1
	31-70	5
	> 70	7
Niederschläge von Oktober (Vorjahr) bis März (mm)	> 540	1
	370-540	3
	< 370	5
Hofdüngereinsatz	nie	1
	weniger als 1 Mal in 3 Jahren	3
	mindestens 1 Mal in 3 Jahren	5
Abweichung der gedüngten von der vorgesehenen Stickstoffmenge ¹	Erhöhung > 40 kg N/ha	1
	Abweichung +/- 40 kg N/ha	3
	Reduktion > 40 kg N/ha	5

1 Stickstoffdüngemenge abgeleitet mit Hilfe der Schätz- oder der $N_{\min}$ -Methode

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. Die Interpretation der $S_{\min}$ -Werte scheint jedoch aufgrund der Erfahrungen in Deutschland deutlich weniger sicher zu sein als diejenige der $N_{\min}$ -Werte.

Tabelle 32. Schwefelentzug einiger Kulturen sowie Bemessung der Schwefeldüngung

Kultur	Schwefel-entzug (kg S/ha)	Bemessung der Schwefeldüngung nach Angebotspunkten (Tabelle 31) (kg S/ha)		
<i>Stark bedürftige Kulturen</i>		< 15 Punkte	15-23 Punkte	> 23 Punkte
Raps	80	60	35	0
<i>Mittel bedürftige Kulturen</i>		< 14 Punkte	14-20 Punkte	> 20 Punkte
Futtergräser	35	25	15	0
Zucker- und Futterrüben	35	25	15	0
Luzerne	30	20	15	0
Mais	30	20	15	0
<i>Wenig bedürftige Kulturen</i>		< 13 Punkte	13-18 Punkte	> 18 Punkte
Weizen	25	20	10	0
Gerste	20	10	0	0
Kartoffeln	20	10	0	0
Intensive Wiesen	20-35	15-20	0	0
Übrige Kulturen	< 20	0	0	0

Als Alternative zu $S_{\min}$ kann durch die Kombination von Eigenschaften verschiedener Einflussfaktoren des Standorts und der Bewirtschaftung oft eine ausreichende Beurteilung des Potenzials zur Deckung des Schwefelbedarfs der Kulturpflanzen ermittelt werden. Als Grundlage dienen dabei der Humus-, Ton- und Skelettgehalt sowie die Gründigkeit des Bodens, die Winter- und Frühjahrsniederschläge, die Häufigkeit des Hofdüngereinsatzes und die gedüngte Stickstoffmenge (**Tabelle 31**). Durch Vergleich des Schwefelangebots (**Tabelle 31**) mit dem Schwefelbedarf der Kulturen (**Tabelle 32**; Pellet *et al.* 2003a und 2003b) lässt sich der Schwefeldüngebedarf abschätzen.

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 (**Tabelle 58**). Im Frühjahr ausgebrachte mineralische Kalium-, Magnesium- oder Mehrnährstoffdünger mit ausreichendem Schwefelanteil (**Tabelle 58**) sind ebenfalls gut geeignet. Bei bereits sichtbaren Mangelsymptomen kann eventuell eine Blattdüngung mit Magnesiumsulfat (Bittersalz) kurzfristig den Schwefelbedarf der Pflanzen teilweise decken.

9.2. Bor, Mangan und andere Mikronährstoffe

Unter speziellen Bedingungen ist eine Düngung mit Bor oder Mangan notwendig. Insbesondere 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. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass unsachgemäße Kalkgaben zu ernsthaften Schwierigkeiten bezüglich Bor- und Manganversorgung der Pflanzen führen können. Über die Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse und die Bemessung allfälliger Bor- oder Mangangaben aufgrund einer Bodenanalyse in Abhängigkeit des Humusgehaltes, der Bodenreaktion und Bedürftigkeit der Kulturen gibt **Tabelle 33** Auskunft.

Tabelle 33. Bemessung der Bor- und Mangandüngung aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen, der Bodeneigenschaften und der Bedürftigkeit der Kulturen

Nährstoff	Gehalt des Bodens (ppm)		Bezeichnung	Versorgungsklasse	Humusgehalt des Bodens < 10 %		Humusgehalt des Bodens > 10 %			
							Saure und schwach saure Böden		Neutrale und alkalische Böden	
					Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen ¹	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen ¹	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen ¹
Bor	< 0,6		Arm	A	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	2,5-3,0 kg B/ha ²
	0,6-1,5		Mässig	B	–	1,5-2,0 kg B/ha ²	–	2,0-2,5 kg B/ha ²	–	2,0-2,5 kg B/ha ²
	1,6-2,0 2,1-5,0 > 5,0		Genügend Vorrat Angereichert	C D E	–	–	–	–	–	–
Mangan	Aus-tauschbar	Leicht reduzierbar								
	< 2		Arm	A	20-40 kg Mn/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	
	> 2	< 50	Mässig	B	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	10-15 kg/ha Mangansulfat ³	
	> 2	> 50	Genügend	C	–	–	–	–	–	–

- 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 Eine Bodendüngung ist unter diesen Bodenverhältnissen meistens wirkungslos → 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).

Nebst Bor und Mangan ist eine Düngung mit Spurenelementen nur unter ganz speziellen Standort- oder Produktionsbedingungen notwendig. Die Untersuchung des Bodens auf weitere Spurenelemente ist nur ausnahmsweise nach Rücksprache mit dem Beratungsdienst oder den Forschungsanstalten angezeigt.

10

10. Ernterückstände

Die Düngungsnormen enthalten stets den Nährstoffbedarf der üblicherweise erntbaren Haupt- und der anfallenden Nebenprodukte (**Tabelle 1**). Wenn die Nebenprodukte (Stroh, Stauden, Stängel, Kraut usw.) bei der Ernte auf dem Feld verbleiben, sind die in ihnen enthaltenen Phosphor-, Kalium- und Magnesiummengen (**Tabelle 1**) von der Düngung der nachfolgenden Kultur abzuziehen. Wie bei den Hofdüngern sind die gesamten in den abgeführten Nebenprodukten enthaltenen Phosphor-, Kalium- und Magnesiummengen (**Tabelle 1**) von der korrigierten Normdüngung der Folgekultur abzuziehen. Bei teilweiser Abfuhr der Nebenprodukte kann der auf dem Feld verbleibende Anteil geschätzt werden.



11

Hofdünger



Auf vielen Betrieben deckt der Nährstoffanfall über die betriebseigenen Hofdünger (Gülle und Mist) einen wesentlichen Teil des Nährstoffbedarfs der Kulturen. Der richtige Einsatz der Hofdünger ist daher auf allen Betrieben mit Tierhaltung von entscheidender Bedeutung für eine pflanzen- und umweltgerechte sowie wirtschaftliche Düngung. Da bei unsachgemäßem Einsatz von Hofdüngern die Umwelt belastet wird (Kapitel 14.3), ist der sorgfältige Umgang mit diesen auch ökologisch von grosser Bedeutung. Erschwert wird der gezielte Einsatz der Hofdünger durch die meist grossen anfallenden Mengen, die relativ geringen und nicht genau bekannten Nährstoffgehalte sowie durch die Unsicherheit in der Vorhersage der Verfügbarkeit der verschiedenen in den Hofdüngern enthaltenen Stickstofffraktionen, insbesondere des organisch gebundenen Stickstoffes. Richtwerte bilden in der Regel die einzige Möglichkeit, Hofdünger quantitativ und qualitativ zu beurteilen, auch wenn einzelbetrieblich oft mehr oder weniger grosse Abweichungen der Hofdüngernährstoffgehalte von den entsprechenden Richtwerten festzustellen sind. In Kombination mit Angaben über mögliche Abweichungen der Nährstoffgehalte und generellen Anwendungsempfehlungen können Nährstoffgehalts-Richtwerte einen wesentlichen Beitrag zu einem agronomisch und ökologisch sinnvollen Umgang mit Hofdüngern leisten.

11.1 Anfall und Nährstoffgehalte

11.1.1 Nährstoffausscheidungen der Nutztiere

Die Nutztiere scheiden einen grossen Teil der durch das Futter aufgenommenen Stoffe in den Exkrementen wieder aus (**Tabelle 34**). Je nach Fütterung, Leistungsniveau, Tiergesundheit usw. kann der ausgeschiedene Anteil innerhalb eines Landwirtschaftsbetriebes in 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 Nährstoffgehalte der Hofdünger basieren auf Berechnungen mittels Fütterungsplänen bei verschiedenen Rationen. Ausnahmen bilden der direkt pflanzenverfügbare Stickstoff ($N_{\text{lös}}$ = Ammonium und Nitrat), welcher auf Hofdüngeranalysen basiert, sowie der mittelfristig verfügbare Stickstoff (N_{verf}), der anhand von Ergebnissen aus langjähriger Versuchstätigkeit ermittelt wurde. Die Nährstoffgehalte der Futtermittel wurden den Fütterungsnormen der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) entnommen, die Nährstoffgehalte in den tierischen Produkten sind in **Tabelle 61** enthalten.

Tabelle 34. Anteil des mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs (N), Phosphors (P) und Kaliums (K), welcher in den Exkrementen ausgeschieden wird

Tierart	N (%)	P (%)	K (%)
Milchkühe	65-80	65-80	85-95
Rindvieh-Masttiere	75-85	70-85	96-98
Zuchtschweine inkl. Ferkel	75-85	75-85	90-98
Mastschweine	70-80	75-85	90-97
Legehennen	65-80	80-90	85-95
Mastpoulets	50-65	45-60	75-85

Tabelle 35 zeigt die Nährstoffmengen, welche bei durchschnittlichen Produktionsbedingungen pro Tierplatz und Jahr ausgeschieden werden. Allfällige Abweichungen von den Richtwerten sind in **Tabelle 36** dokumentiert.

Reichen in besonderen Fällen die Angaben in **Tabelle 36** zur Berücksichtigung der betriebsspezifischen Produktionstechnik nicht aus, können die Ausscheidungen über eine Bilanzrechnung ermittelt werden. Dabei wird anhand des Futtermittels und des Futtergehaltes (inkl. Mineralsalz usw.) die aufgenommene Menge an Elementen bestimmt und davon dann die Retention in den tierischen Produkten (inkl. Zuwachs) abgezogen. Entsprechende Angaben über die Nährstoffgehalte in den tierischen Produkten finden sich im Anhang (**Tabelle 61**).

Tabelle 35. Richtwerte für Nährstoffausscheidungen im Kot und Harn verschiedener Tierarten

Die dazu gehörenden Bemerkungen sowie Angaben zu den Produktionsbedingungen sind in Tabelle 36 enthalten. Alle Angaben beziehen sich auf die tierischen Ausscheidungen (ohne Streumittel) bei durchschnittlicher Produktionsintensität und einer Fütterung gemäss den Empfehlungen der Agroscope-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		Nährstoffausscheidung in kg pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr ^{1, 2, 3}							Grundfutter- verzehr (dt TS/Jahr)
		N ⁴	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O ⁵	Mg	Ca	
Milchkuh	6500 kg Jahresleistung ⁶	115	18	41	153	184	12	45	58
Mutterkuh⁷		80	13	30	99,5	120	8	30	40
Aufzuchtrind⁸	unter 1-jährig	25	3	7,5	29	35	4	10	11
	1 bis 2-jährig	40	6	13	50	60	5	15	22
	über 2-jährig	55	9	20	62	75	7	23	33
Mastkalb⁹	pro Platz	13	2	4,5	6	7	0,3	1,5	1
	pro gemästetes Tier	5	0,7	1,5	2	2,7	0,1	0,6	0,4
Mutterkuhkalb¹⁰	pro Tier und Platz	34	3,5	8	28	34	2	8	11
Rindviehmast	pro Platz	33	5	11	27	33	4	9	14
(65-520 kg)¹¹	pro gemästetes Tier	41	6	14	34	41	5	11	17,5
Rindviehweidemast	pro Platz	40	5	12	45,5	55	4	13	16
(65-530 kg)¹²	pro gemästetes Tier	65	8	18	66,5	80	6	20	25
Zuchtstier		50	8	18	70,5	85	5	20	30
Stute mit Fohlen¹³		52	13,5	31	73	88	7	23	29
Anderes Pferd über 3-jährig¹⁴		44	10	23	62	75	5	19	29
Fohlen 0,5- bis 3-jährig		42	8	19	56,5	68	4	14	26
Ziegenplatz¹⁵		16	2	5	18	22	1,5	6	6,8
Schafplatz¹⁵		12	2	4,5	16,5	20	2	7	8
Milchschaafplatz¹⁵		21	4	9	26,5	32	3	9	11
Damhirsch¹⁶	pro Einheit	20	3	7	24	29	2,4	8	10
Rothirsch¹⁶	pro Einheit	40	6	14	48	58	4,8	16	20
Bison über 3-jährig		60	13	30	91	110	6	30	39
Bison unter 3-jährig		20	4	10	37	45	2,5	11	18
Lama über 2-jährig		17	3	6,5	23	28	1,7	6	8,5
Lama bis 2-jährig		11	2	4	12,5	15	1	3	4,9
Alpaka über 2-jährig		11	2	4	15	18	1	4	5,5
Alpaka bis 2-jährig		7	1	2,5	7,5	9	0,5	2	3,0
Mastschwein /	pro Platz	13	2,5	6	6	7	1	2	0
Remonte¹⁷	pro produziertem Tier	4	1	2	2	2,3	0,3	0,7	0
Zuchtschweineplatz¹⁸		35	8	19	16	19	3	12	0
Eber		18	4	10	8	10	1,5	6	0
Säugende Zuchtsau¹⁸	pro Platz	42	10	23	15	18	4	15	0
	pro Sau und Umtrieb	5,1	1	2,8	2	2,2	0,5	1,8	0
Galtsau¹⁸	pro Platz	20	5	11	11	13	2	8	0
	pro Sau und Umtrieb	6,5	1,5	3,5	3,5	4,2	0,6	2,6	0
Abgesetztes Ferkel¹⁸	pro Platz	4,6	1	2,6	2	2,5	0,4	2	0
	pro aufgezogenes Ferkel	0,4	0,1	0,2	0,15	0,2	0,04	0,2	0
Legehennen¹⁹	pro 100 Plätze	80	20	45	25	30	6,5	100	0
Junghennen²⁰	pro 100 Plätze	34	9	21	10	12	2,5	11	0
	pro 100 aufgezogene Tiere	15	4	9	4	5	1,1	5	0
Mastpoulets²¹	pro 100 Plätze	45	7	16	18	22	4,5	3	0
Masttruten²²	pro 100 Plätze	140	30,5	70	33	40	18	35	0
	pro 100 gemästete Tiere	48	11	25	11	13	6,5	12	0
Strauss älter als 13 Monate		24	4	10	12,5	15	1,3	15	11
Strauss bis 13 Monate		11	2,5	6	6,5	8	0,8	8	2
Mutterkaninchenplatz²³		9	2,5	6	4	5	1	4	0

1-23 Vgl. Tabelle 36.

Tabelle 36. Fussnoten zu Tabelle 35 mit allgemeinen Bemerkungen sowie Angaben zu den Produktionsbedingungen, die für die Berechnungen angenommen wurden

Fussnote in Tabelle 35	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 (Tabelle 60).
2	Korrektur der Tierzahl (Alpung usw.)	Bei Alpung oder saisonaler Belegung muss der Nährstoffanfall entsprechend der Futtertage angepasst werden.
3	Rationen-zusammen-setzung	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 × 0,1) + (Maisanteil an Grundfütterration Sommerfütterung × 0,4). Beispiel mit 30 % Maisanteil im Winter und 20 % im Sommer: Korrekturfaktor = (30 × 0,1) + (20 × 0,4) = 3 + 8 = 11; die K ₂ O-Ausscheidungen sind also 11 % geringer als in Tabelle 35 angegeben. – Korrekturfaktor N-Ausscheidungen (%) = Maisanteil an Grundfütterration Sommerfütterung × 0,4 (keine Korrektur notwendig für Winterfütterung). Für andere Rationen bzw. Tierarten sind keine Korrekturen notwendig, ausser wenn besondere Fütterungsstrategien (z. B. nährstoffreduziertes Futter) verfolgt werden.
4	Verfügbarkeit des Stickstoffs für die Pflanzen (N _{verf})	Als Folge von N-Verlusten im Stall, bei der Lagerung und Ausbringung sowie einer unvollständigen Verfügbarkeit (N _{verf} , Tabelle 63) des organisch gebundenen 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	Kaliumanfall bei Raufutter verzehrenden Tieren	Auf Betrieben mit einem mittleren Kaliumgehalt des Dürrfutters von 20-25 g K pro kg TS ist der Kaliumanfall von Tieren, welche vorwiegend Wiesenfutter verzehren, rund 15 % tiefer. Bei einem mittleren Gehalt unter 20 g K pro kg TS im Dürrfutter ist der Kaliumanfall 30 % geringer.
6	1 Milchkuh	Mittleres Lebendgewicht ausgewachsen: 650 kg. Mittlere Jahresmilchleistung: 6500 kg. Je 1000 kg geringere Leistung ist mit 10 % geringeren, je 1000 kg Mehrleistung mit 2 % 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 kg 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 kg K ₂ O, 7 kg Mg und 28 kg Ca und der Grundfutterverzehr 35 dt pro Jahr.
8	Aufzuchtrind	Gilt für eine Milchkuh gem. Fussnote 6. Die Angaben gelten für ein Erstkalbealter von ca. 30 Monaten. Für ein Abkalbealter um 24 Monate beträgt der Anfall im 1. Jahr 30 kg N, 10 kg P ₂ O ₅ , 44 kg K ₂ O, 4 kg Mg, 12 kg Ca und der Grundfutterverzehr 17 dt bzw. im 2. Jahr 45 kg N, 15 kg P ₂ O ₅ , 65 kg K ₂ O, 6 kg Mg, 18 kg Ca und der Grundfutterverzehr 30 dt. Kälber, welche im Alter von 3-6 Wochen verkauft werden, bleiben unberücksichtigt.
9	Mastkalb	Mast von 50 bis ca. 200 kg mit einem mittleren Tageszuwachs von 1250-1300 g; 2,6 Umtriebe pro Mastkälberplatz und Jahr.
10	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 kg K ₂ O, 3 kg Mg und 11 kg Ca und der Grundfutterverzehr 16 dt.
11	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 kg 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.
12	Rindvieh-Weidemast	Weidemast mit ein oder zwei Weideperioden (ca. 17 bzw. 22 Monate), Geburt bis Endgewicht ca. 530 kg.
13	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.

Tabelle 36 (Fortsetzung). Fussnoten zu Tabelle 35 mit allgemeinen Bemerkungen sowie Angaben zu den Produktionsbedingungen, die für die Berechnungen angenommen wurden

Fussnote in Tabelle 35	Kriterium/Stichwort	Umschreibung der Produktion
14	Anderes Pferd über 3-jährig	Ausgewachsenes Pferd mit einem mittleren Gewicht von 550 kg. Bei leichteren Tieren oder Ponys, Eseln, Jungtieren usw. kann der Anfall dem Gewicht entsprechend umgerechnet werden. Die Angaben gelten für geringe Arbeitsbelastung (1 Stunde pro Tag: Arbeit, Reiten). Bei stärkerer Arbeitsbeanspruchung steigen die N- und P_2O_5 -Ausscheidungen um 7 % pro Stunde, diejenigen an anderen Nährstoffen um 4 %.
15	Ziegenplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.
15	Schafplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, 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_2O_5 , 25 kg K_2O , 2 kg Mg und 7 kg Ca und der Grundfutterverzehr 7,2 dt pro Jahr.
15	Milchschaafplatz	Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.
16	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 (TVD).
17	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_2O_5 reduziert werden.
18	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 145 g/kg für Galtsauern, 165 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_2O_5 pro Zuchtschweinplatz reduziert werden.
19	Legehennen	Umtriebsdauer ca. ein Jahr. Sie hat keinen Einfluss auf die Ausscheidungen. Der Phosphatanfall basiert auf einem Gehalt von 5,7 g P pro kg Futter. Abweichungen um 1 g P/kg führen zu einem Mehr- bzw. Minderanfall von rund 20 %.
20	Junghennen	Küken erreichen in 18 Wochen ein Gewicht von 1,3-1,6 kg. 2-2,5 Umtriebe pro Jahr.
21	Mastpoulets	Diese Ausscheidungen gelten pro 100 Normalmastplätze (Endgewicht der Tiere gut 2 kg) bei normaler Stallbelegung (max. 30 kg/m ²) und Fütterung und ohne Teilausstallungen. Für intensive Rassen entspricht dies einer Mastdauer von ca. 40 Tagen, für extensive Rassen von ca. 60 Tagen. Für die Nährstoffbilanz können die Ausscheidungen mit dem entsprechenden Hilfsmittel (Suisse-Bilanz Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz) des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) unter Berücksichtigung der effektiven Ein- und Ausstallungen berechnet werden. Im Gegensatz zu anderen Tierarten werden die Nährstoffausscheidungswerte von Mastpoulets nur auf Basis von Plätzen und nicht gemästeten Tieren angegeben, weil Endgewicht der Tiere und Umtriebsdauer sehr variabel sind.
22	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_2O_5 und 12 kg K_2O 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_2O_5 und 70 kg K_2O .
23	Mutterkaninchenplatz	Die Werte gelten für die krautfutterbetonte Mast. Einzelne Tiere für die Selbstversorgung, welche oft raufutterbetont gefüttert werden, müssen in Nährstoffhaushaltsberechnungen 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.

Die Fütterung beeinflusst die Menge an tierischen Exkrementen und somit die anfallende Gülle- und Mistmenge. Die Richtwerte über den Gülle- und Mistanfall bei verschiedenen Tierarten und Aufstallungssystemen (**Tabelle 37**) dienen in erster Linie der Bemessung des benötigten Hofdüngerlagerraumes sowie der groben Planung der Düngung. Die Angaben beziehen sich auf unverdünnte Gülle. Auf den meisten Betrieben gelangen neben der Gülle auch bedeutende Mengen an Wasser in die Güllegrube (Stallreinigung, Abwasser aus der Milchkammer, Regenwasser von unüberdachten Plätzen, Haushalt-abwasser 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 38 enthalten. Üblich ist eine Verdünnung (Teile Gülle: Teile Wasser) von ca. 1:1. Zur Verhinderung grösserer Stickstoffverluste beim Ausbringen (Ammoniakverflüchtigung, vergleiche **Tabelle 46**) ist insbesondere während des Sommers eine stärkere Verdünnung anzustreben.

Tabelle 37. Richtwerte für den jährlichen Anfall von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems

Tierart / Nutzungsrichtung	Hofdüngeranfall und Stroheinsatz pro Jahr bei Stallhaltung ¹ in Abhängigkeit des Aufstallungssystems ²					
	nur Gülle ³ (m ³)	Gülle/Mist ^{3, 4}			nur Mist ⁴	
		Stroheinsatz (dt/Jahr)	Gülle kotarm (m ³)	Mist (t)	Stroheinsatz (dt/Jahr)	Mist (t)
1 Milchkuh mit 6500 kg Jahresleistung ⁵	23	6,8	11,5	8,9	30	21
1 Mutterkuh	15,5	5	8	6	25	14
1 Aufzuchtrind unter 1-jährig	5,5	1,5	2,7	2	8	5
1 Aufzuchtrind 1- bis 2-jährig	8	2,5	4	3	12	7
1 Aufzuchtrind über 2-jährig	11	3,5	5,5	4	16	10
1 Mastkälberplatz					3,5	2,2
1 Mutterkuhkalb		3,5	1,8	1,4	3,5	3
1 Rindviehmastplatz (125-500 kg)	7,5	je nach Stall ⁶			15	6,8
1 Rindviehweidemastplatz	8	je nach Stall ⁶			15	7
1 Pferd (Frischmist)					29	12 ⁷
1 Stute mit Fohlen (Frischmist)					36	14 ⁷
1 Fohlen 0,5-2,5 Jahre (Frischmist)					15	10 ⁷
1 Ziegenplatz					3,7	1,6
1 Schafplatz					3,7	1,7
1 Milchschaafplatz					3,7	2,3
1 Mastschweineplatz ⁸	1,6	je nach Stall ⁶			2,6	1,2
1 Zuchtschweineplatz	6	je nach Stall ⁶			8	3,4
1 Abferkelsauenplatz ⁸	7,2	je nach Stall ⁶			10	4
1 Galtssauenplatz	3,6	je nach Stall ⁶			6	2
1 Ferkelplatz	0,8	je nach Stall ⁶			1	0,5
	Kotband		Kotgrube/ Bodenhaltung			
100 Legehennenplätze	2,7		1,5			
100 Junghennenplätze			0,8			
100 Mastpouletplätze			0,8			
100 Masttrutenplätze			3,0			

1 Bei zeitweiser Stallabwesenheit (Weidegang, Alpung) 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 plus Mist produziert werden, hängt vom Aufstallungssystem ab. Für Anbinde- und Laufställe kann mit den gleichen Mengen gerechnet werden. In der aufgeführten Mistmenge sind Lagerungsverluste berücksichtigt. Diese können je nach Mistart, Art der Lagerung, klimatischen Bedingungen usw. variieren. Daher kann auch die Mistmenge vom aufgeführten Wert abweichen. Für Stapelmist und Laufstallmist (Tabelle 63) 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 Futterreste oder andere organische Abfälle enthält, und nicht für abgeschorrtten Kot ohne Einstreue (Alpställe). Für betriebsspezifische Angaben empfiehlt es sich, das Gewicht eines normal geladenen Mistzettlers 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 38 bestimmt werden. Die Gülleart ist neben der Tierart hauptsächlich vom darin enthaltenen Kotanteil abhängig. Eine Vollgülle enthält den gesamten Kot- und Harnanfall; kotarme Gülle enthält einen Teil des Kotes und praktisch allen Harn. Üblich ist eine Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser) von ca. 1:1. Durch eine stärkere Verdünnung können vor allem im Sommer die Stickstoffverluste durch NH_3 -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 6500 kg. Je 1000 kg geringere Leistung ist mit 10 % geringeren, je 1000 kg Mehrleistung mit 2 % 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 können die Verdünnung und dadurch die Güllemenge aber grösser sein.

Tabelle 38. Richtwerte zur Ermittlung der in die Güllegrube geleiteten Abwassermengen

Art des Abwassers	Bezugsbasis	m ³ /Monat		m ³ /Jahr
		Sommer	Winter	
Stallreinigung und Tierpflege (Rindvieh) ¹	GVE	1	0,2	7
Betreiben einer Schwemmentmistung ²	GVE	0,5	0,5	6
Wasser für Stallreinigung und Tierpflege ³	MSP	Pro Umtrieb 0,15		0,5
Wasser zur Reinigung von Legehennenställen ³	100 LHP			0,5
Wasser zur Reinigung von Mastgeflügelställen ³	100 MPP			0,8
Gülle des Mistplatzes, Ablauf befestigter und nicht überdachter Laufplätze ⁴	m ²	0,05	0,1	1
Milchkannenrieselkühler ⁴	1000 l gekühlte Milch	4	–	4
Reinigung von: Milchkammer ⁵ Kühltank ⁵ Melkanlage ⁵ Melkstand ⁵	ME ⁶ Volumen ME ME	0,5 + 0,05 × ME 0,0015 × Volumen 3 + 0,5 × ME 0,5 × ME		6 + 0,6 × ME 0,018 × Volumen 36 + 6 × ME 6 × ME
Haushaltabwasser Normale Verhältnisse mit Waschmaschine, Dusche/Bad und WC Einfache sanitäre Einrichtungen Sonderfälle mit dauernd deutlich geringerem Abwasseranfall ⁷	Bewohner Bewohner Bewohner	4,5 3 1,7	4 3 1,7	50 36 20

- 1 Der Wasserverbrauch pro Grossvieheinheit (GVE) kann stark variieren. Genauere Angaben für den Einzelbetrieb lassen sich mit Wasseruhren bestimmen. Die angegebene Wasserzufuhr reicht im Allgemeinen für das Betreiben einer Treibentmistung mit Stauanase.
- 2 Diese Wassermenge wird meistens zusätzlich zur Menge für die normale Stallreinigung eingesetzt. Sie wird für ein einwandfreies Funktionieren des Systems benötigt und kann daher auch im Winter kaum reduziert werden.
- 3 Wird für die Reinigung kein Hochdruckreiniger eingesetzt, ist die Menge bedeutend höher. In der Regel fällt nur am Ende des Umtriebes Reinigungswasser an. Bei Legehennen ist mit einem Wasseranfall von 0,5 m³ pro 1000 Tiere und Reinigung am Ende des Umtriebs zu rechnen.
- 4 Diese Menge muss nur berücksichtigt werden, wenn das Wasser in die Güllegrube fliesst.
- 5 Diese von ausländischen Quellen abgeleiteten Formeln für die grössenabhängige Berechnung des Wasserbedarfs sind noch nicht durch schweizerische Untersuchungen belegt. Die Berechnungsformeln sind somit als provisorisch zu betrachten.
- 6 Anzahl Melkeinheiten (z. B. Anzahl Plätze im Melkstand)
- 7 Dieser Wert gilt nur für sehr alte Gebäude mit fehlenden sanitären Einrichtungen und für Gebiete mit grossem Wassermangel.

Die Richtwerte zu den durchschnittlichen Nährstoffgehalten verschiedener Arten von Gülle und Mist sind in **Tabelle 39** ersichtlich. Die Fütterung beeinflusst den Nährstoffgehalt der Hofdünger. Die Richtwerte sind jedoch so festgelegt, dass Korrekturen nur bei besonderen Bedingungen (**Tabelle 36**) nötig sind. Dies kann beispielsweise im Bio-Landbau der Fall sein, wenn der Kali-Gehalt im Raufutter generell vom Standardwert abweicht. Die Aufbereitung der Hofdünger (Kapitel 11.2.) kann deren Nährstoffgehalte wesentlich verändern.

Tabelle 39. Richtwerte der Gehalte an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) und Nährstoffen von Hofdüngern verschiedener Nutztierarten bei Stallhaltung

Tierart / Hofdüngerart	Gehalte (kg/m³ unverdünnte Gülle bzw. kg/t Mist)										
	TS	OS	N _{tot} ³	N _{lös} ⁴	N _{verf} ⁵	P	P ₂ O ₅ ⁶	K	K ₂ O ⁷	Mg ⁶	Ca ⁶
Milchvieh/Aufzucht											
Vollgülle ¹	90	70	4,3	2,3	2,2-3,0	0,8	1,8	6,6	8,0	0,5	2,0
Gülle kotarm ¹	75	40	4,9	3,2	3,2-4,2	0,5	1,2	9,6	11,6	0,5	1,3
Stapelmist ²	190	150	4,9	0,8	1,0-2,0	1,4	3,2	5,5	6,6	0,8	3,7
Laufstallmist ²	210	175	5,3	1,3	1,3-2,5	1,0	2,2	9,0	10,8	0,7	2,7
Rindviehmast											
Vollgülle ¹	90	65	4,3	2,3	2,2-3,0	0,7	1,7	4,3	5,2	0,7	1,3
Laufstallmist ²	210	155	5,4	1,3	1,3-2,5	1,0	2,3	7,4	8,9	0,9	2,3
Kälber											
Kälbermist ²	200	150	5,3	2,0	1,3-2,5	1,0	2,3	4,6	5,5	0,3	1,0
Pferde											
Pferdemist frisch ²	350	300	4,4	1,2	0,3-0,8	1,1	2,5	8,1	9,8	0,6	2,5
Pferdemist ²	350	240	6,8	0,7	0,7-1,8	2,2	5,0	16,2	19,5	1,3	5,0
Schafe/Ziegen											
Schaf-/Ziegenmist ²	270	200	8,0	2,3	3,2-4,8	1,4	3,3	13,3	16,0	1,2	4,7
Schweine											
Schweingülle Mast ^{1, 8}	50	36	6,0	4,2	3,0-4,2	1,7	3,8	3,7	4,4	0,6	1,3
Schweinegülle Zucht ^{1, 9}	50	33	4,7	3,3	2,4-3,3	1,4	3,2	2,7	3,2	0,5	2,0
Schweinemist ²	270	40	7,8	2,3	3,1-4,7	3,1	7,0	6,9	8,3	1,2	4,7
Geflügel											
Hennenkot (Kotband) ²	350	250	21	6,3	8,4-12,6	7,4	17	9,1	11	2,4	37
Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung) ²	500	330	27	7	11-16	13	30	16,6	20	4,3	65
Junghennenmist	500	430	30	9	12-18	11	26	12,5	15	3,1	14
Pouletmist ^{2, 10}	650	440	34	10	14-21	8,7	20	23,2	28	5,6	3,8
Trutenmist ²	600	400	28	7,5	12-18	10	23	10,8	13	6,0	12

1 Die Güllegehalte beziehen sich alle auf unverdünnte Gülle. Die durch die Zufuhr von Abwasser entstehende Verdünnung muss anhand von Tabelle 38 bestimmt werden. Beispiel bei Verdünnung 1:1,5 (Teile Gülle : Teile Wasser): Gehalt unverdünnt : (1+1,5).

Üblich ist eine Verdünnung von ca. 1:1. 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 (vgl. Tabelle 63).

3 Gesamtstickstoff. Im Vergleich zu den N-Ausscheidungen in Tabelle 35 wurden die kaum vermeidbaren Verluste im Stall und während der Hofdüngerlagerung (vor allem Ammoniakverflüchtigung) abgezogen. Sie betragen für Raufutter verzehrende 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 Kotbandentmistung 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 63.

- 6 5-10 % mehr, wenn die Mineralstoffbeifütterung (Rindvieh) höher ist als der Bedarf der Tiere bzw. wenn der Gehalt der Futtermittel (v.a. für Schweine, Geflügel) höher ist als von den Forschungsanstalten empfohlen.
- 7 Für Raufutter verzehrende Tiere: Gilt für Betriebe mit einem K-Gehalt im Dürrfutter von 25-30 g K/kg TS. Auf Betrieben mit einem mittleren Kaliumgehalt des Dürrfutters von 20-25 g K/kg TS ist der Kaliumgehalt der Hofdünger von Tieren, welche vorwiegend Wiesenfutter verzehren, rund 15 % tiefer. Bei einem mittleren Gehalt unter 20 g K/kg TS im Dürrfutter ist der Kaliumgehalt der Hofdünger 30 % geringer. Bei Mastschweinen ist bei hohem Rationenanteil von Schotte, Rüben oder Kartoffeln der Gehalt bis 30 % höher.
- 8 Der Phosphorgehalt 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/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 Phosphorgehalt basiert auf einem Gehalt von 5,7 g P/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.

11.2 Aufbereitung der Hofdünger

Güllebelüftung weist weder agronomisch noch ökologisch entscheidende Vorteile auf. Bezüglich der Geruchsemissionen zeigt das Verfahren dagegen Vorteile gegenüber der anaeroben Lagerung der Gülle. Dem stehen die Kosten für die Installation und den Betrieb des Systems gegenüber. Bei unsachgemässer Belüftung (zu häufig und/oder zu intensiv) sind hohe Stickstoffverluste (NH_3 -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.

Separierung: Dieses mechanische Verfahren trennt die Gülle in Feststoffe (P-haltiger, langsam wirkender Dünger) und in eine Flüssigphase, die Dünngülle (enthält v.a. gelöste Nährstoffe; schnell wirkender Dünger). Durch das Abtrennen grober Festpartikel aus der Gülle werden die Eigenschaften der Dünngülle verbessert. Die Dünngülle besitzt gegenüber nicht separierter Gülle folgende Vorteile: Volumenreduktion, keine Schwimm- und Deckschichtbildung (i. d. R. kein Rühren vor dem Ausbringen nötig), keine Verstopfung der Ausbringaggregate, schnelles Abfliessen auf der Pflanzenoberfläche, besseres Infiltrationsvermögen in den Boden, geringere Emissionen, Verbesserung der N-Ausnutzungseffizienz. Der Nachteil besteht darin, dass zwei gedeckte Lagerbehälter nötig sind; einer für die Flüssigphase und einer für die Feststoffe. Die Dünngülle kann im Acker- und Futterbau eingesetzt werden (für Gemüsebau nicht empfohlen). Die Feststoffe können im Ackerbau als Dünger ausgebracht werden, Kompost zugemischt oder kompostiert (bei TS > 25%) werden.

Anaerobe Vergärung: Die energetische Nutzung von Gülle in Biogasanlagen führt zu einem Abbau der organischen Substanz des Ausgangsmaterials und zu einer Reduktion des Trockensubstanz-Gehaltes sowie zu einer Erhöhung des pH-Wertes. Während des anaeroben Prozesses nehmen der Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff ab und der Anteil an Ammoniumstickstoff entsprechend zu. Durch die Reduktion der Trockensubstanz erhöht sich die Fließfähigkeit der Gülle. Diese kann dadurch rascher in den Boden einsickern, wodurch das Risiko gasförmiger N-Verluste verringert wird. Der Anstieg des pH-Wertes und des Ammoniumanteils erhöht auf der anderen Seite das Risiko von gasförmigen N-Verlusten bei unsachgemässer Lagerung und Ausbringung. Durch die Zunahme des Ammoniumanteils wird die Pflanzenverfügbarkeit des Güllestickstoffes besser kalkulierbar.

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 Tabelle 39). Auch beim Ausbringen von Gülle und Mist kann sich Stickstoff in Form von Ammoniak verflüchtigen. Zudem ist ein Teil des Stickstoffs in Gülle und Mist organisch gebunden und für die Pflanzen nicht unmittelbar verfügbar. Dieser Stickstoff wird Bestandteil der organischen Substanz des Bodens und wird erst durch zum Teil Jahre dauernde Abbauprozesse mineralisiert und für die Pflanzen verfügbar. Der Zeitpunkt und die Intensität der Mineralisierung sind äusserst schwierig abzuschätzen. Der verfügbare Stickstoff (N_{verf}) in den Hofdüngern entspricht der zu erwartenden Stickstoffmenge, welche bei sorgfältiger Hofdüngerewirtschaft von den Pflanzen im Verlaufe 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 nach der Hofdüngerausbringung) aus der organischen Substanz mineralisierbarem Anteil. **Tabelle 40** zeigt die durchschnittliche Wirkung verschiedener Hofdünger im Anwendungsjahr sowie deren mittelfristige Wirkung.

Für Parzellen, welche regelmässig Hofdünger erhalten, können die Angaben über den verfügbaren Stickstoff aus **Tabelle 40** 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. Dieser lässt sich mit Schnelltestmethoden auf dem Betrieb mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Die Differenz zwischen dem Gesamtstickstoff (N_{tot}) und dem verfügbaren Stickstoff in den Hofdüngern wird im Boden in Form organischer Substanz (Humus) über längere Zeiträume gespeichert. Hofdünger- bzw. Recyclingdünger-Stickstoff kann das System Dünger-Boden über einen der verschiedenen Verlustpfade verlassen.

Tabelle 40. Anteil des mittelfristig und im Anwendungsjahr verfügbaren Stickstoffs in verschiedenen Hofdüngern

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

1 Diese Verfügbarkeit kann bei optimaler Verwertung der Dünger unter durchschnittlichen schweizerischen Boden- und Klimaverhältnissen erreicht werden. Sie umfasst sowohl die kurzfristige Wirkung wie die Nachwirkung in den folgenden Jahren (vgl. auch Definition N_{verf} in Tabelle 63). Auf Parzellen, welche regelmässig Hofdünger erhalten, kann diese Verfügbarkeit in Düngungsberechnungen verwendet werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkung früherer Hofdüngergaben berücksichtigt wird. Bei einmaligen Mistgaben kann die 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 Bereichs zu rechnen. Werden die Hofdünger 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 ungenutzte verfügbare Stickstoff kann dabei zu einem guten Teil durch Auswaschung, Abschwemmung oder Verflüchtigung verloren gehen. Solche Verluste belasten die Umwelt und sind daher so gering wie möglich zu halten.

2 Bei optimalem, verlustarmem Einsatz der Dünger. Der restliche Stickstoff wird in den Folgejahren mineralisiert. Die Mineralisierung ist stark von den 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 (vgl. auch Definition N_{verf} in Tabelle 63).

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. Entsprechend gering ist auch die Verfügbarkeit im 1. Jahr nach der Anwendung.

4 Im Naturfutterbau nicht empfohlen.

11.4.1 Anwendungszeitpunkt von Gülle und Mist

Gülle und Mist fallen laufend an. Deren Ausbringungszeitpunkt wird jedoch durch die Kulturart, deren Nährstoffbedarf, dem Entwicklungsstadium der Pflanzen sowie durch Standort- und Witterungsbedingungen (Befahrbarkeit des Bodens, Risiko von Nährstoffverlusten) eingeschränkt. Voraussetzung für einen zeitlich optimalen Einsatz der Hofdünger ist unter anderem eine genügend grosse Lagerkapazität (**Tabelle 41**), damit Hofdünger nicht zu ungeeigneten Zeitpunkten bzw. ausserhalb der Vegetationsperiode ausgebracht werden müssen. **Abbildung 6** zeigt, während welchen Perioden bei verschiedenen Kulturen in der Regel ein Hofdüngereinsatz sinnvoll und möglich ist.

Tabelle 41. Richtwerte für die Lagerungsdauer von Gülle zum Berechnen der Güllegrubengrösse

Stufen der Vegetationsdauer (gemäss Klimaeignungskarte)	Häufigstes Vorkommen im Viehwirtschaftskataster	Lagerungsdauer in Monaten ¹
A (> 210 Tage)	Talzone	3,0-5,0
B (190-210 Tage)	Talzone	3,5-5,0
C (180-190 Tage)	Hügelzone	4,0-5,0
D (170-180 Tage)	Bergzone I	4,5-5,5
E (150-170 Tage)	Bergzone II bis IV	5,0-6,0
F (< 150 Tage)	Bergzone II bis IV	6,0-7,0

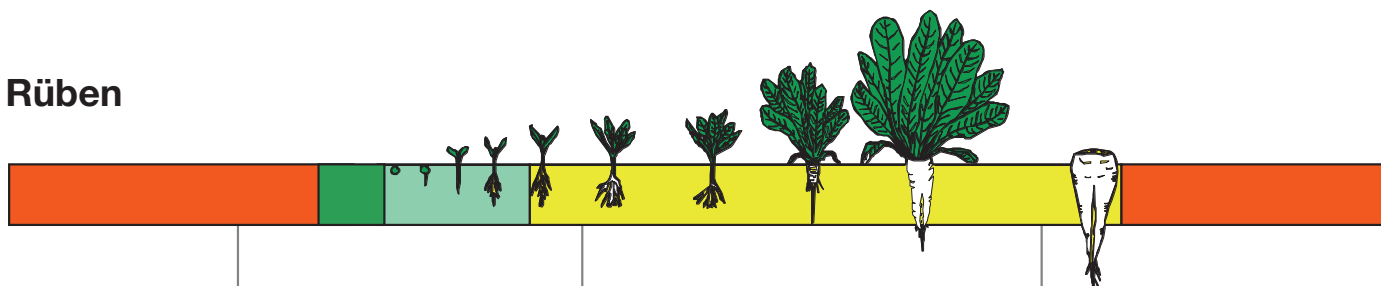
¹ Bei den Angaben handelt es sich um die minimale Lagerdauer für Gülle auf Betrieben mit einem Anteil begüellbarer Wiesen von mindestens 25 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Für Betriebe mit einseitigen Fruchtfolgen (Mais, Getreide) ist die minimale Lagerungsdauer länger, als dies von der Vegetationsdauer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

11.4.2 Kriterien zur Bemessung der Hofdüngergaben

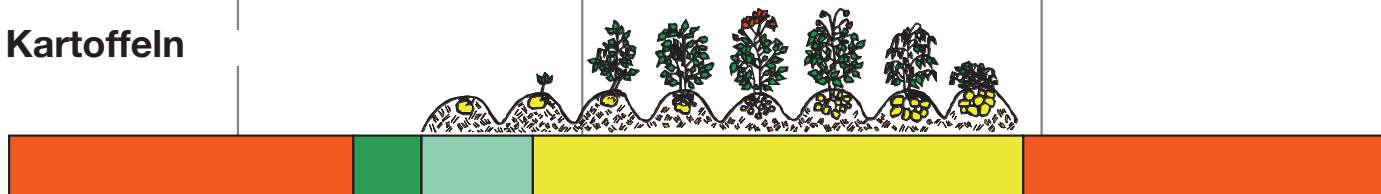
Die Bemessung der einzelnen Hofdüngergaben richtet sich in erster Linie nach dem Stickstoff- und Phosphorbedarf der Kulturen und dem Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff und Phosphor der Hofdünger. In der Regel sind einzelne Güllegaben von 20-30 m³/ha im Futterbau und von 30-50 m³/ha im Ackerbau sinnvoll. 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 Ausbringtechnik (**Tabelle 53**) kann das Risiko von Nährstoffverlusten beträchtlich zunehmen. Bezüglich der maximalen Ausbringmengen von Einzelgaben sind die Einschränkungen in **Tabelle 44** und **Tabelle 45** zu beachten. Die ausgebrachten Kalium-, Magnesium- und eventuell auch Phosphormengen sind nachzurechnen und bei der nächsten Grunddüngung zu berücksichtigen. Grundsätzlich wird für Phosphor, Kalium und Magnesium eine volle Wirkung im Anwendungsjahr angenommen. Bei Gülle sollte die ausgebrachte Menge bei keinem Nährstoff den nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung korrigierten Pflanzenbedarf wesentlich übersteigen.

Abbildung 6. ►
**Schematische Darstellung der pflanzenbaulichen
und ökologischen Beurteilung verschiedener
Zeitspannen der Gülleanwendung
auf saugfähigem Boden. Die zeitlichen Angaben
sind den Standortbedingungen anzupassen**

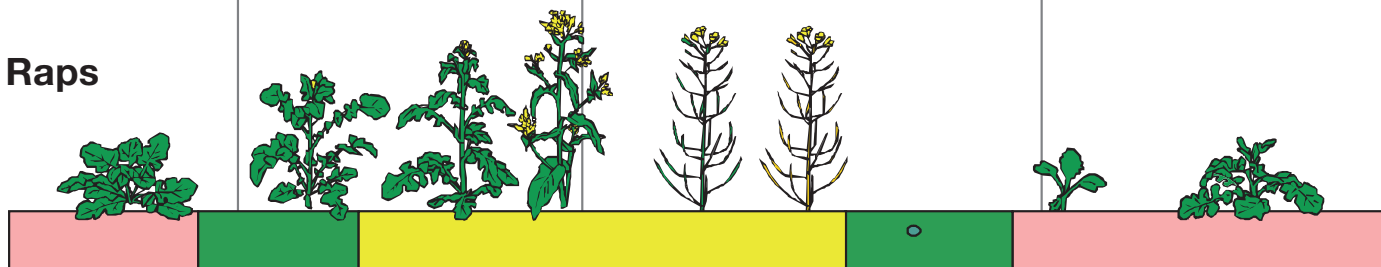
Rüben



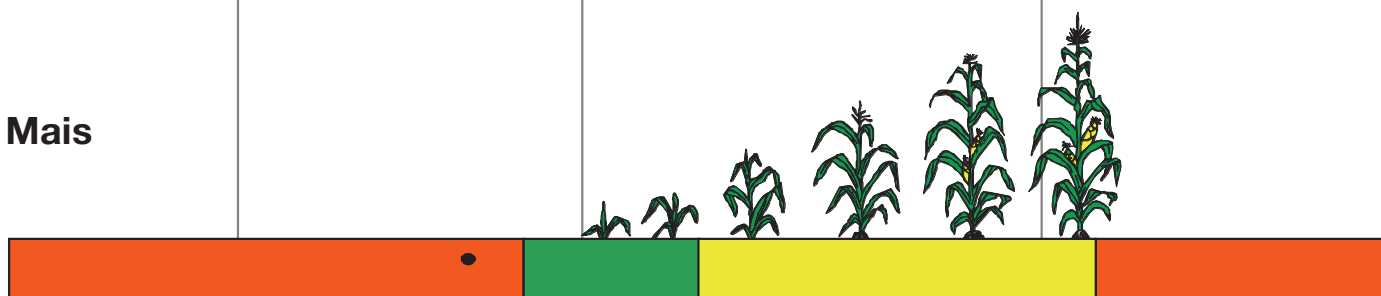
Kartoffeln



Raps



Mais

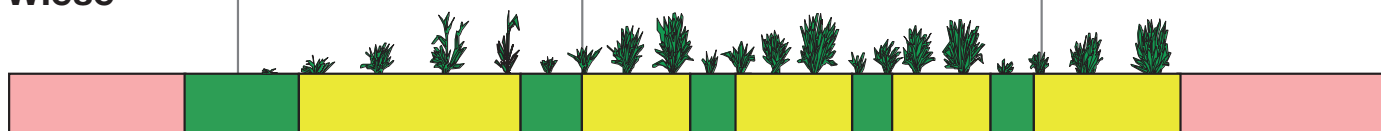


Getreide



Nachkultur

Wiese



Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
--------	---------	------	-------	-----	------	------	--------	-----------	---------	----------	----------

Einsatz von Gülle- und flüssigem Gärgut empfehlenswert

- Optimaler Termin
- Optimaler Termin (ev. techn. schwierig)

Einsatz von Gülle- und flüssigem Gärgut nicht empfehlenswert

- Stark umweltgefährdend (N-Auswaschung)
- Schwach umweltgefährdend
- Anwendung anbautechnisch nicht möglich



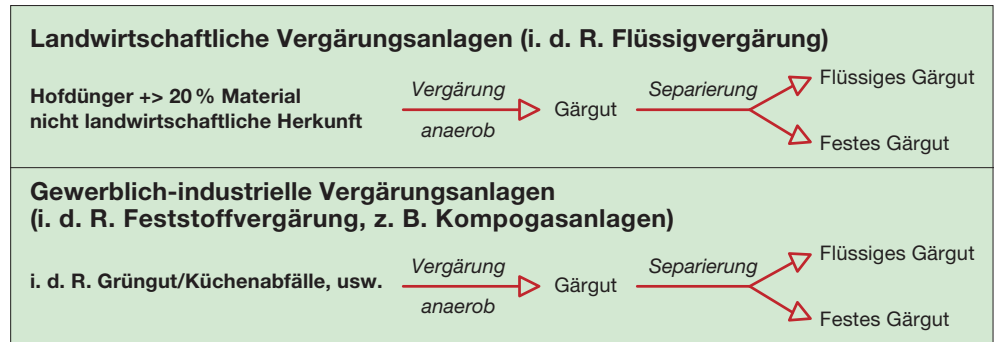
Abbildung 7. Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen mit mehr als 20% Anteil Material nicht landwirtschaftlicher Herkunft bzw. gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen

12.1 / 12.2

12. Recyclingdünger

Zu den Recyclingdüngern zählen u. a. Gärgut und Kompost. Beim Kompost wird pflanzliches oder tierisches Material unter Luftzutritt (aerob) verrottet, beim Gärgut unter Luftausschluss (anaerob) vergoren.

Gärgut wird in flüssiges und festes Gärgut unterteilt und stammt in der Regel aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen sowie aus Abfallverwertungsanlagen (**Abbildung 7**). Entsprechend Dünger-Verordnung (DüV, Art. 5b) gilt Gärgut als flüssig, wenn der Gehalt an Trockensubstanz weniger als 12% beträgt. Flüssiges Gärgut aus der Feststoffvergärung kann jedoch höhere TS-Gehalte aufweisen (**Tabelle 42**). Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen zählt nur dann zu den Recyclingdüngern, wenn Hofdünger mit mehr als 20% Material nicht landwirtschaftlicher Herkunft vergoren wird.



12.1 Nährstoffgehalte der Recyclingdünger

Ausgehend vom Ausgangsmaterial können die Nährstoffgehalte in Gärgut und Kompost beachtlich schwanken (**Tabelle 42**). Deshalb sollte für die Düngungsbemessung wenn immer möglich anstelle der in der **Tabelle 42** aufgeführten Richtwerte die Nährstoffangaben auf dem Lieferschein verwendet werden. Die Höhe der Düngergabe ist unter Berücksichtigung des Nährstoffbedarfes der Pflanzen, der Wirksamkeit der anzuwendenden Dünger, der Nachwirkung vorangegangener Düngemassnahmen sowie der Nährstoffversorgung des Bodens zu bemessen. Durch die routinemässige Kontrolle von Recyclingdüngern wird zudem gewährleistet, dass nur schadstoffarme Recyclingdünger in der Landwirtschaft verwertet werden.

12.2 Hinweis für den Einsatz von Gärgut

Flüssiges Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen: Anaerob vergorenes Gärgut weist gegenüber unvergorener Gülle veränderte Eigenschaften auf, die bei der Düngung unbedingt zu berücksichtigen sind. Der Trockensubstanz- Gehalt und somit die Viskosität der Gülle wird durch die Vergärung reduziert. Dadurch wird die Gülle fließfähiger und sickert beim Ausbringen rascher in den Boden ein als unvergorene Gülle. Infolge des Abbaus der organischen Substanz des Ausgangsmaterials während der Vergärung wird ein Teil des organisch gebundenen Stickstoffs zu pflanzenverfügbarem Ammonium mineralisiert. Dadurch nimmt die Konzentration von Ammoniumstickstoff in der vergorenen Gülle zu, während die Konzentration von organisch gebundenem Stickstoff gleichzeitig abnimmt. Des Weiteren steigt der pH-Wert der Gülle während der Vergärung an, da ein Teil des organisch gebundenen Stickstoffs in Ammoniumkarbonat überführt wird. Die Zunahme des Ammoniumstickstoffanteils gekoppelt mit dem Anstieg des pH-Wertes erhöht das Risiko von Ammoniakverlusten während der Lagerung und Ausbringung. Deshalb gilt:

- Ausbringung nur mit geeigneter Technik (z. B. Schleppschlauch) zur Vermeidung von Nährstoffverlusten und Emissionen
- auf unbestellten Flächen unverzügliches Einarbeiten in den Boden
- Ausbringung nur bei geeigneter Witterung (kühl, feucht).

Flüssiges Gärgut aus gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen: Wegen des hohen Anteils an löslichem Stickstoff (**Tabelle 42**) gilt für die Ausbringung grundsätzlich dasselbe wie für flüssiges Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen.

Festes Gärgut: kann entweder direkt ausgebracht, Kompost zugemischt oder kompostiert werden.

Tabelle 42. Mittlere Gehalte (Medianwerte) an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) sowie Nährstoffgehalte von Recyclingdüngern

	Recyclingdünger			
	Gärgut fest ¹ (GiV) ³	Gärgut flüssig ¹ (GiV) ³	Kompost ²	Ricokalk
	kg pro t Frischsubstanz			
TS	490	130	510	700
Min	290	50	220	
Max	820	230	930	
n ⁴	197	106	1041	
OS	235	61	214	110
Min	44	47	46	
Max	368	77	480	
n	197	106	1041	
N_{tot}	6	4	7	
Min	2	2	2	
Max	14	8	15	
n	197	106	1039	
N_{lös}⁵	0,3	2	0,3	
Min	0,005	1	0,01	
Max	2,5	5	3	
n	197	82	362	
N_{verf} (%)	6	6	5-10	70-80
P (P₂O₅)	0,1 (3)	0,9 (2)	0,1 (3)	4,8 (11)
Min	0,4 (1)	0,4 (1)	0,4 (1)	
Max	3,5 (8)	1,7 (4)	6,5 (15)	
n	197	106	1038	
K (K₂O)	4,2 (5)	3,3 (4)	4,2 (5)	
Min	1,7 (2)	0,8 (1)	1,7 (2)	
Max	12,5 (15)	6,6 (8)	14 (17)	
n	197	106	1038	
Mg	3	1	3	6
Min	1	0,5	0,5	
Max	7	2	10	
n	197	106	1038	
Ca	25	5	25	220
Min	11	3	7	
Max	80	11	28	
n	197	106	943	
Salzgehalt (mS/cm)⁷	3	12	3	
Min	0,6	7	0,6	
Max	8	30	8	
n	197	82	481	

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

2 Komposte aus biogenen Abfällen (organische Haushalt- und Gartenabfälle). Median aus verschiedenen Aufbereitungen (Frisch-, Reife-, Feldrandkompost usw.). Raumgewicht: 500-800 kg/m³.

3 Gewerblich-industrielle Vergärungsanlagen.

4 Anzahl analysierter Proben.

5 Sofort pflanzenverfügbarer mineralischer Stickstoff (Ammonium und Nitrat).

6 Zur mittleren N-Verfügbarkeit von festem und flüssigem Gärgut existieren momentan zu wenig Resultate aus Feldversuchen, um eine gesicherte Aussage machen zu können. Im Ausbringungsjahr dürfte die N-Verfügbarkeit von flüssigem Gärgut aus landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen zumindest derjenigen von Hofdüngern entsprechen (Tabelle 40). Da beim Vergärungsprozess der Anteil an Ammoniumstickstoff zunimmt und das C:N-Verhältnis enger wird, kann die N-Ausnutzung bei optimaler Ausbringung (z. B. mit Schleppschlauch) im Ausbringungsjahr diejenige von unvergorenen Hofdüngern jedoch auch übersteigen.

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

Auf einer Hektare dürfen innert 3 Jahren bis zu 25 t Kompost und festes Gärgut (bezogen auf die Trockensubstanz) oder 200 m³ flüssiges Gärgut zu Dünge Zwecken verwendet werden, wenn dadurch der Bedarf der Pflanzen an N und P nicht überstiegen wird. Innert 10 Jahren dürfen nicht mehr als 100 t Kompost und festes Gärgut (bezogen auf die Trockensubstanz) als Bodenverbesserer, Substrat, Erosionsschutz, für Rekultivierungen oder für künstliche Kulturerde verwendet werden (ChemRRV, Anhang 2.6).

13

13. Pflanzenernährung im biologischen Landbau

Eines der Prinzipien im biologischen Landbau ist es, die Nährstoffkreisläufe auf Betriebsebene möglichst zu schliessen. Die Produktion basiert mehrheitlich auf dem Recycling von Nährstoffen, um die natürlichen Ressourcen zu bewahren. Der Nährstoffeintrag sowie der Tierbesatz, welcher sich an der Produktivität des Standortes orientiert, sind in der Regel tiefer als im konventionellen Landbau. Durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen, welche die chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens verbessern, soll die Pflanzenproduktion optimiert werden. Der wiederholte Einsatz von organischen Düngern (Hofdünger, Kompost, Pflanzenrückstände etc.) im biologischen Landbau führt in der Regel zum Aufbau des organischen Bodenpools und somit der natürlichen Nährstoffressourcen (z. B. Stickstoff, Phosphor). Negative Auswirkungen auf die Umwelt durch Nährstoffverluste in die Atmosphäre sowie ins Oberflächen- und Grundwasser sollen soweit als möglich minimiert werden. Im biologischen Landbau wird nach langfristigen Lösungen auf Betriebsebene gesucht; dabei spielen die Gestaltung der Fruchtfolge und das Düngermanagement eine wichtige Rolle.

13.1 Stickstoffdüngung

Stickstoff spielt in der Pflanzenproduktion eine wichtige Rolle, da sich dieser bei Mangel ertragslimitierend auswirkt. Durch den Verzicht auf synthetische Mineraldünger sind nebst den organischen Düngern die biologische N₂-Fixierung über Leguminosen sowie die organische Bodensubstanz die wichtigsten N-Quellen im biologischen Landbau. Zudem werden durch die atmosphärische Deposition zum Teil nicht unerhebliche N-Mengen eingetragen. Im biologischen Landbau ist der anorganische Boden-N-Pool selten gross. Die N-Ernährung der Pflanzen erfolgt zum grössten Teil indirekt über den organischen N-Pool im Boden. Damit der im Boden gebundene organische N von den Pflanzen aufgenommen werden kann, muss dieser zuerst durch die Bodenmikroorganismen in eine mineralische Form (Ammonium, Nitrat) überführt werden. Die N-Mineralisierungsrate hängt demzufolge von der mikrobiellen Aktivität ab, welche wiederum vom Wasser- und Sauerstoffgehalt im Boden, der Bodentemperatur sowie der Verfügbarkeit an organischem Material beeinflusst wird.



N-Verfügbarkeit

Durch die Gestaltung der Fruchtfolge kann es im Boden zu Phasen besserer oder schlechterer N-Verfügbarkeit kommen. Nach dem Umbruch z. B. einer Kunstwiese oder eines Körnerleguminosenbestandes kann eine relativ grosse Menge an mineralischem N freigesetzt werden; die Freisetzung nimmt mit zunehmendem zeitlichem Abstand zum Umbruchtermin ab. Um eine maximale N-Ausnutzung zu erreichen, empfiehlt sich deshalb der Anbau von Feldfrüchten mit hohem N-Bedarf (z. B. Kartoffeln, Winterweizen) direkt nach Leguminosen und von Feldfrüchten mit geringerem N-Bedarf in grösserem Abstand zu Leguminosen, in der Regel am Ende der Fruchtfolgeperiode. Durch die Gestaltung der Fruchtfolge wird nicht nur die N-Verfügbarkeit sondern auch die Bodenstruktur (Durchlüftung, Wasserhaltekapazität) beeinflusst. Dies wiederum wirkt sich auf die mikrobielle Aktivität aus, welche die Mineralisierung und Immobilisierung von Nährstoffen im Boden steuert. Durch die in der Regel hohe Diversität an Feldfrüchten im biologischen Landbau erfolgt die Unkraut- und Krankheitsregulierung unter anderem auch über die Fruchtfolge.

Der N-Gehalt in Hofdüngern sowie dessen Verfügbarkeit kann – abhängig von der Tierart, der Futterzusammensetzung, dem Aufstallungssystem sowie der Lagerung – stark variieren. Dies erschwert es, den Zeitpunkt der N-Freisetzung aus organischen Verbindungen in Hofdüngern abzuschätzen, weshalb die N-Zufuhr oft schlecht mit dem Pflanzenbedarf abgestimmt ist. Eine der grossen Herausforderungen beim Einsatz von Hofdüngern ist deshalb die Synchronisierung der N-Freisetzung mit dem N-Bedarf der Kulturen, um eine höhere N-Ausnutzungseffizienz zu erreichen. Vor diesem Hintergrund muss der Einsatz von Hofdüngern geplant und abgestimmt werden. Die verfügbare N-Menge in den betriebseigenen Hofdüngern reicht jedoch in der Regel nicht aus, um die N-Ernährung der Kulturen sicher zu stellen. Als zusätzliche N-Quellen sind deshalb Leguminosen in der Fruchtfolge sowie das Einarbeiten von Pflanzenrückständen in den Boden im biologischen Landbau ein zentrales Element.

Symbiotische N₂-Fixierung

Die symbiotische Fixierung von atmosphärischem N erfolgt durch die Symbiose der Leguminosen mit Knöllchenbakterien. Der durch die Leguminosen fixierte N wird z. B. nach dem Umbruch von Kunstwiese über die Mineralisierung des N in den Pflanzenrückständen durch Bodenmikroorganismen für die nachfolgende Kultur verfügbar. Die Fixierungsleistung verschiedener Leguminosen ist jedoch sehr variabel und hängt von vielen Faktoren wie z. B. Sorte, Kleeanteil, Menge an verfügbarem Boden-N, Klima etc. ab. Die Fixierungsleistung von Leguminosen-Gras-Mischungen in die oberirdische Biomasse kann bis zu 250 kg N pro ha und Jahr betragen. Bei Körnerleguminosen kann unter optimalen Wachstumsbedingungen zwischen 120-240 kg N pro ha und Jahr in die oberirdische Biomasse fixiert werden.

Pflanzenrückstände

Pflanzenrückstände bilden ebenfalls eine wichtige N-Quelle für nachfolgende Kulturen. Je nach Menge und Qualität der Pflanzenrückstände können 5-20 % des N aus den Rückständen für die Nachfolgekultur verfügbar werden. Bei der Einarbeitung von N-reichen Rückständen mit tiefem C:N-Verhältnis erfolgt die N-Mineralisierung rasch, d.h. mineralischer N im Boden nimmt dann demzufolge auch schnell zu. Bei N-armen Rückständen mit hohem C:N-Verhältnis wie z. B. Weizenstroh erfolgt die N-Mineralisierung langsam. Im ungünstigen Fall kann N im Boden durch Pflanzenrückstände mit hohem C:N-Verhältnis mikrobiell immobilisiert werden und ist dann temporär nicht pflanzenverfügbar.

13.2 Phosphor- und Kaliumdüngung

P und K werden zu einem grossen Teil über die organischen Dünger (Hofdünger, Pflanzenrückstände, Kompost) wieder in das System zurückgeführt oder werden aus den Bodenvorräten erschlossen. Bei nachweisbar mittel und schlecht versorgten Böden (z. B. auf viehlosen Betrieben) können P und K durch zugelassene Dünger (siehe Hilfstoffliste FiBL) ersetzt werden. Regelmässige Bodenuntersuchungen tragen wesentlich dazu bei, den Nährstoffzustand des Bodens zu beurteilen und eine Nährstoffabnahme rechtzeitig zu erkennen. Der Aufschluss der Dünger soll äquivalent zum Boden über Mikroorganismen, Pflanzenwurzeln oder langsam ablaufende bodenchemische Prozesse erfolgen. Deshalb werden P- und K-Handelsdünger in biologischen Fruchtfolgen nicht kulturbezogen appliziert, sondern am besten zu Leguminosen gegeben, die einerseits einen hohen P-Bedarf haben und P und K relativ gut aus schwerlöslichen Formen aufschliessen können.

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 (organische und Mineraldünger) haben lediglich die Aufgabe, mögliche Defizite 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 der Nährstoffkreisläufe (**Abbildung 1**) die Zu- und Wegfuhr an Nährstoffen annähernd auszugleichen. Aus diesem Grund muss insbesondere 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 und somit der Tierbesatz pro Flächeneinheit höher liegen.

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 (**Tabelle 43**). Der Aufwand für umweltschonende Lagerung und Ausbringung der verschiedenen Dünger ist ebenfalls unterschiedlich. Hof- und Recyclingdünger weisen ein erhöhtes Umweltbelastungspotenzial auf. Da bei jeder Produktion von tierischen Lebensmitteln Hofdünger anfallen, ist es naheliegend, sie auf dem Betrieb umweltschonend pflanzenbaulich zu verwerten. Dabei sind möglichst alle Massnahmen für eine umweltschonende Hofdüngewirtschaft (optimierte Nährstoffgehalte in den Futtermitteln, Lagerung, Ausbringzeitpunkt und -technik) zu nutzen. Es sind jedoch

Tabelle 43. 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 Recyclingdünger 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.

Düngertyp	Belastungspotenzial für				Technische und ökonomische Kriterien		
	Grundwasser ¹	Oberflächen-gewässer ²	Luft ³	Boden ⁴	Aufwand für Lagerung und Handhabung	Aufwand für exakte Ausbringung	Aufwand und Einschränkungen für umweltschonende Ausbringung ⁷
Gülle	3	3	3	3	3	3	3
Mist	3	2	2	2	2	2	3
Gärgut flüssig ⁵	3	3	3	3	2	3	3
Kompost	2	2	2	2	1	2	2
Min. N-Dünger ⁶	2	1	2	1	1	2	2
Min. P-Dünger ⁶	1	1	0	2	1	2	1
Min. K-Dünger ⁶	2	1	0	1	1	2	1
Min. Mg-Dünger ⁶	1	1	0	1	1	2	1
Min. S-Dünger ⁶	2	1	0	1	1	2	1

0 = keine Belastung, 1 = relativ gering, 2 = mittel, 3 = relativ hoch

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

2 Belastung mit Phosphor und Stickstoff, Krankheitserregern

3 Ammoniak, Lachgas, Methan

4 Schadstoffe, physikalische Bodenbelastung

5 Aus landwirtschaftlichen und gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen

6 Umweltbelastungen durch Herstellung und Transport zum Hof unberücksichtigt

7 Investitionen (Gebäude, Maschinen), Arbeitszeit

nicht nur die Hofdünger als solche, welche ein erhöhtes Umweltbelastungspotenzial aufweisen, es ist ebenso eine Frage der Menge der eingesetzten 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) ausgebracht werden. Auf intensiv und mittelintensiv genutzten Futterbauflächen liegt der entsprechende Wert bei etwa 2 GVE (mit einer Abstufung gemäss dem standörtlichen Produktionspotenzial). Diese Werte gelten für das Talgebiet; sie sind in höheren Lagen zu reduzieren.

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, Drainageabfluss, Abschwemmung und Verflüchtigung. Diese umweltbelastenden Verluste können auch auf unbewirtschafteten Flächen auftreten.

Tabelle 44. Massnahmen zur Verhinderung der Versickerung und Auswaschung

Kriterien	Verhältnisse	Risiko der Versickerung und Auswaschung; Belastbarkeit mit flüssigen Düngern	Massnahmen bezüglich des Ausbringens von flüssigen Düngern, maximale Einzelgabe
Witterungsverhältnisse	Starke oder andauernde Niederschläge	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
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 als 5 mm	hoch; wenig bis nicht belastbar mittel; reduziert belastbar gering; normal belastbar sehr hoch; nicht belastbar mittel; reduziert belastbar gering; normal belastbar	bis 25 m ³ /ha bis 40 m ³ /ha bis 60 m ³ /ha ¹ Ausbringen unterlassen bis 40 m ³ /ha bis 60 m ³ /ha ¹
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)	hoch; wenig belastbar mittel; reduziert belastbar gering; normal belastbar	bis 25 m ³ /ha bis 40 m ³ /ha bis 60 m ³ /ha ¹
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 %	hoch; wenig belastbar mittel; reduziert belastbar gering; normal belastbar	bis 25 m ³ /ha bis 40 m ³ /ha bis 60 m ³ /ha ¹
Bepflanzung	a. Nährstoffbedarf vorhanden oder kurz bevorstehend b. Nährstoffbedarf nicht vorhanden: – Ackerland – Wiesland	gering; normal belastbar sehr hoch; nicht belastbar hoch; wenig belastbar	Ausbringen angemessener Mengen Ausbringen unterlassen bis 25 m ³ /ha

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

Stickstoffverluste aus dem System Boden-Pflanze treten ebenfalls durch Denitrifikation (Nitratatmung der Bodenmikroorganismen) auf. Dabei wird Nitrat in gasförmige Stickstoffverbindungen umgewandelt.

Durch eine unsachgemässe Düngung wird das Verlustrisiko erhöht. Eine wichtige Voraussetzung, um Verlustgefahren zu verringern, ist eine genügend grosse Hofdünger-Lagerkapazität (**Tabelle 41**), damit Gülle und Mist zum richtigen Zeitpunkt ausgebracht werden können.

14.3.1 Versickerung und Auswaschung

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, nicht durchwurzelte Bodenschichten beeinträchtigen die Qualität des Grundwassers. Durch geeignete Massnahmen können die Gefahren der Auswaschung und der Versickerung stark vermindert werden (**Tabelle 44**).

14.3.2 Oberflächenabfluss und Abschwemmung

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 unsachgemäßem Einsatz sowie bei ungünstigen Boden- und/oder Witterungsbedingungen auch direkt nach der Ausbringung oberflächlich abfliessen. **Tabelle 45** zeigt, wie die Düngungsmassnahmen zu gestalten sind, damit diesen Gefahren wirksam vorgebeugt werden kann.

Tabelle 45. Massnahmen zur Verhinderung der Abschwemmung und des Oberflächenabflusses.

Kriterien	Verhältnisse	Risiko des Oberflächenabflusses und der Abschwemmung; Belastbarkeit mit flüssigen Düngern	Massnahmen bezüglich des Ausbringens von flüssigen Düngern, maximale Einzelgabe
Witterungsverhältnisse	Dauer- oder Gewitterregen bevorstehend	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
Porenzustand des Bodens	a. Unbewachsener Boden:		
	– beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche)	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
	– gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche)	mittel bis gering; reduziert bis normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
	b. Bewachsener Boden:		
	– beschränkt einsickerungsfähig (verdichtet verkrustet, verschlämmt, wassergesättigt, hart gefroren, undurchlässige Oberfläche)	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
	– gut einsickerungsfähig (locker, abgetrocknet, Boden mit rauer Oberfläche)	gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
	c. Schneedecke		
	– trockene unterkühlte Schneedecke	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
	– schmelzende Schneedecke	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen
Topographische Verhältnisse	Hang bis 18 % Neigung	gering; normal belastbar	bis 60 m ³ /ha ¹
	Hang mit 19 bis 35 % Neigung	mittel: reduziert belastbar	bis 40 m ³ /ha
	Hang mit 36 bis 50 % Neigung	hoch; wenig belastbar	bis 25 m ³ /ha
	Hang über 50 % Neigung	sehr hoch; nicht belastbar	Ausbringen unterlassen

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

Aus Ammonium (NH_4) entstehendes Ammoniak (NH_3) 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 Landwirtschaftsbetrieb 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 und oft gereinigt 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 46** zusammengefasst. Unter geeigneten Voraussetzungen können die Verluste durch den Einsatz besonderer Ausbringtechniken (Schleppschlauch, Schleppschuh, Gülledrill, gleichzeitiges Einhacken) deutlich reduziert werden.

Tabelle 46. Die Ammoniakverflüchtigung beeinflussende Faktoren sowie Massnahmen zu deren Verminderung

Kriterium	Verhältnisse	Risiko	Massnahmen zur Vermeidung hoher Ammoniakverluste	
			Gülle und flüssiges Gärgut	Mist und festes Gärgut
Witterung	hohe Lufttemperatur, trockene Luft, windig kühl, feucht, windstill Niederschlag während des Ausbringens	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)
Verdünnungsgrad Gülle¹	unverdünnt mässig verdünnt (bis 1:1) ¹ stark verdünnt (über 1:2) ¹	hoch mittel gering	Rindvieh-Vollgülle: mindestens 1:1, besser 1:2 verdünnen ¹ kotarme Gülle, Schweinegülle: mindestens 1:2, besser 1:3 verdünnen ¹	
Bodenzustand	wassergesättigte, ausgetrocknete, verdichtete, verschlammte, verkrustete Bodenoberfläche feuchter, aufnahmefähiger Boden	hoch gering bis mittel	Gülle nur auf aufnahmefähigen Boden ausbringen	
Bodenbedeckung im Ackerbau	Strohhäckseldecke, Mulchschicht, Pflanzenreste (Direktsaat) dichter, hoher Pflanzenbestand Boden ohne Bedeckung	hoch mittel bis hoch mittel	Stoppelbearbeitung mit gleichzeitiger Injektion (Güllegrubber) oder Boden vor der Gülleanwendung mit Schälgrubber bearbeiten; Gülledüngung im Mais: vorgängig zwischen den Reihen hacken; Gülle ausreichend verdünnen	
Ausbringtechnik	breitflächige Ausbringung streifenförmige bodennahe Ausbringung ³ direkte Einbringung in Boden ^{2, 3}	hoch mittel gering	Schleppschlauch-, 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

3 Nur bei Gülle möglich

14.4 Folgen einer Überdüngung

Wird während längerer Zeit von einem Stoff mehr zu- als mit dem Pflanzenertrag weggeführt, so reichert sich der Stoff im Boden an oder gelangt durch Verluste in Gewässer und/oder in die Atmosphäre. Eine starke Anreicherung kann verschiedene negative Auswirkungen haben wie ein gestörtes Nährstoffgleichgewicht im Boden, unerwünscht hohe Gehalte in den Pflanzen (z. B. Nitrat, Kalium) 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 Recyclingdünger zugeführt, sondern auch durch Hof- (Kupfer und Zink in Schweinegülle) und Mineraldünger (beispielsweise Cadmium in Phosphatdüngern). Die Zulassungsvorschriften für Dünger in der Dünger- (DüV, SR 916.171) und Düngerverordnung (DüBV, SR 916.171.1) sowie die Schadstoffgrenzwerte im Anhang 2.6 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, SR 814.81) 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 Recyclingdünger zugeführt.

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

14.6 Zusammenfassende Empfehlungen für eine umweltschonende Düngung

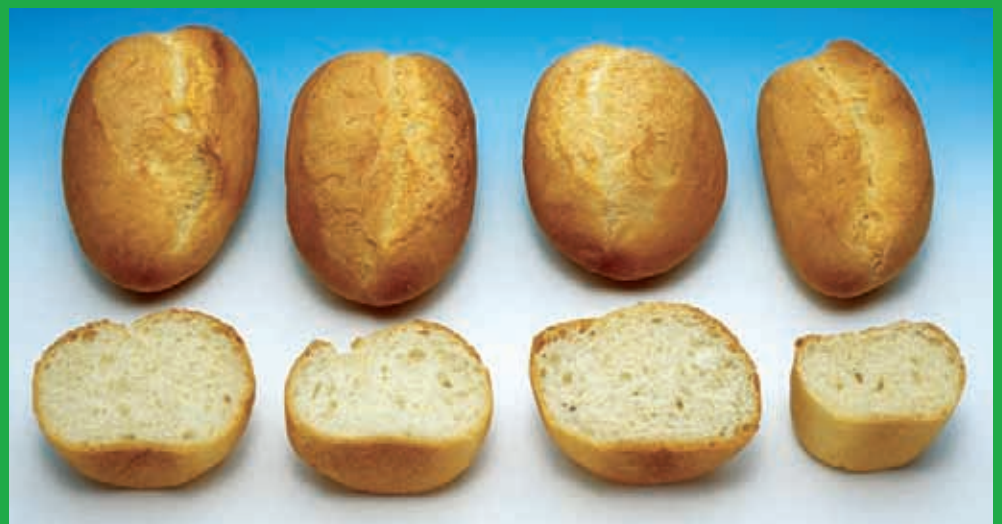
Eine gezielte und umweltschonende Düngung gewährleistet eine nachhaltige Ertragsfähigkeit des Bodens, verringert vermeidbare Nährstoffverluste und somit Düngerkosten und leistet einen Beitrag zur Erhaltung unbelasteter Grund- und Oberflächengewässer sowie der Luft. Allerdings ist es oft schwierig, alle 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. NH_3 -Verflüchtigung), andere Verluste (z. B. NO_3 -Auswaschung) fördern können.

Wichtigste Massnahmen, um die Umwelt weitgehend zu schonen

- Tierbesatz dem Standort und dem Nährstoffbedarf der Kulturen anpassen.
- Düngungsmassnahmen sorgfältig planen (Düngungsplanung) unter Berücksichtigung von Fruchtfolge und zuverlässigen Bodenuntersuchungsergebnissen.
- Die Nährstoffe in den betriebseigenen Hofdüngern gezielt einsetzen. Betriebsfremde Dünger (betriebsfremde Hofdünger, Recyclingdünger, 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 schaffen).
- 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 und Mist bei kühler Witterung und geringen Windgeschwindigkeiten ausbringen (beim Ausbringen und möglichst während der folgenden 24 Stunden: Temperatur unter 15 °C und relative Luftfeuchtigkeit über 70 %). Im Ackerbau ist vor der Ausbringung, wo immer möglich, zu hacken oder die Dünger sind möglichst rasch einzuarbeiten.
- Unbewachsene Flächen vermeiden (Zwischenfutter, Gründüngung, Mulchsaat usw.).

15

Düngung und Qualität



Die Optimierung der Düngung beinhaltet auch eine einwandfreie Qualität der Ernteprodukte. Die Qualität eines Ernteproduktes wird in der Regel in eine äussere Qualität (Form, Farbe, Grösse usw.) und eine innere Qualität (Gehalte an wertbestimmenden 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 Minder- bzw. Mehrgehalten der Ernteprodukte an wertgebenden Inhaltsstoffen. Klassische Beispiele sind die Erhöhung des Eiweissgehaltes von Getreide durch eine späte Stickstoffgabe oder eine verminderte Zuckerausbeute bei Rüben aufgrund hoher Amino-Stickstoff-Gehalte im Rübenkörper.

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 Strohhütte bei der Strohdüngung beziehungsweise zu einer besseren Mistqualität.

15.1 Getreide

Der grösste Teil des angebauten Getreides wird als Brotgetreide (Weizen, Roggen) oder als Futtergetreide (Weizen, Gerste, Hafer) verwendet. Ein kleiner Teil findet Absatz zur Produktion durch andere Produkte wie Kekse, Flocken, Suppen etc. In der Schweiz sind die Weizensorten nach ihren Qualitätseigenschaften klassifiziert und werden für die verschiedenen Verwendungszwecke empfohlen. Obwohl die genetischen Eigenschaften dominieren, kann die Qualität durch die Stickstoffdüngung signifikant beeinflusst werden (Levy *et al.* 2007). Die Anforderungen an die Qualität sind spezifisch für jeden Verwendungszweck und können manchmal nicht nur unterschiedlich, sondern sogar gegensätzlich sein.

15.1.1 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Brotgetreide

Es ist bekannt, dass eine gezielte Stickstoffdüngung den Proteingehalt des Getreides erhöhen kann, was beim Brotgetreide jedoch noch keine bessere Backqualität garantiert. Eine höhere Stickstoffdüngung hat eine Zunahme des Glutengehaltes, aber eine Abnahme des Gluten-Indexes (Glutenviskosität) zur Folge. Neuere Untersuchungen haben eine Verbesserung der teigrheologischen Merkmale gezeigt: der Zeleny-Sedimentationswert nimmt zu, der Teig wird stabiler, der Festigkeitsverlust ist weniger ausgeprägt, das Verkleisterungsvermögen nimmt ebenso wie die Dehnbarkeit zu.

Eine erhöhte Stickstoffdüngung erhöht die Kornhärte. Das Hektolitergewicht wird hauptsächlich durch die Sorte bestimmt, wenn auch die Stickstoffdüngung diese Eigenschaft positiv beeinflussen kann (Levy *et al.* 2007).

15.1.2 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Biskuitweizen

Die Ansprüche an die Mehlqualität zur Herstellung von Biskuits sind verschieden und zum Teil gar konträr zur Qualität von Brotmehl. Biskuitmehl soll einen geringen Proteingehalt und tiefe Proteinqualität sowie geringe Wasseraufnahme haben, dagegen eine hohe Dehnbarkeit und eine geringe Elastizität des Teiges. Diese Eigenschaften werden nicht nur durch die genetischen Eigenschaften der Sorten bestimmt, sondern auch durch die Stickstoffdüngung beeinflusst (**Tabelle 47**).

15.1.3 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Futtergetreide

Verschiedene Getreidearten werden in der Tierfütterung verwendet, insbesondere Gerste und Triticale. In jüngerer Zeit wurden Weizensorten mit geringerer Backqualität durch Futterweizen-Sorten mit hohem Ertrag aber geringem Eiweissgehalt ersetzt. Derzeit erfolgt die Qualitätsbeurteilung von Futtergetreide hauptsächlich durch das Hektolitergewicht. Dies ist ein leicht zu bestimmendes Kriterium, hat jedoch bezüglich Qualität eine eingeschränkte Aussagekraft. Weitere Kriterien, speziell für die jeweilige Verwendung des Futtergetreides (Gehalt an Eiweiss, Lysin, Fettsäuren, usw.) spielen eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Qualität. Die Stickstoffdüngung beeinflusst nicht nur den Kornertrag, sondern auch den Proteinertrag (**Tabelle 47**).

Tabelle 47. Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eigenschaften von Weizen und Wirkung der Eigenschaften auf die Qualität

Eigenschaft	Wirkung der Stickstoffdüngung	Wirkung der Eigenschaft auf die Qualität		
		Brotweizen	Biskuitweizen	Futterweizen
Hektolitergewicht	o/+	o/+	o/+	o/+
Tausendkorngewicht	o	o	o	o
Proteingehalt	+	+	-	+
Zelenywert ¹	+	+	-	o
Kornhärte	+	+	-	o
Wasseraufnahme des Mehls	o/+	o/+	o/-	o
Stabilität des Teiges	+	+	-	o
Konsistenzverlust des Teiges	+	+	-	o
Zähigkeit des Teigs	+	+	-	o
Zähigkeit/Dehnbarkeit des Teigs	+	+	+	o
Maximale Verkleisterung	+	o/+	o	o

o = kein Einfluss; + = positiver Einfluss; - = negativer Einfluss

1 Zelenywert: Masseinheit für die Eiweissqualität, d.h. die Quelfähigkeit des Eiweisses

15.2 Ölpflanzen

Der Ölgehalt von Ölpflanzen und der Gehalt an Glukosinolat beim Raps sind zwei Eigenschaften, welche durch die Düngung beeinflusst werden können. Nebst der Düngung wird der Ölgehalt von anderen Faktoren wie der Sorte oder den Standort- und Umweltbedingungen bestimmt. Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern wird der Ölgehalt bei der Festlegung des Produktpreises in der Schweiz nicht berücksichtigt.

15.2.1 Einfluss der Stickstoff- und Schwefeldüngung auf den Gehalt und die Zusammensetzung des Öls

Beim Raps kann die Beziehung zwischen der Stickstoffdüngung und dem Ertrag, dem Ölgehalt und dem Ölertrag wie folgt zusammengefasst werden: mit steigender Stickstoffdüngung nimmt der Ertrag bis zum optimalen Stickstoffangebot zu, während der Ölgehalt mit zunehmender N-Düngung linear abnimmt. Der Ölertrag nimmt bis zur optimalen N-Düngung folglich nur leicht zu. Diese Reaktion ist eine Folge der Konkurrenz der Stoffwechsel des Kohlenstoffs (Öl) und des Stickstoffs (Protein). Bei einer Stickstoffüberdüngung nimmt der Ölgehalt um 0,3% bis 1,2% pro 40 kg N/ha über dem optimalen N-Angebot ab (Champolivier und Reau, 2005). Bei der Sonnenblume wurde ein ähnliches Verhalten festgestellt.

Die Stickstoffdüngung kann auch die Zusammensetzung des Öls beeinflussen. Pellet (2001) hat bei Raps festgestellt, dass durch die steigende N-Düngung die Zusammensetzung der Fettsäuren verändert und der Gehalt an Ölsäuren gesenkt wird.



Die Schwefeldüngung kann einen positiven Einfluss auf den Ölgehalt in Rapskörnern haben. Pellet *et al.* (2003) werteten eine Anzahl Schwefelversuche mit steigenden S-Gaben (0, 40, 80 kg S/ha) aus. Dabei haben sie festgestellt, dass eine angepasste Schwefeldüngung (40 kg S/ha) unter Bedingungen mit mässigem Risiko von Schwefelmangel einen positiven Effekt auf den Ölgehalt haben kann. Unter Produktions- und Standortbedingungen mit geringem Risiko konnte kein Einfluss der Schwefeldüngung auf den Ölgehalt festgestellt werden.

15.2.2 Einfluss der Schwefeldüngung auf den Glukosinolatgehalt

Glukosinolate sind Schwefelverbindungen, die die Qualität des Rapspresskuchens für die Fütterung von Monogastriden (Schweine und Geflügel) vermindern. Als Höchstwert in den Samen gilt in der Schweiz ein Glukosinolatgehalt von 20 $\mu\text{mol/g}$. Beim Glukosinolatgehalt sind grosse Sortenunterschiede bekannt, doch er wird vor allem durch die Verfügbarkeit des Schwefels im Boden bestimmt. Auf Standorten mit kleinem und mittleren Risiko von Schwefelmangel konnte eine starke Zunahme des Glukosinolatgehaltes in Abhängigkeit der Schwefeldüngung festgestellt werden (Pellet *et al.* 2003). In all diesen Fällen wurde der Grenzwert von 20 $\mu\text{mol/g}$ jedoch nie erreicht. Trotzdem sollte eine zu hohe Schwefeldüngung vermieden werden.

Tabelle 48. Einfluss der Stickstoff- und Schwefeldüngung auf den Öl- und Glukosinolatgehalt beim Raps

Düngung	Ölgehalt (%)	Glukosinolat ($\mu\text{mol/g}$)
N-Düngung	-	o
S-Düngung (bei mittlerem bis erhöhtem Mangelrisiko)	+	+
S-Düngung (bei geringem Mangelrisiko)	o	o

o = kein Einfluss; + = positiver Einfluss; - = negativer Einfluss

15.3 Kartoffeln

Die Stickstoffdüngung gehört zu den entscheidenden Einflussfaktoren für verschiedene Qualitätsmerkmale wie Stärkegehalt, Festigkeit des Fleisches, Reife und Lagerfähigkeit der Kartoffeln (**Tabelle 49**) (Reust *et al.*, 2006). Sie muss vor allem mit der Bodenart und dem Einsatz organischer Dünger abgestimmt und dem Verwendungszweck der Kartoffeln angepasst werden. Durch die Aufteilung der N-Gaben (**Tabelle 26**) kann Qualität der Kartoffelknollen beeinflusst werden, wobei die letzte N-Gabe vor der Bildung der Knollen erfolgen sollte. Auch die P- und K-Düngung kann sich auf die Qualität der Kartoffel auswirken (**Tabelle 49**). Zur Förderung der Knollenentwicklung und einer frühen Reife ist eine gute P-Versorgung vorteilhaft und eine P-Düngung zur Pflanzung kann sich auf eine frühe Reife der Knollen positiv auswirken.

Tabelle 49. Einfluss der N-, P- und K-Düngung auf die Qualität von Kartoffelknollen

Eigenschaft	N	P	K
Marktfähigkeit der Knollen (Kaliber)	+	o	+
Schlagempfindlichkeit und Blaufleckigkeit	-	+	+
Stärkegehalt	-	+	o/+
Trockensubstanz-Gehalt	-	o	o/+
Schwarzfleckigkeit	-	o	+
Braunverfärbung beim Frittieren (Stärkegehalt)	-	o	o/+
Schwarzverfärbung nach dem Kochen	o/-	o/+	o/+
Gewichtsverlust bei der Lagerung	o	o	o

o = kein Einfluss; + = positiver Einfluss; - = negativer Einfluss

Obwohl die Kartoffel bezüglich Schwefel keine hohen Ansprüche stellt, sind Düngemittel auf der Basis von Sulfat denjenigen auf der Basis von Chlorid vorzuziehen, da die Kartoffelwurzeln empfindlich auf hohe Chlorgaben reagieren (Wurzelverbrennungen). Mit zunehmender Kaliumdüngung nimmt der Stärkegehalt ab, bei Kaliumchlorid stärker als bei Kaliumsulfat (Fritsch, 2003).

Die Kartoffel ist eine säureliebende Pflanze und reagiert daher positiv auf sauer wirkende Düngemittel. In den stark kalkhaltigen Böden besteht ein erhöhtes Risiko von Schorfbefall. Durch die Verwendung von sauer wirkenden Düngern wie zum Beispiel Ammoniumsulfat und/oder Kaliumsulfat auf gefährdeten Standorten kann dieses Risiko oftmals etwas vermindert werden.

15.4 Zuckerrüben

Die Düngung hat direkte Auswirkungen auf die Qualität der Zuckerrübe. Dem Zuckergehalt und seiner Extrahierbarkeit sollte bei der Düngung besondere Beachtung beigemessen werden, da diese beiden Qualitätsmerkmale sich direkt auf den Produktpreis auswirken. Verluste bei der Raffinierung von Zucker beziehungsweise eine negative Auswirkung auf die Zuckerausbeute werden direkt durch bestimmte Inhaltsstoffe der Zuckerrübe (alpha-Amino-Stickstoff, Kalium- und Natrium-Gehalt sowie weitere lösliche organische Verbindungen und Mineralstoffe) verursacht. Bei einem Gehalt an polarisiertem Zucker in der Rübe von 18 % rechnet man mit einem Verlust von ungefähr 1,9 %, was einer Ausbeute von 89 % entspricht (in diesem Beispiel entsprechen die Gehalte an alpha-Amino-N 1,33, an K 4,25 und an Na 0,25 mmol/100g).

Tabelle 50. Einfluss der N-, P- und K-Düngung auf Qualitätseigenschaften von Zuckerrüben

Eigenschaft	N	P	K
Zuckergehalt	-	o	+
Verluste bei der Raffinierung	-	o	+ ¹

o = kein Einfluss; + = positiver Einfluss; - = negativer Einfluss

¹ wenn im Überfluss vorhanden

Bei der Rübenproduktion werden aufgrund des Bezahlungsmodus ein hoher Ertrag und ein hoher Zuckergehalt angestrebt. Steigende N-Gaben bewirken in der Regel höhere Erträge, gleichzeitig aber eine Reduktion des Zuckergehaltes und der Zuckerausbeute, was die Optimierung der N-Düngung erschwert. Aufgrund des gut entwickelten Wurzelsystems und der langen Vegetationszeit hat die Zuckerrübe ein gutes N-Aufnahmevermögen. Deshalb sind bei der Stickstoffdüngung die Standortbedingungen und die Dynamik N-Mineralisierung aus der organischen Substanz besonders zu beachten. Häufig müssen grössere Korrekturen basierend auf der Normdüngung gemacht werden, um den Ertrag und die Qualität zu optimieren, insbesondere bei hoher Bodenfruchtbarkeit (viehintensive Betriebe, tiefgründige Böden mit erhöhtem Humusgehalt, günstige Frühjahrswitterung, etc.). Um eine hohe Qualität zu erreichen, sind die Stickstoffgaben vor dem 6-8-Blatt-Stadium zu verabreichen, um bei guter N-Nachlieferung des Bodens einen erhöhten Gehalt an schädlichem Stickstoff oder eine starke Reduktion des Zuckergehaltes zu vermeiden. Für die anderen Nährstoffe ist die Interaktion zwischen Ertrag und Qualität nicht so offensichtlich wie beim Stickstoff. Der Gehalt an Zucker wird in der Regel begünstigt durch eine Kalium-Düngung und eine ausreichende Verfügbarkeit von Natrium. Doch bei überhöhten Gehalten können diese beiden Elemente die Extrahierbarkeit des Zuckers negativ beeinflussen. Zur Vermeidung dieser Gefahr sind grössere Kaliumgaben in Böden oberhalb der Versorgungsklasse «genügend» zu vermeiden.

16. Düngung in der Praxis

Bei der Planung der Düngung auf einem landwirtschaftlichen Betrieb müssen die betriebsspezifischen Eigenheiten berücksichtigt werden. Ein Düngungsplan muss auf die Anforderungen des Betriebstyps (Futterbaubetrieb mit Hofdüngern, gemischter Acker-/Futterbaubetrieb), Anbausystems (konventionell, biologisch etc.), die Eigenschaften der Böden, die Standortfaktoren der Parzellen (Exposition, Neigung), das Klima, usw. abgestimmt werden. Die Kenntnis der realisierbaren Erträge, des Versorgungszustands der Böden sowie der Art, Menge und Eigenschaften der organischen und mineralischen Dünger ist Voraussetzung für die Erstellung eines Düngungsplans.

16.1

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 und bei Bodenlabors erhältlich.

Zur Erstellung und Berechnung eines Düngungsplanes ist folgendes Vorgehen empfehlenswert:

1. Festlegen des Bedarfs der anzubauenden Kulturen, ausgehend von der korrigierten Düngungsnorm (**Tabelle 1 und 2**) und allfälligen Korrekturen in Abhängigkeit des Ertragsniveaus (Kapitel 7.1.1 für Stickstoff; Kapitel 3.2 für P, K und Mg).
2. Korrektur der Düngung für P, K und Mg gemäss den Ergebnissen der Bodenuntersuchung (**Tabelle 11 bis Tabelle 16**) und Abzug der Nährstoffe aus Ernterückständen der Vorkultur (Kapitel 10). Bei Weiden und Mähweiden sind die Weideabzüge (**Tabelle 5**) zu berücksichtigen.
3. Korrektur der Düngung für Stickstoff im Ackerbau nach den Vorgaben in Kapitel 7.1 ($N_{\min}$ -Methode oder Schätzmethode) und im Futterbau gemäss Kapitel 7.2.
4. Berechnung der Hofdüngermengen für die einzelnen Kulturen in Abhängigkeit der Nährstoffgehalte der Hofdünger sowie des Bedarfs der Kulturen.
5. Berechnung der Differenz zwischen der zu düngenden Nährstoffmenge und der Nährstoffzufuhr durch Hofdünger.
6. Wahl betriebsfremder Dünger (betriebsfremde Hofdünger, Recyclingdünger, Mineraldünger) und Berechnung der notwendigen Menge zur Deckung der Differenz unter Berücksichtigung ökologischer, bodenkundlicher, pflanzenbaulicher, arbeitstechnischer, wirtschaftlicher und juristischer (Kapitel 19.4) Aspekte.



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.

Angaben zur Parzelle			
Kultur		Fläche	Ertrag
Vorkultur	Winterweizen	1,5 ha	60 dt/ha
Zwischenkultur	Gründüngung (Nicht-Leguminosen)	1,5 ha	-
Hauptkultur	Speisekartoffeln	1,5 ha	450 dt/ha

Bodenanalysen			
Merkmal	Resultat	Interpretation	Korrekturfaktor
Tongehalt (%)	24,6	Lehm	
Schluff (%)	35,7		
pH-Wert	6,5	schwach sauer	-
Humusgehalt (%)	1,8	humusarm	-
AAE10-P (mg/kg)	49,4	genügend	1,0
AAE10-K (mg/kg)	231,2	Vorrat	0,8
AAE10-Mg (mg/kg)	97,1	mässig	1,2

Düngungsplan					
	kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Korrigierte Düngungsnorm					
Zwischenkultur		30	0	0	0
Hauptkultur		120	85	450	20
Korrekturen					
Ertragskorrektur Zwischenkultur		0	0	0	0
Ertragskorrektur Hauptkultur		0	0	0	0
Bodenanalyse Zwischenkultur		0	0	0	0
Bodenanalyse Hauptkultur		0	0	-82	4
Ernterückstände Zwischenkultur		0	0	0	0
Ernterückstände Vorkultur		0	-13	-75	-5
N-Mineralisierungspotential		0	-	-	-
N-Nachwirkung org. Dünger		0	-	-	-
N-Nachwirkung Gründüngung		-20	-	-	-
Winter- u. Frühjahrsniederschläge		-10	-	-	-
Bodenbearbeitung (Hacken)		0	-	-	-
Übertrag Vorjahr		0	0	0	0
Empfohlene Düngung		120	72	293	19
Nährstoffzufuhr					
Hofdünger		0	0	0	0
Handelsdünger		120	72	290	32
Saldo aktuelles Jahr		0	0	-3	11
Übertrag ins Folgejahr		0	0	3	-11

16.2 Möglichkeiten zur Reduktion der Stickstoff-Düngung und zum Verzicht auf die Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Düngung

Auch bei der Bemessung der N-Düngung mit Hilfe der in Kap. 7 vorgeschlagenen Methoden kann auf Stufe Betrieb durch weitere Massnahmen die Stickstoffausnutzung verbessert werden oder die N-Düngung extensiviert werden:

- Die prioritäre Zuteilung des Stickstoffs auf einzelne Kulturen muss nach ökonomischen Kriterien erfolgen.
- Die mengenmässig an den Bedarf der Kulturen angepasste Gülle muss genügend verdünnt ausgebracht werden (mind. 1:2, besser 1:3), um die gasförmigen Ammoniakverluste zu verringern (**Tabelle 46**).
- Nitrathaltige N-Dünger erlauben, die Ammoniakverluste zu reduzieren.
- Die Ausbringung von Einzelgaben von mehr als 60 kg N/ha sollte vermieden werden.
- Im Ackerbau sollte die Bodennachlieferung systematisch genutzt werden (z. B. mittels der N_{min}-Methode).
- Die N-Düngung sollte auf Stufe Betrieb geplant werden, um diejenigen Kulturen bevorzugt zu düngen, die am meisten Stickstoff benötigen und/oder diesen am besten in Ertrag umsetzen.
- Die dritte N-Gabe zu Getreide kann zugunsten einer Erhöhung der zweiten Teilgabe reduziert oder ganz eingespart werden, da diese am wenigsten ertragswirksam ist.

- Die Start-N-Gabe zur Saat oder Pflanzung von Zuckerrüben, Mais und Kartoffeln kann reduziert oder ganz weggelassen werden.
- N-Gaben zu Gründüngungskulturen werden nicht empfohlen.
- Im Futterbau sollte der Stickstoffdünger prioritär auf den ertragreichsten Flächen eingesetzt werden.
- Bei leguminosenreichen und insbesondere bei wenig intensiven Kunstwiesen kann N-Dünger eingespart werden.
- Während der Sommertrockenheit sollte auf intensiven Wiesen und Weiden kein N-Dünger verabreicht werden (nicht systematisch auf den gleichen Flächen und nicht während zwei aufeinanderfolgenden Nutzungen).
- Hofdünger sollten primär auf Mähwiesen eingesetzt werden.
- Weiden sollten maximal ein oder zweimal begüht werden. Allfälliger zusätzlicher N-Bedarf sollte mit Mineraldünger-N gedeckt werden.

Bei der Berechnung des Düngungsplanes können sich für einzelne Parzellen nur geringe Düngermengen für P, K und Mg ergeben, welche aus technischen Gründen schwierig auszubringen sind. **Tabelle 51** enthält Angaben zum Vorgehen unter diesen Umständen.

Tabelle 51. Möglichkeiten zum Verzicht auf die Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung in Abhängigkeit des Gehaltes und der Gründigkeit des Bodens sowie der berechneten Düngermenge

P-, K- oder Mg-Versorgungs- klasse (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; tiefgründig: über 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit.

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

Verzichtsgrenzen: weniger als 100 kg P-, K- oder PK-Dünger pro Hektare und 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.

16.3 Wahl der Dünger

Bei der Wahl betriebsfremder Dünger sind in erster Linie ihre Eigenschaften hinsichtlich der Ansprüche von Boden und 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 Düngewahl sind die spezifischen Eigenschaften und Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen, die Eigenschaften des Bodens hinsichtlich Speicherung der Nährstoffe in verfügbarer Form (pH, organische Substanz, Versorgungszustand des Bodens, etc.), die erwünschte Wirkungsgeschwindigkeit der Dünger sowie der Gehalt an erwünschten Nebenbestandteilen (Kalk, Schwefel, Spurenelemente) und unerwünschten Inhaltsstoffen (Schadstoffe). Angaben zu Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Düngern sind in **Tabelle 56 bis Tabelle 59** enthalten.

16.4 Fruchtfolgedüngung

Die Fruchtfolgedüngung erlaubt eine Vereinfachung der Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung bei eindeutig festgelegten Fruchtfolgen. Dazu wird die Summe der korrigierten Normdüngung unter Berücksichtigung von Ernterückständen 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, **Tabelle 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 innerhalb des Betriebes und ist deshalb nicht direkt mit der Düngung vergleichbar.

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.

Für den **Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN)** im Rahmen der Direktzahlungsverordnung (Abschnitt 19.4) haben die Beratungsdienste (AGRIDEA Lindau und Lausanne) das Formular «Suisse-Bilanz» 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.

Zusammengefasst liefern betriebliche Nährstoffbilanzen keine Informationen über die optimale Düngung für Einzelparzellen. Ebenso erlauben sie nicht, die Nährstoffversorgung der Böden zu berücksichtigen. Keine Nährstoffbilanz-Methode ist deshalb für die parzellenscharfe Düngungsbemessung unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung des Bodens geeignet.

17

Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Recyclingdüngern



Für die Ausbringung von Hof- und Mineraldüngern stehen zahlreiche technische Möglichkeiten zur Verfügung. Diese haben sich bezüglich der Dosier- und Verteilgenauigkeit stark entwickelt, um den Pflanzen die Düngermengen bedarfsgerecht verabreichen zu können. Neben der Dosierung und Verteilgenauigkeit wird auch dem Bodenschutz ausreichend Rechnung getragen, indem schwere Transportfahrzeuge mit Breitreifen angeboten werden. Ist die Verwendung von Breitreifen nicht möglich – zum Beispiel in einem stehenden Maisbestand – kann auch durch die Wahl der Düngerform (mineralischer Dünger anstelle von Gülle) dem Bodenschutz Rechnung getragen werden. Bei der Gülleausbringung haben neben dem Verteilsystem die Witterung und Verdünnung erheblichen Einfluss auf die Höhe der N-Verluste durch Ammoniakverflüchtigung.

Tabelle 52 bis Tabelle 55 geben einen Überblick der wichtigsten Ausbring- und Verteilsysteme für die Anwendung von Mineral-, Hof- und Recyclingdüngern.

Bei der **Mineraldüngerausbringung** haben sich vermehrt Zweiseibenstreuer mit Arbeitsbreiten bis 36 Meter durchgesetzt. Sie besitzen gegenüber dem Einscheibenstreuer eine exaktere Querverteilung. Um diese bei Scheibenstreuern zu erhöhen, gehen die Hersteller von einer doppelten zu einer dreifachen Überlappung über. Zur exakten Düngung an die Feldgrenzen und zur Schonung der Gewässerschutzstreifen und Pufferzonen um Biotope sind Randstreueinrichtungen einzusetzen. Aus Kostengründen nimmt die Verbreitung der Pneumatikstreuer, obwohl sie ohne Überlappung arbeiten, stark ab.

Tabelle 52. Eignung und Bewertung verschiedener Ausbringtechniken für Mineraldünger

Mineraldünger		Geeignet für Ausbringung von folgenden Düngerformen			Bewertung ¹ hinsichtlich				
	Verteilsystem	granuliert/ gekörnt	mehlig	flüssig	Dosier-/ Verteilge- nauigkeit	Ammo- niak- verluste	Boden- scho- nung	Hang- taugh- lich- keit	Maschi- nen- kosten
Schleuder- streuer	1-/2-Scheibenstreuer	x	x		2	1 ²	1	1	1
	Pendelrohrstreuer	x	x		2	1 ²	1	1	1
Ausleger- streuer	Pneumatikstreuer	x			1	1 ²	1	2	3
Feld- spritzen	3-Loch-Düsen			x	1	1	1	2	2

Tabelle 53. Eignung und Bewertung verschiedener Ausbringtechniken für Gülle

Gülle*		Bewertung ¹ hinsichtlich				
	Verteilsystem	Dosier-/ Verteil- genauigkeit	Ammoniak- verluste	Boden- schonung	Hang- taugh- lich- keit	Maschinen- kosten
Fass	Prallteller	3-4	3 ³	3	3	1
	Pendelverteiler	2	3 ³	3	3	1
	Schleppschlauchverteiler	1	2	3	4	3
	Injektor (Eindrillgerät)	1	1	4	4	4
Verschlauchung	Prallteller	3-4	3 ³	1	1	2
	Schwenkdüsenverteiler	2	3 ³	1	1	2
	Schleppschlauchverteiler	1	2	1	3	3
Beregnungsmaschine (Rollomat)	Starkregner	4	4 ³	1	3	3
	Düsenbalkenverteiler	2	3 ³	1	3	4
	Schleppschlauchverteiler	1	2	1	3	4

*Für Biogasgülle und flüssiges Gärgut wird die Ausbringung mit Schleppschlauchverteiler oder das Eindringen in den Boden empfohlen (vgl. Abschnitt 12.2).

Mist / Recyclingdünger				Bewertung hinsichtlich ¹				
	Verteilsystem	Geeignet für Ausbringung von folgenden Düngerformen		Dosier-/Verteilgenauigkeit	Ammoniakverluste	Bodenschonung	Hangtauglichkeit	Maschinenkosten
Mist		Mist						
Mistzetter	Liegende Walzen	x		4	3	4	3	2
	Stehende Walzen	x		3	3	3	3	2
	Seitenstreuer	x		3	3	2	2	3
	Tellerstreuer	x		2	3	2	3	3
Recyclingdünger		Kompost/Häckselgut	Ricokalk					
Mistzetter	Stehende Walzen	(x)		3	⁵	³ ⁴	3	2
	Seitenstreuer	x	x	3	⁵	² ⁴	2	3
Kompoststreuer	2-/4-Tellerstreuerwerk	x		2	⁵	² ⁴	3	3
Grossflächenstreuer	2-Scheibenstreuerwerk	x	x	1	⁵	² ⁴	3	4

Legende für Tabelle 52 bis Tabelle 54

- 1 1 = sehr günstig; 2 = günstig; 3 = ungünstig; 4 = sehr ungünstig
- 2 N-Dünger: Harnstoff- und Ammoniumdünger haben ein leicht höheres Ammoniakverlustrisiko als die übrigen 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

Ein exaktes Streuen mit Mineraldüngerstreuern bedingt das Einstellen mittels Streutabelle und die Durchführung einer Abdreprobe, da sich die physikalischen Eigenschaften der Dünger auf Grund der Luftfeuchtigkeit bei unterschiedlichen Ausbringterminen verändern können. Die Applikation von Mineraldüngern in flüssiger Form mittels Pflanzenschutzspritze wird nur vereinzelt auf grösseren Ackerbaubetrieben praktiziert. Zur Anwendung gelangen dabei N- und 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 und geringe Ammoniakverluste. Schneidwerke in den Verteilerköpfen, welche eine Verstopfungen der Maschine verhindern, gehören zum Standard.

Bei der Ausbringung sollte auf die Witterung Rücksicht genommen werden. Eine Ausbringung bei kühler und feuchter Witterung vermindert die Ammoniakverluste. Ebenso ist eine Verdünnung mit Wasser von mind. 1:1 bezüglich der Verluste vorteilhaft.

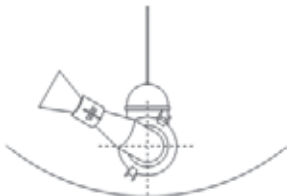
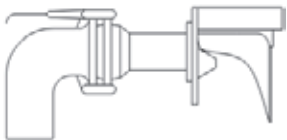
Bei der Ausbringung mit Güllefässern muss dem Bodendruck Rechnung getragen werden. Einfachachsen mit Breitreifen sind vor allem für den Boden und die Grasnarbe günstiger: Tandemachsen zeichnen sich durch eine höhere Laufruhe während der Strassenfahrt aus. Die bodenschonenden Verschlauchungsanlagen können ebenfalls mit Schleppschlauchverteilern kombiniert werden, weisen jedoch gegenüber dem Fass eine geringere Flexibilität auf.

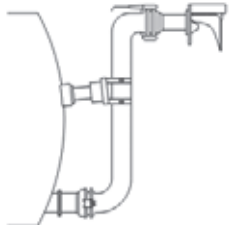
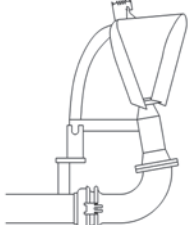
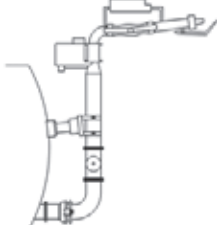
Auch bei der **Mistausbringung** gilt es, die gewünschte Menge möglichst genau über das ganze Feld ausbringen zu können. Auf Wiesen und Weiden sollten die fein verteilten Gaben möglichst unter 15 t pro ha liegen, damit die Verrottung nicht behindert wird. Mistzetter mit stehenden Walzen besitzen eine gute Querverteilung. Ein hydraulischer Kratzbodenantrieb kann den Vorschub stufenlos variieren. Im Berggebiet sind nach wie vor die Seitenstreuer stark verbreitet.

Für die Ausbringung von **Recyclingdüngern** in fester Form kommen vor allem spezielle

Kompost- und Grossflächenstreuer zum Einsatz. Diese zeichnen sich durch eine stabile Bauweise (Streuwanne, Chassis, Achse), hohes Fassungsvermögen und Tellerstreuwerk aus.

Tabelle 55. Merkmale verschiedener Gülleverteiler im Überblick

	Prallteller	Seitenverteiler	Vertikalverteiler	
				
Bauart	einfach	einfach	einfach	
Investition in Fr.	160-1000.–	200-360.–	500-1200.–	
Effektive Arbeitsbreite	5-13 m; je nach Fabrikat/Typ	bis 14 m (ohne Überlappen)	9-13 m; je nach Fabrikat	
Verteilgenauigkeit / Variationskoeffizient (VK)	15-18-35 %	35-42 %	19-24 %	
Verteilgenauigkeit	mehrheitlich befriedigend bis mangelhaft	ungenügend	befriedigend	
Windempfindlichkeit	hoch	hoch	mittel	
Erforderliche Überlappungsbreite	0,5-2 m	–	0,5-1 m	
Überlappungstoleranz	gering	–	sehr gering	
Einstellung Arbeitsbreite	mehrheitlich begrenzt möglich	möglich	nicht möglich	
Exaktes Güllen am Feldanfang bzw. Feldende	nicht möglich	sehr gut möglich	sehr gut möglich	
Weitere Merkmale	Exakter Anbau Verteilgerät sehr heikel	Überlappen problematisch; kann vom Wegrand ins Feld spritzen		
Einsatzmöglichkeiten	Futterbau	Futterbau, Berggebiet (nur sehr bedingt)	Futterbau	

	Hochverteiler	Pendelverteiler	Schwenkdüsen	Schleppschlauchverteiler
				
	mittel	einfach/aufwendig	aufwendig	aufwendig
	1600-2000.–	1500-3300.–	4700-5057.–	20 000-23 000.–
	9-10 m	11-16 m; je nach Einstellung	bis 20 m; je nach Druck u. Einstellung	9-12 m
	16 %	8-10 %	8-9 %	3-8 %
	befriedigend	gut bis sehr gut	sehr gut	sehr gut
	mittel	mittel	gering	gering
	4 m	1,5-2 m	3 m	0
	gering	gut	sehr gut	gering
	möglich (Teleskop)	begrenzt möglich	problemlos möglich	fix vorgegeben
	sehr gut möglich	nicht möglich	nicht möglich	sehr gut möglich
	12 m Arbeitsbreite ergibt ungenauere Verteilung		halbseitiges Verteilen möglich; nicht geeignet für Vakuumfass	gute Emissionsminderung
	Futterbau, Ackerbau	Futterbau, Ackerbau	Futterbau, Berggebiet	Futterbau, Ackerbau

- AGFF, 1999. Güllezusatzmittel. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), Zürich.
- ALP, 2007. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants (Livre vert). Editeur: Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux.
- Champoliver L. & Reau R., 2005. Améliorer la richesse en huile des oléagineux pour répondre aux besoins du marché. *Oléoscope* **82**, 10-13.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. *Fourrages* **185**, 103-122.
- Fritsch F., 2003. Anwendung von Düngemitteln in landwirtschaftlichen Kulturen: Kartoffeln. In: H. Knittel und E. Albert (Hrsg.), *Praxishandbuch Dünger und Düngung*. AGRIMEDIA GmbH, Bergen/Dumme.
- Frossard E., Julien P., Neyroud J.-A. & Sinaj S., 2004. Phosphor in Böden – Standortbestimmung Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 368, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 174 S.
- Levy L., Schwaerzel R. & Kleijer G., 2007. Influence de la fumure azotée sur la qualité des céréales panifiables. *Revue suisse Agric.* **39**, 255-260.
- Limaux F., Recous S., Meynard J. M. und J. M. & Guckert A., 1999. Relationship between rate of crop growth at date fertiliser N application and fate of fertiliser N applied to winter wheat. *Plant Soil*. **214**, 49-59.
- Pellet D., 2000a. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. I. La méthode Jubil® est-elle adaptée aux variétés cultivées en Suisse? *Revue suisse Agric.* **32** (3), 103-108.
- Pellet D., 2000b. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. II. La méthode Jubil® comme complément à celle des normes corrigées. *Revue suisse Agric.* **32** (4), 165-171.
- Pellet D., 2001. Oilseed rape varietal response to nitrogen fertilization. Poster paper presented at the GCIRC technical meeting held in Poznan.
- Pellet D. & Grosjean Y., 2007. Fumure azotée du tournesol: intérêt de la méthode Hélotest pour la Suisse. *Revue suisse Agric.* **39** (1), 5-9.
- Pellet D., Mercier E., Balestra U., Lavanchy J. C., Pfeifer H. R., Keiser A. & Bezençon N., 2003a. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. I. Colza d'automne. *Revue suisse Agric.* **35**, 161-167.
- Pellet D., Mercier E. & Balestra U., 2003b. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. II. Blé d'automne. *Revue suisse Agric.* **35** (4), 181-186.
- Reust W., Hebeisen T. & Ballmer T., 2006. Fumure azotée et nouvelles variétés de pommes de terre cultivées en Suisse. *Revue suisse Agric.* **38** (6), 309-313.
- Schechtner G., 1993. Wirksamkeit der Kalkdüngung auf Grünland. *Die Bodenkultur* **44** (2), 135-152.
- Sluijsmans C. M. J., 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* **126**, 97-103.
- Stünzi H., 2006. Zur Phosphor-Bodenextraktion mit Ammoniumacetat-EDTA (AAE10). *Agrarforschung* **13** (11-12), 488-493.
- Thomet P., Stettler M., Hadorn M. & Mosimann E., 2007. N-Düngung zur Lenkung des Futterangebotes von Weiden. *Agrarforschung* **14** (10), 472-477.
- VSGP/UMS, 2008. Handbuch Gemüse/Manuel des légumes. Verein Schweiz. Gemüseproduzenten/Union maraîchère suisse (VSGP/UMS), Bern.
- Walther U., Ryser J.-P. & Flisch R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001. *Agrarforschung* **8** (6), 1-80.
- Yara, 2008. N-Tester®, Le pilotage de l'azote tout simplement. Broschüre zu Verfügung bei www.yara.fr. 12 S.

Tabelle 56. Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
Stickstoff	Nitrat (Salpeter)	Schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr erhöht	Zeitpunkt und Menge exakt dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen
	Ammonium	Wirkung verzögert und anhaltend Verflüchtigungsgefahr erhöht	Bei längeren regenfreien Perioden leicht 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; Unkontrollierbare Mineralisierung durch Bodenmikroorganismen; dadurch Gefahr von Nitratauswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben; Regelmässige kleinere Gaben; Brachperioden während Vegetationszeit vermeiden, da dann eine unkontrollierte Mineralisierung zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann
Phosphat	Wasserlöslich (z. B. Superphosphat)	Schnelle Wirkung bei allen Böden Schwach bodenversauernd	Neutrale und alkalische Böden: regelmässiger Einsatz; Saure Böden: gelegentlicher Einsatz
	Ammoncitratlöslich (z. B. Renania-Phosphat)	Teils schnelle, teils langsame Wirkung	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,6; in normal versorgten Böden bis pH-Wert 7,5
	Zitronensäurelöslich (z. B. Thomasmehl, Thomaskalk, Knochenmehl)	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 sauren (pH-Wert < 5,8) und leicht sauren (pH-Wert 5,9-6,7) Böden
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; Bei sehr sandigen Böden im Frühjahr ausbringen; Reduzierte Gaben zu chloempfindlichen Kulturen
	Kaliumsulfat (z. B. Kalisulfat, Kalimagnesia)	Wasserlöslich; Schnelle Wirkung; Wirkt leicht bodenversauernd; Enthält 15-20 % Schwefel	Einsatz bei chloempfindlichen Kulturen, Kulturen mit erhöhtem Schwefelbedarf sowie bei säureliebenden Kulturen
	Kaliumnitrat	Wasserlöslich; Schnelle Wirkung	Geeignet für Blattdüngung; Spezialdünger für Sonderfälle (Gemüse, Tabak)
Magnesium	Magnesiumsulfat (z. B. Kieserit, Bittersalz)	Wasserlöslich, schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr bei 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, lang anhaltende Wirkung	Einsatz zur Erhaltungsdüngung bei allen Bodenarten

Tabelle 56 (Fortsetzung). Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
Schwefel	Sulfat	Wasserlöslich Schnelle Wirkung Erhöhte Auswaschungsgefahr	Zeitpunkt und Menge dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen (Einsatz wie mineralischer N-Dünger)
	Organisch	Langsame und unsichere Wirkung; Unkontrollierbare Mineralisierung durch Bodenmikroorganismen, dadurch Gefahr von Auswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben Regelmässige kleinere Gaben

Tabelle 57. 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 /MgCO 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 % H ₂ O 1,1 % P ₂ O ₅ 0,6 % Mg 0,3 % N	mittel

Tabelle 58. Schwefelgehalte einiger Mineraldünger

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

Tabelle 59. Einfluss verschiedener Dünger auf die Bodenreaktion (pH-Wert)

Versauernde Wirkung (pH-senkend)	Neutrale oder alkalische Wirkung (pH-erhaltend oder pH-erhöhend)
Sulfatdünger	Kalkstickstoff
Ammoniumdünger	Thomasmehl, Thomaskalk
Harnstoff	Hyperphosphat
Superphosphat, Triplesuperphosphat	Schweinegülle
Rindergülle	Kalkdünger (vgl. Tab. 57)

Tabelle 60a. Nährstoffgehalte pflanzlicher Produkte

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

Kultur	Ertrag des Ernte- produkts (dt/ha)	Produkt	TS (%)	Nährstoffgehalt (kg/t Frischsubstanz)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert
Getreide und Mais															
Winterweizen (Brot- und Biskuitweizen)	60	Körner	85	15,0	25,0	20,2	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	6,0 (5)	4,3 (3,6)	0,8	1,2	1,2
	70	Stroh	85	3,0	7,0	3,1	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	7,0 (5,8)	15,0 (12,5)	10,7 (8,9)	0,6	1,0	0,7
Winterweizen (Futterweizen)	75	Körner	85	15,0	25,0	17,3	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	6,0 (5)	4,3 (3,6)	0,8	1,2	1,2
	75	Stroh	85	2,0	7,0	2,8	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	7,0 (5,8)	15,0 (12,5)	10,7 (8,9)	0,6	1,0	0,7
Sommerweizen	50	Körner	85	18,0	26,0	20,2	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	5,0 (4,2)	4,3 (3,6)	1,0	1,4	1,2
	60	Stroh	85	3,0	7,0	3,1	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	8,0 (6,6)	14,0 (11,6)	10,7 (8,9)	0,3	0,7	0,7
Wintergerste	60	Körner	85	13,0	17,0	14,8	8,0 (3,5)	10,0 (4,4)	8,4 (3,7)	4,0 (3,3)	8,0 (6,6)	5,4 (4,5)	0,8	1,2	1,1
	60	Stroh	85	3,0	6,0	4,3	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	2,2 (1)	12,0 (10)	24,0 (19,9)	16,0 (13,3)	0,2	0,6	0,6
Sommergerste	55	Körner	85	10,0	16,0	14,8	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,4 (3,7)	5,0 (4,2)	7,0 (5,8)	5,4 (4,5)	0,9	1,3	1,1
	55	Stroh	85	3,0	7,0	4,3	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	2,2 (1)	16,0 (13,3)	24,0 (19,9)	16,0 (13,3)	0,2	0,6	0,6
Winterhafer	55	Körner	85	13,0	19,0	16,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,0
	70	Stroh	85	3,0	7,0	5,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,7 (1,2)	18,0 (14,9)	24,0 (19,9)	21,0 (17,4)	0,6	1,2	0,9
Sommerhafer	55	Körner	85	13,0	19,0	16,5	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,0
	70	Stroh	85	3,0	7,0	4,1	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,7 (1,2)	18,0 (14,9)	24,0 (19,9)	21,0 (17,4)	0,6	1,2	0,9
Winterroggen (Populationssorten)	55	Körner	85	13,0	18,0	13,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	70	Stroh	85	3,0	7,0	3,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,0 (0,9)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Winterroggen (Hybridsorten)	65	Körner	85	13,0	18,0	13,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	75	Stroh	85	3,0	7,0	3,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,0 (0,9)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Dinkel	45	Körner	85	14,0	18,0	16,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	70	Stroh	85	3,0	7,0	5,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,5 (1,1)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Wintertriticale	60	Körner	85	15,0	20,0	16,0	7,0 (3,1)	11,0 (4,8)	7,2 (3,1)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	4,9 (4,1)	0,8	1,2	0,9
	75	Stroh	85	3,0	10,0	3,3	1,0 (0,4)	4,0 (1,7)	1,4 (0,6)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	18,0 (14,9)	0,6	0,9	0,6
Sommertriticale	55	Körner	85	15,0	20,0	16,0	7,0 (3,1)	11,0 (4,8)	7,2 (3,1)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	4,9 (4,1)	0,8	1,2	0,9
	70	Stroh	85	3,0	10,0	3,3	1,0 (0,4)	4,0 (1,7)	1,4 (0,6)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	18,0 (14,9)	0,6	0,9	0,6

Tabelle 60a (Fortsetzung). Nährstoffgehalte pflanzlicher Produkte

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

Kultur	Ertrag des Ernteprodukts (dt/ha)	Produkt	TS (%)	Nährstoffgehalt (kg/t Frischsubstanz)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert
Emmer, Einkorn	25	Körner	85	17,0	27,0	22,0	6,0 (2,6)	10,0 (4,4)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,8	2,0	1,4
	45	Stroh	85	3,0	5,0	4,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	3,0 (1,3)	7,0 (5,8)	11,0 (9,1)	9,0 (7,5)	0,4	0,8	0,6
Körnermais	95	Körner	85	11,0	15,0	13,0	4,0 (1,7)	8,0 (3,5)	5,9 (2,6)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	4,0 (3,3)	0,6	1,4	0,9
	105	Stroh	85	4,0	8,0	7,3	2,0 (0,9)	5,0 (2,2)	2,4 (1,1)	14,0 (11,6)	30,0 (24,9)	17,4 (14,5)	0,7	1,9	1,3
Silomais	170	Ganzpflanze	100	10,0	15,0	11,8	4,0 (1,7)	7,0 (3,1)	4,8 (2,1)	10,0 (8,3)	21,0 (17,4)	13,0 (10,8)	0,9	1,5	1,3
Grünschnittmais	60	Ganzpflanze	100	14,0	24,0	19,0	5,0 (2,2)	8,0 (3,5)	6,5 (2,8)	22,0 (18,3)	32,0 (26,6)	27,0 (22,4)	0,8	1,2	1,0
Knollen- und Wurzelfrüchte															
Kartoffeln (Speisekartoffeln und technische Verarbeitung)	450	Knollen	22	2,0	4,0	3,0	1,0 (0,4)	2,0 (0,9)	1,3 (0,6)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,4 (4,5)	0,2	0,2	0,2
	200	Kraut	14	0,0	2,0	1,4	0,0 (0)	1,0 (0,4)	0,5 (0,2)	4,0 (3,3)	9,0 (7,5)	6,5 (5,4)	0,2	0,5	0,4
Kartoffeln (Frühkartoffeln)	300	Knollen	18	1,0	3,0	2,3	1,0 (0,4)	2,0 (0,9)	1,5 (0,7)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,2	0,2	0,2
	200	Kraut	8	2,0	5,0	3,3	0,0 (0)	1,0 (0,4)	0,7 (0,3)	4,0 (3,3)	10,0 (8,3)	7,0 (5,8)	0,3	0,8	0,6
Kartoffeln (Saatkartoffeln)	250	Knollen	18	1,0	3,0	2,3	1,0 (0,4)	2,0 (0,9)	1,5 (0,7)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,2	0,2	0,2
	200	Kraut	8	2,0	5,0	3,3	0,0 (0)	1,0 (0,4)	0,7 (0,3)	4,0 (3,3)	10,0 (8,3)	7,0 (5,8)	0,3	0,8	0,6
Zuckerrüben	750	Rüben	22	1,0	3,0	1,2	0,0 (0)	1,0 (0,4)	0,6 (0,3)	2,0 (1,7)	4,0 (3,3)	2,0 (1,7)	0,2	0,4	0,3
	500	Kraut/ Köpfe	15	2,0	4,0	3,3	0,0 (0)	2,0 (0,9)	0,8 (0,3)	5,0 (4,2)	7,0 (5,8)	6,3 (5,2)	0,4	1,0	0,9
Futterrüben	175	Rüben	100	9,0	13,0	11,0	4,0 (1,7)	6,0 (2,6)	5,0 (2,2)	15,0 (12,5)	21,0 (17,4)	18,0 (14,9)	1,1	1,5	1,3
	400	Kraut/ Köpfe	15	2,0	5,0	3,5	0,0 (0)	1,0 (0,4)	0,8 (0,3)	6,0 (5)	8,0 (6,6)	7,0 (5,8)	0,5	1,3	0,9
Öl- und Faserpflanzen															
Winterraps	35	Körner	90	26,0	34,0	26,1	13,0 (5,7)	19,0 (8,3)	14,6 (6,4)	8,0 (6,6)	11,0 (9,1)	8,5 (7,1)	2,0	3,2	2,4
	65	Stroh	85	5,0	10,0	7,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,0 (0,9)	12,0 (10)	18,0 (14,9)	12,4 (10,3)	0,6	2,0	0,6
Sommerraps	25	Körner	90	26,0	34,0	26,1	13,0 (5,7)	19,0 (8,3)	14,6 (6,4)	8,0 (6,6)	11,0 (9,1)	8,5 (7,1)	2,0	3,2	2,6
	45	Stroh	85	5,0	10,0	7,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,0 (0,9)	12,0 (10)	18,0 (14,9)	12,4 (10,3)	1,0	2,0	1,5
Sonnenblumen	30	Körner	85	28,0	35,0	31,5	9,0 (3,9)	13,0 (5,7)	11,0 (4,8)	7,0 (5,8)	10,0 (8,3)	8,4 (7)	2,3	3,7	3,0
	60	Stroh	60	8,0	10,0	9,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,7 (1,2)	55,0 (45,7)	68,0 (56,4)	61,5 (51)	6,5	8,5	7,5
Ölhaf	13	Körner	90	40,0	52,0	46,0	20,0 (8,7)	30,0 (13,1)	25,0 (10,9)	7,0 (5,8)	15,0 (12,5)	11,0 (9,1)	4,1	6,7	5,4
	60	Stroh	85	7,0	11,0	9,0	3,0 (1,3)	5,0 (2,2)	4,0 (1,7)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	14,0 (11,6)	1,0	2,0	1,5

Kultur	Ertrag des Ernteprodukts (dt/ha)	Produkt	TS (%)	Nährstoffgehalt (kg/t Frischsubstanz)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert	min	max	Wert
Faserhanf	100	Stängel	85	2,0	4,0	3,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	3,0 (1,3)	7,0 (5,8)	11,0 (9,1)	9,0 (7,5)	0,3	0,7	0,5
	40	Körner/ Blätter	90	23,0	32,0	27,5	12,0 (5,2)	18,0 (7,8)	15,0 (6,5)	20,0 (16,6)	35,0 (29,1)	27,5 (22,8)	3,0	(7,0)	5,0
Öllein	20	Körner	90	45,0	64,0	54,5	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	7,0 (5,8)	12,0 (10)	9,5 (7,9)	0,3	0,7	0,5
	25	Stroh	85	4,0	8,0	6,0	4,0 (1,7)	6,0 (2,6)	5,0 (2,2)	13,0 (10,8)	23,0 (19,1)	18,0 (14,9)	0,5	1,2	0,9
Faserlein (Flachs)	45	Stroh	85	8,0	12,0	10,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,0 (3,1)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	1,0	3,0	2,0
	15	Körner	90	45,0	64,0	54,5	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	7,0 (5,8)	12,0 (10)	9,5 (7,9)	0,3	0,7	0,5
Chinaschiff	200	Ganzpflanze	100	1,0	3,0	2,1	0,8 (0,3)	2,0 (0,9)	1,0 (0,4)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	5,6 (4,6)	0,2	0,3	0,3
Kenaf	50	Ganzpflanze	100	15,0	25,0	20,0	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	12,0 (10)	20,0 (16,6)	16,0 (13,3)	1,0	3,0	2,0
Körner- und Eiweissleguminosen															
Eiweisserbsen	40	Körner	85	30,0	40,0	35,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,9	1,5	1,2
	50	Stroh	85	16,0	24,0	20,0	5,0 (2,2)	10,0 (4,4)	7,5 (3,3)	13,0 (10,8)	19,0 (15,8)	16,0 (13,3)	1,8	2,6	2,2
Ackerbohnen	40	Körner	85	30,0	50,0	40,0	11,0 (4,8)	17,0 (7,4)	14,0 (6,1)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	14,0 (11,6)	2,0	3,0	2,5
	45	Stroh	85	20,0	40,0	30,0	3,0 (1,3)	4,0 (1,7)	3,5 (1,5)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	2,8	3,8	3,3
Soja	30	Körner	85	45,0	75,0	60,0	10,0 (4,4)	18,0 (7,8)	11,7 (5,1)	15,0 (12,5)	23,0 (19,1)	19,3 (16)	2,0	3,0	2,0
	30	Stroh	85	25,0	45,0	35,0	10,0 (4,4)	15,0 (6,5)	11,7 (5,1)	20,0 (16,6)	40,0 (33,2)	21,4 (17,8)	2,9	8,0	2,9
Süßslupine	30	Körner	88	45,0	65,0	55,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	11,0 (9,1)	16,0 (13,3)	13,5 (11,2)	1,6	2,4	2,0
	30	Stroh	85	25,0	45,0	35,0	3,0 (1,3)	5,0 (2,2)	4,0 (1,7)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	3,0	5,0	4,0
Zwischenkulturen															
Gründüngung (Leguminosen)	25	Ganzpflanze	100	20,0	36,0	28,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	24,0 (19,9)	48,0 (39,8)	36,0 (29,9)	1,5	2,5	2,0
Gründüngung (Nicht-Leguminosen)	25	Ganzpflanze	100	20,0	36,0	28,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	24,0 (19,9)	48,0 (39,8)	36,0 (29,9)	1,5	2,5	2,0
Zwischenfutter	25	Ganzpflanze	100	24,0	32,0	28,0	8,0 (3,5)	11,0 (4,8)	9,5 (4,1)	25,0 (20,8)	45,0 (37,4)	35,0 (29,1)	2,0	3,0	2,5
Übrige Kulturen															
Tabak Burley	25	Blätter	100	25,0	35,0	30,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,3 (3,2)	40,0 (33,2)	60,0 (49,8)	50,0 (41,5)	2,3	3,3	2,8
	30	Stängel	100	20,0	26,0	23,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,3 (3,2)	35,0 (29,1)	55,0 (45,7)	45,0 (37,4)	1,5	2,5	2,0
Tabak Virginie	25	Blätter	100	20,0	30,0	25,0	5,0 (2,2)	6,0 (2,6)	5,5 (2,4)	40,0 (33,2)	55,0 (45,7)	47,5 (39,4)	1,5	2,5	2,0
	25	Stängel	100	8,0	12,0	10,0	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,5 (3,7)	40,0 (33,2)	60,0 (49,8)	50,0 (41,5)	3,0	(5,0)	4,0

Tabelle 60b. Nährstoffgehalte von Futterpflanzen.

Kultur	Trocken- substanz- gehalt (%)	Nährstoffgehalte (kg/t Trockensubstanz)				
		N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	Ca
Wiesen und Weiden						
Wiese intensiv	100	22-27 ¹	6,5-9,5 ² (2,8-4,1)	21-43 ³ (17,4-35,7)	2-3 ⁴	6-10 ⁵
Wiese mittelintensiv	100	16-23 ¹	6-9 ² (2,6-3,9)	16-38 ³ (13,3-31,5)	1,8-2,8 ⁴	5,5-9,5 ⁵
Wiese wenig intensiv	100	12-20 ¹	5,5-8,0 ² (2,4-3,5)	12-33 ³ (10,0-27,4)	1,6-2,6 ⁴	4-9 ⁵
Wiese extensiv	100	10-15 ¹	5-7 ² (2,2-3,1)	12-28 ³ (10,0-23,2)	1,5-2,5 ⁴	3,5-7,5 ⁵
Weide intensiv	100	24-30 ¹	7-10 ² (3,1-4,4)	25-46 ³ (20,8-38,2)	2-3 ⁴	6,5-10 ⁵
Weide mittelintensiv	100	18-26	6,5-9,5 ² (2,8-4,1)	19-42 ³ (15,8-34,9)	1,8-2,8 ⁴	6-9,5 ⁵
Weide wenig intensiv	100	13-22 ¹	6,0-8,5 ² (2,6-3,7)	14-37 ³ (11,6-30,7)	1,6-2,6 ⁴	4,5-9 ⁵
Weide extensiv	100	10-20 ¹	5,5-7,5 ² (2,4-3,3)	12-33 ³ (10,0-27,4)	1,5-2,5 ⁴	4-7,5 ⁵
Leguminosen-, Grassamenproduktion						
Leguminosen, Reinsaat	100	20-40	4-10 (1,7-4,4)	16-39 (13,3-32,4)	1,4-3	12-18
Gräser, Reinsaat	100	12-26	4-11 (1,7-4,8)	14-39 (11,6-32,4)	1,4-3	3-6

- 1 Gräserreiches Futter enthält 5 bis 10 % weniger, leguminosenreiches 10 bis 25 % mehr und kräuterreiches 0 bis 10 % 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 Phosphorentzug 10 bis 20 % grösser.
- 3 Der tiefere der beiden Werte entspricht dem Entzug bei einer ausreichenden Kaliumversorgung für den betreffenden Wiesentyp; der höhere Wert entspricht dem häufigen Fall eines übermässigen Kaliumangebotes; die Angaben gelten auch für gräser- oder klee-reiche Bestände; in kräuterreichen Beständen liegen die Werte 10 bis 20 % höher.
- 4 Diese Entzugswerte werden durch den Gräser- oder den Kleeanteil wenig beeinflusst; bei einem hohen Kräuteranteil ist der Entzug 10 bis 20 % grösser; im Futter einer Italienisch-Raigraswiese kann der Magnesiumgehalt der Trockenmasse unter 0,15 % fallen, besonders im Frühjahr; im Sommer ist der Gehalt im Durchschnitt 30 % höher als im Frühling.
- 5 Ein gräserreicher Pflanzenbestand entzieht 20 % weniger Ca, und ein kleereicher oder ein kräuterreicher Bestand 20 bis 50 % mehr; im Sommer sind die Entzüge pro Ertragseinheit im Durchschnitt 20 % höher als im Frühjahr.

Tabelle 61. Nährstoffgehalte von tierischen Produkten 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	1,6	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, Sauen¹	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
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
Eier	18	1,8	4,1	1,2	1,4	0,5	33

- 1 Mutterschweine in Bilanzen meist nicht berücksichtigt.

Tabelle 62. 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	Phosphorpentoxid ¹
P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid ¹	0,436	P	Phosphor
K	Kalium	1,205	K ₂ O	Kaliumoxid
K ₂ O	Kaliumoxid	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 · 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	0,476	MgO	Magnesiumoxid
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat	1,427	MgSO ₄	Magnesiumsulfat

Tabelle 62 (Fortsetzung). Umrechnungsfaktoren für verschiedene Nährstoffformen

Gegeben		Faktor	Gesucht	
Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung		Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung
S	Schwefel	2,995	SO ₄	Sulfat
S	Schwefel	2,498	SO ₃	Sulfit
SO ₄	Sulfat	0,334	S	Schwefel
SO ₃	Sulfit	0,401	S	Schwefel
B	Bor	5,627	H ₃ BO ₃	Borsäure
B	Bor	8,819	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H 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
B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid	2,739	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H 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 · 10H ₂ O	Borax
H ₃ BO ₃	Borsäure	0,572	B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,113	B	Bor
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,638	H ₃ BO ₃	Borsäure
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,365	B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid
Mn	Mangan	4,061	MnSO ₄ · 4H ₂ O	Mangansulfat
Mn	Mangan	3,603	MnCl ₂ · 4H ₂ O	Manganchlorid
MnSO ₄ · 4H ₂ O	Mangansulfat	0,246	Mn	Mangan
MnCl ₂ · 4H ₂ O	Manganchlorid	0,278	Mn	Mangan
Cu	Kupfer	3,928	CuSO ₄ · 5H ₂ O	Kupfersulfat
CuSO ₄ · 5H ₂ O	Kupfersulfat	0,255	Cu	Kupfer
Fe	Eisen	4,979	FeSO ₄ · 7H ₂ O	Eisensulfat
FeSO ₄ · 7H ₂ O	Eisensulfat	0,201	Fe	Eisen
Zn	Zink	4,398	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zinksulfat
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zinksulfat	0,227	Zn	Zinksulfat
Mo	Molybdän	1,840	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	Ammoniummolybdat
Mo	Molybdän	2,522	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Natriummolybdat
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	Ammoniummolybdat	0,543	Mo	Molybdän
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Natriummolybdat	0,397	Mo	Molybdän

1 In der Düngergesetzgebung wird P₂O₅ historisch bedingt auch als Phosphat bezeichnet.

- SR 916.171** Verordnung vom 10. Januar 2001 über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV)
- SR 916.171.1** Verordnung des EVD vom 16. November 2007 über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung EVD, DüBV)
- SR 910.18** Verordnung vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel (Bio-Verordnung)
– Düngung (Art. 12)
- SR 910.181** Verordnung des EVD vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft
– Dünger (Art. 2)
– Zugelassene Dünger Präparate und Substrate (Anhang 2)
- SR 814.20** Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (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)
- SR 814.01** Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG)
– Umweltgerechter Umgang (Art. 28)
– Auskunftspflicht (Art. 46)
- SR 814.81** Verordnung vom 18. Mai 2005 zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV)
- SR 814.201** Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)
– 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 vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG)
– Umweltgefährdende Stoffe (Art. 18)
- SR 921.01** Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (Waldverordnung, WaV)
– 3. Abschnitt: Verwendung umweltgefährdender Stoffe
- SR 910.13** Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV)
– Ausgeglichene Düngerbilanz (Art. 6)
– Anhang (1. Tit., 3. Kap.); Ökologischer Leistungsnachweis: Technische Regeln:
– Ausgeglichene Düngerbilanz (Ziff. 2)
- SR 910.133** Verordnung vom 29. März 2000 über Sömmerungsbeiträge (Sömmerungsbeitragsverordnung, SöBV)
– Festsetzung des Normalbesatzes (Art. 6)

Tabelle 63. Begriffe und Abkürzungen

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
B	Bor
BS	Basensättigung, prozentualer Anteil der Summe der Calcium-, Kalium-, Magnesium- und Natrium-Ionen von der Kationenaustauschkapazität
Ca	Calcium
Ca(OH)₂	Calciumhydroxid, gelöschter Kalk, Ätzkalk
CaCO₃	Calciumkarbonat, kohlensaurer Kalk, Düngkalk
CaO	Calciumoxid, gebrannter Kalk
Cl	Chlor
Cu	Kupfer
Ernterückstände	Anfallende Nebenprodukte im Pflanzenbau (Stroh, Kartoffelstauden, Rübenblätter usw.)
Fe	Eisen
Frischmist	Weniger als 1 Monat gelagerter Mist
FS	Frischsubstanz
Gülle kotarm	Enthält den grössten Teil des Harns und wechselnde Mengen an Kot (je nach Aufstallungssystem und Einstreumengen)
GVE	Grossvieheinheit
Hennenmist, Pouletmist, Trutenmist	Enthält nebst der Einstreu die gesamten Ausscheidungen von Geflügel
Hennenkot	Enthält die gesamten Ausscheidungen von Geflügel aus Kotband-Aufstallungssystemen
K₂O	Kaliumoxid
Kälber-, Schweine-, Pferde-, Schaf- und Ziegenmist	Mehr als 3 Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigten Platz gelagerter Mist. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und einen unterschiedlichen Teil des Harnanfalls
KAK, KUK	Kationenaustauschkapazität, Kationenumtauschkapazität
Laufstallmist	Mist aus Tiefstreulaufställen. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und Harnanfall
LHP	Legehennenplatz
Mg	Magnesium
MgCO₃	Magnesiumkarbonat
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
MJ	Megajoule
Mn	Mangan
Mo	Molybdän
MPP	Mastpouletplatz
MSP	Mastschweineplatz
N	Stickstoff
Nährstoffentzug	Aufgenommene Nährstoffmenge im Hauptprodukt und im anfallenden Nebenprodukt (ohne unvermeidbare Ernteverluste, Stoppeln und Wurzeln)
Nährstoffrichtwerte Hofdünger	Die Werte wurden grösstenteils mit Hilfe von Fütterungsplänen (je nach Tierart mit mehreren Rationen) berechnet. Teilweise wurden auch Hofdüngeranalysen aus Praxisbetrieben verwendet. Im Einzelfall können in Abhängigkeit von Fütterung und Aufstallungssystem grössere Abweichungen auftreten.

Tabelle 63 (Fortsetzung). Begriffe und Abkürzungen

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
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.
NH₃	Ammoniak
NH₄⁺	Ammonium
N_{lös}	Wasserlösliche Stickstoffformen (Ammonium, Harnstoff, u. a.) in Ausscheidungen der Tiere und in Hofdüngern
N_{min}	Mineralstickstoffgehalt des Bodens. Er umfasst den Nitrat- und Ammoniumgehalt aus feldfrischen Proben.
NO₃⁻	Nitrat
Norm (P, K, Mg)	Nährstoffbedarf der Kulturen für gute Durchschnittserträge mit einwandfreier Qualität
Norm korrigiert (P, K, Mg)	Nährstoffdüngbedarf der Kulturen für gute Durchschnittserträge mit einwandfreier Qualität bei optimaler Nährstoffversorgung des Bodens
Norm (Stickstoff)	Stickstoffdüngbedarf unter durchschnittlichen Boden- und Witterungsbedingungen zur Erzielung guter Erträge mit einwandfreier Qualität
N_{tot}	Gesamt-Stickstoff (unabhängig von der Form)
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 insbesondere 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 Hofdüngewirtschaft ist als Folge erhöhter N-Verluste die N-Wirkung oft geringer.
OS	Organische Substanz
P₂O₅	Phosphorpentoxid
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
S	Schwefel
SO₃	Sulfit
SO₄	Sulfat
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
TS	Trockensubstanz
VES	Verdauliche Energie Schwein
Vollgülle, Schweinegülle	Enthält die gesamten Ausscheidungen der Tiere und eventuelle Einstreumaterialien (Strohhäcksel, Sägemehl, Späne usw.).
Zn	Zink
ZSP	Zuchtschweineplatz

Veranstaltungen

Die aktualisierte Liste mit den Veranstaltungen finden Sie unter www.agrarforschung.ch/de/veranst.php

Februar 2009

2.-6.2.2009

Besuchswochen an ART Tänikon, Tänikon, Ettenhausen

5.2.2009

Informationsabend Master in angewandten Agrar- und Forstwissenschaften, SHL, 3052 Zollikofen

5.2.2009

Journée Agriculture, ACW Changins, 1260 Nyon, Aula

11.-13.2.2009

10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Werte - Wege - Wirkungen, ETH Zürich, Zürich

16.-20.2.2009

Besuchswochen an ART Tänikon, Tänikon, Ettenhausen

16.-17.2.2009

Logistik in der Landwirtschaft - umweltgerecht und kostenbewusst, VDI-Fachtagung LAND. TECHNIK FÜR PFOFIS, Spelle im Emsland/D

16.-17.2.2009

VDI-Fachtagung LAND. TECHNIK FÜR PROFIS, Spelle im Emsland/D

17.2.2009

FiBL-Kurs: "Laufställe für horntragende Kühe", FiBL, Frick

19.-22.2.2009

Agroscope Stand zum Thema Hofdünger an der Tier und Technik in St. Gallen, St. Gallen, Olma Messen

19.-22.2.2009

Tier & Technik, Fachmesse und Treffpunkt für Landwirte, St. Gallen, Olma-Messehallen

22.2.2009

SIMA 2009, Paris/F

25.2.2009

Fachtagung über aktuelle Entwicklungen in der Landtechnik an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, Ettenhausen

März 2009

5.3.2009

Biolegehennentagung, FiBL, Frick

5.3.2009

Pflanzenschutztagung Gemüsebau, ACW Wädenswil

13.3.2009

Nachweis der geographischen Herkunft von Pouletfleisch und Rindstrockenfleisch, Agroscope ALP, Liebefeld-Posieux, Liebefeld

25.3.2009

Schnuppertag an der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft SHL, SHL, 3052 Zollikofen

25.3.2009

Informationsabend Master in angewandten Agrar- und Forstwissenschaften, Schweizerische Hochschulen für Landwirtschaft SHL, 3052 Zollikofen

25.-26.3.2009

2. Tänikoner Melktechniktag, ART Tänikon

25.-26.3.2009

DES FOURRAGES DE QUALITE POUR DES ELEVAGES A HAUTES PERFORMANCES ECONOMIQUES & ENVIRONNEMENTALES, Salle des Congès du Ministère de l'Ecologie et de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Av. de Ségur 20, 75007 Paris/France

April 2009

1.-2.4.2009

Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie (SGA), Gentechnik in der Landwirtschaft - Wirtschaftliche, Soziale und Rechtliche Aspekte, Naters/VS

24.4.-3.5.2009

LUGA, Zentralschweizer Erlebnismesse, Allmend, Luzern

Mai 2009

5.5.2009

Fachtagung VBB0-/MARSEP- Ringversuche und Düngerkontrolle, Forschungsanstalt Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

14.5.2009

Futterbau in der Beratung- Vom Gras, Kraut und Klee zum Bestand, organisiert von AGFF, ProfiLait, Agridea und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Olten/SO

15.-24.5.2009

BEA/Pferd, Ausstellung für Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie, Bern

Juni 2009

7.6.2009

Breitenhoftagung, Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen

8.-10.6.2009

Pacioli-Workshop 17: Treffen der Vertreter/-innen landwirtschaftlicher, europäischer Buchhaltungsnetze, ART, Tänikon

9.-12.6.2009

Suisse Public, 19. Schweizerische Fachmesse für öffentliche Betriebe und Verwaltungen, BEA Expo Bern

18.6.2009

Tagung zum Thema Landschaftsbild in Agrarlandschaften und ihre Wertschätzung durch verschiedene Bevölkerungsgruppen, Forschungsanstalt Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon

19.6.2009

Kundeninformationstag der Forschungsgruppe "Sorten und Saargut" an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, Ettenhausen

Juli 2009

15.7.2009

Güttingertagung, Obstbau-Versuchsbetrieb, Güttingen

August 2009

15.8.2009

Güttinger Tagung, ACW, Obstbau-Versuchsbetrieb Güttingen/TG

September 2009

3.-6.9.2009

Gras09 - Internationales Wiesenfest, organisiert von AGFF und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Oensingen/SO

6.9.2009

Tag der offenen Tür 2009 an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon/Ettenhausen

15.9.2009

4. Ökobilanzplattform Landwirtschaft - Fallbeispiele Fleisch, Obst und Gemüse, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART)

17.9.2009

Informationstagung Agrarökonomie an der

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

29.9.2009

Journée ALP 2009, Journée d'information Agroscope Liebefeld-Posieux et Agridea Lausanne, Posieux/FR

Oktober 2009

1.10.2009

Actualisation économie agricole, organisé par Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART et Agridea, Posieux/FR

2.10.2009

ALP-Tagung, Informationstagung Agroscope Liebefeld-Posieux, Agridea Lausanne, Posieux/FR

13.-14.10.2009

Informationstagung Landtechnik, organisiert von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART und Agridea, Tänikon, Ettenhausen

November 2009

6.-7.11.2009

67. Internationale Tagung «LAND.TECHNIK - AgEng», Hannover/D

17.-18.11.2009

Weiterbildungskurs für Baufachleute, Tänikon/Ettenhausen

30.11.-4.12.2009

Winterbesuchswochen an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholz, 8046 Zürich

9. Internationale Fachmesse für Nutztierhaltung, landwirtschaftliche Produktion, Spezialkulturen und Landtechnik

19. – 22. Februar 2009
St.Gallen

Tier & Technik

Messeangebot

- Nutztierhaltung, Tierzucht
- Hof- und Stalleinrichtungen, Fördermittel
- Landwirtschaftliche Architektur, Stallbau
- Futterernte, Futterkonservierung, Fütterungstechnik
- Milchproduktion, Melktechnik
- Fleischproduktion
- Reb-, Obst- und Gemüsebau, Spezialkulturen, Baumpflege
- Erneuerbare Energien
- Tieraussstellungen, Vortragsreihe
- Sonderschau «Grasland Schweiz: Hofdünger»

Öffnungszeiten: 9 – 17 Uhr

www.tierundtechnik.ch > OnlineTicket



Olma Messen
St.Gallen

Vorschau

Band 16, März 2009

- Holzheizungen im Vergleich
- Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen herbizidtoleranter Kulturen
- Bodenbeeinträchtigungen durch Tractor Pulling
- Floristische Entwicklung der Magerwiesen in den Alpen
- Für eine nachhaltige Wirtschaftlichkeit im Apfelanbau
- Gentechnisch veränderte Pflanzen in der Schweiz?
- Sortenliste Mais

AGRAR Forschung

«Agrarforschung» ist die Zeitschrift der Forschungsanstalten, Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, des Departements Agrar- und Lebensmittelwissenschaften der ETH Zürich, der Fachhochschule für Landwirtschaft in Zollikofen (SHL) sowie des Bundesamtes für Landwirtschaft, das gleichzeitig Herausgeber der Zeitschrift ist.

Aktuelle Forschungsergebnisse für Beratung und Praxis:

Agrarforschung publiziert 11-mal im Jahr Forschungsergebnisse über Pflanzenbau, Nutztiere, Agrarwirtschaft, Landtechnik, Lebensmittel, Umwelt und Gesellschaft.

Agrarforschung ist auch online verfügbar unter:
www.agrarforschung.ch

Bestellen Sie jetzt Ihre Gratisausgabe!



Name/Firma _____

Vorname _____

Strasse/Nr. _____

PLZ/Ort _____

Beruf _____

E-Mail _____

Datum _____ Unterschrift _____

____ **Gratisausgabe bestellen – Talon einsenden an:**

Redaktion Agrarforschung,
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux,
Tel. +41 (0)26 407 72 21, Fax +41 (0)26 407 73 00,
E-Mail: agrarforschung@alp.admin.ch, www.agrarforschung.ch



AGROline hat für jede Kultur das passende Produkt und für Sie die richtigen Dienstleistungen: Den kompetenten AGROline-Berater und die AGROSYSTEM Bodenanalysen. POLYDOR kommt für Ihren Boden wie bestellt: Kraftnahrung für Mais – für einen hohen, gesunden Ertrag.

Optimierter Gehalt mit Zink!



Das Programm für moderne Pflanzenernährung

AGROline AG, 4051 Basel
Tel. 061 270 95 50 · www.agroline.ch

**SCHWEIZER
DÜNGER.
QUALITÄT
AUS DER
SCHWEIZ.**



POLYDOR

Power für Mais.

MIT ZINK!

Impressum

Agrarforschung ist die Zeitschrift der Forschungsanstalten Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Reckenholz-Tänikon ART, Changins-Wädenswil ACW, des Departementes Agrar- und Lebensmittelwissenschaften der ETH Zürich sowie der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen

Herausgeber: Bundesamt für Landwirtschaft, CH-3003 Bern

Internet: www.agrarforschung.ch

Redaktion: Andrea Leuenberger, *Agrarforschung*, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux, Tel. +41 26 407 72 21, Fax +41 26 407 73 00, E-Mail: agrarforschung@alp.admin.ch

Sekretariat: Nicole Boschung, *Agrarforschung*, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux, Tel. +41 26 407 72 21, Fax +41 26 407 73 00, E-Mail: agrarforschung@alp.admin.ch

Redaktionsteam: Vorsitz: Jean-Philippe Mayor (Direktor Agroscope ACW); Jörg Beck (ETH Zürich); Karin Bovigny (BLW); Carole Enz (ACW); Etel Doroszalai (ART); Gerhard Mangold (ALP); Beat Huber-Eicher (SHL)

Abonnement: Preis: Fr. 61.-/36.-* (Ausland: SFr. 65.-/41.-*) inkl. MWSt. und Versandkosten (* reduzierter Tarif für Studierende).

Information und Online-Bestellung: www.agrarforschung.ch

Anzeigenregie: Annoncen-Agentur Biel AG, Längfeldweg 135, 2501 Biel-Bienne, Tel. +41 32 344 82 98, Fax +41 32 344 83 53, E-Mail: anzeigen@gassmann.ch

Druckerei: Glasson Imprimeurs Editeurs SA, Icobulle, CH-1630 Bulle

© Copyright. Nachdruck von Artikeln gestattet, bei Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplars an die Redaktion.

ISSN 1022-663X

Bestellung

Die GRUDAF 2009 können zum Preis von SFr. 20.- plus Versandkosten bestellt werden bei:

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Frau Alma Modes, ART-Bibliothek, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Tel. 052 368 32 62, Fax 052 365 11 90, E Mail: doku@art.admin.ch

UFA-Highspeed

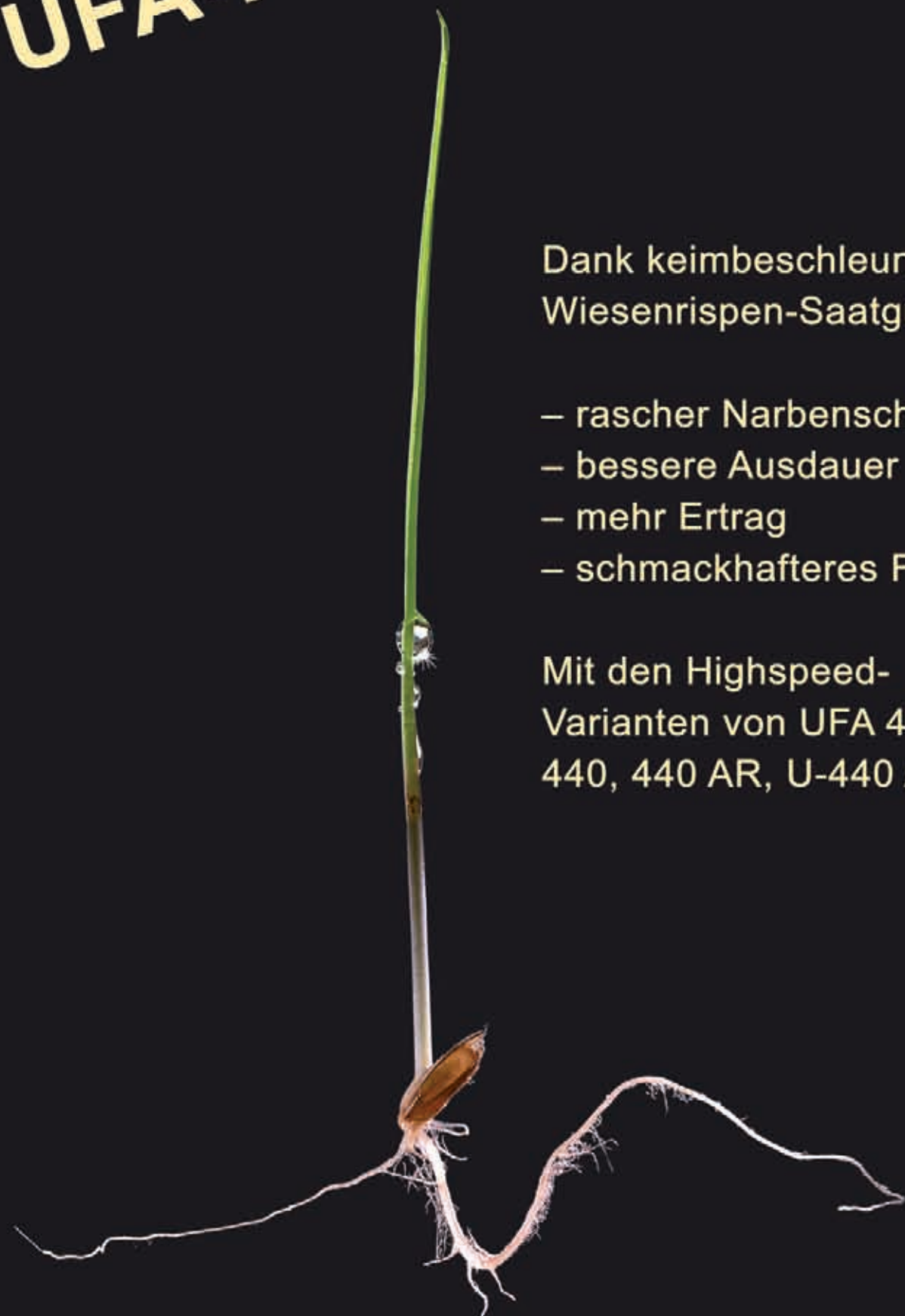


www.ufasamen.ch

Dank keimbeschleunigtem
Wiesenrispen-Saatgut:

- rascher Narbenschluss
- bessere Ausdauer
- mehr Ertrag
- schmackhafteres Futter

Mit den Highspeed-
Varianten von UFA 430,
440, 440 AR, U-440 AR



Erhältlich in Ihrer LANDI