

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	Nährstoffzug 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
Kultur										
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 (368)	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	Nährstoffzug 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 (Populationsorten)	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)

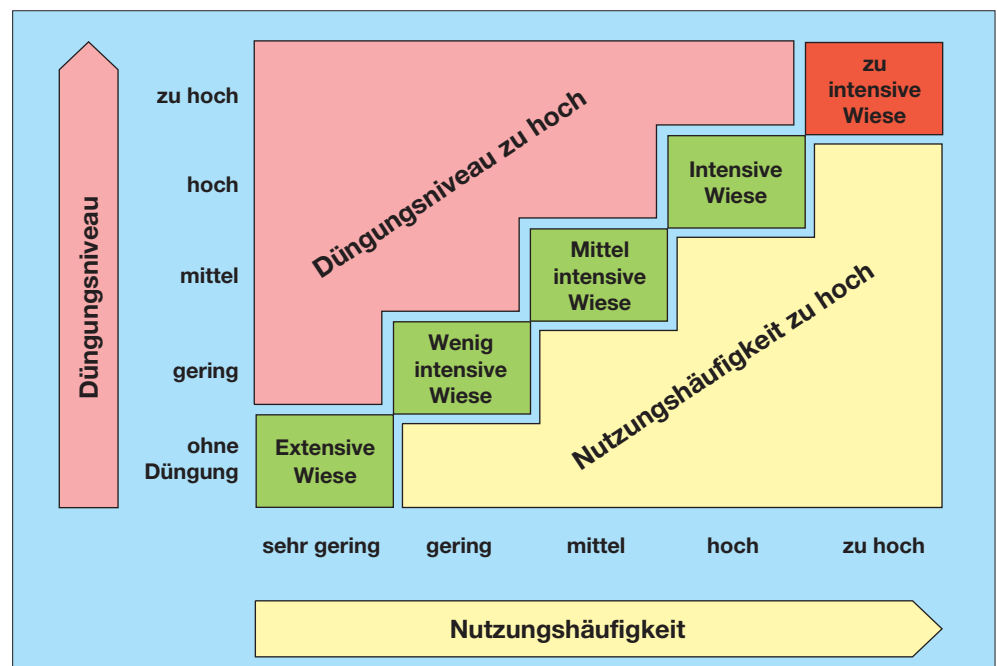


Tabelle 3. Jährliche Entzüge und korrigierte Düngungsnormen gemäss Tabelle 4 für N, P, K und Mg für Wiesen und Weiden in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsintensität
Diese korrigierten Normen gelten sowohl für Naturwiesen wie für Kunstwiesen.

Bewirtschaftungsintensität ² (Anzahl Nutzungen pro Jahr)	Höhenlage ¹ (m ü. M.)	Jahresertrag 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 intensiv⁸ (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 Futterproduktion¹⁵							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.

Bewirtschaftungsintensität ² (Anzahl Nutzungen pro Jahr)	Höhenlage ¹ (m ü. M.)	Jahresertrag 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	
WEIDE¹¹											
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 intensiv¹³ (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	

- 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
- Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrter Ertrag > 10 dt TS/ha)
- 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)
- 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
- 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
- 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
- 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)
- Bei Mähweidenutzung sind von diesen Düngungsnormen pro Weidenutzung Abzüge gemäss Tabelle 5 vorzunehmen
- 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
- Diese Angaben gelten vor allem für Italienisch-Raigras-Wiesen
- Bei den Düngungsnormen für die Weiden ist der Nährstoffanfall der Weidetiere während der Weidedauer bereits berücksichtigt
- 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
- Die Düngungsnormen für mittel intensiv und intensiv genutzte Weiden gelten für ein Weidesystem mit Stallhaltung (erster Wert) oder ohne Stallhaltung (zweiter Wert)
- Diese Normen gelten ebenfalls für intensive Standweiden (Weide ohne Umtrieb, Kurzrasenweide)
- 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 betriebsspezifischen Bedingungen. Es ist deshalb empfehlenswert, sie auf Stufe Betrieb zu überprüfen, indem man sich auf die von den Tieren verzehrte Jahresfuttermenge stützt. Bei Weidenutzung kann der verzehrte Ertrag folgendermassen geschätzt werden:

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

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 Weiden¹	0,60/0,40	0,30/0,08	0,80/0,80
Mittelintensive Weiden¹	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 Weidenfutter 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



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 Analysenergebnisse	Masseinheit der Berechnung		
Zeitpunkt	Tiefe									
Zeitraum zwischen Ernte der letzten Kultur und Düngung der nach- folgenden Kultur. Vorzugs- weise stets an der gleichen Stelle in der Fruchtfolge.	0-10 cm in Naturwiesen bzw. 0-20 cm in Kunst- wiesen 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 Ammonium- acetat + 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							
			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+			
Basen- sättigung (BS)				%	BS = (K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) cmol+ * 100 / KUK					
Kurz vor dem Dünge- termin (Frühjahr, Mai, Juni)	0-90 cm (0-30, 30-60, 60-90)	feldfeucht (gekühlt) absieben (10 mm)	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), andererseits 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 CaCl₂-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, CaCl₂-Methode) und des Tongehaltes des Bodens für Böden mit weniger als 10 % Humus

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

Mg-Test	Tongehalt 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 Ca²⁺ durch die EDTA komplexiert, womit eine Ausfällung von Calciumphosphat unterbunden wird und das Phosphat in Lösung bleibt. Ist die Ca²⁺-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 K_2O/ha in zwei Teilgaben auszubringen (z. B. bei Vegetationsbeginn und nach der 2. Nutzung). Im Ackerbau sind mögliche Salzschäden bei empfindlichen Kulturpflanzen zu verhindern, indem Kaliumgaben in mineralischer Form auf 300 kg K_2O/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 ($MgCO_3$ in Dolomitskalk) 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.