

FAP RECKENHOLZ

RAC CHANGINS

FAC LIEBEFELD

Düngungsrichtlinien

für den Acker- und Futterbau



Impressum

Herausgeber: Eidgenössische Forschungsanstalt für
landwirtschaftlichen Pflanzenbau
Zürich-Reckenholz (FAP)

Station fédérale de recherches
agronomiques de Changins (RAC)

Eidgenössische Forschungsanstalt für
Agrikulturchemie und Umwelthygiene
Liebefeld-Bern (FAC)

Autoren: Ulrich Walther (FAP)
Jean-Pierre Ryser (RAC)
René Flisch (FAP)
Albrecht Siegenthaler (FAC)

Graphik: Elsbeth Plüss (FAP)

Druck: Bawarel Offsetdruck AG, Affoltern a. A.

Vertrieb: Landwirtschaftliche Beratungszentrale
8307 Lindau
(Tel. 052/33 19 21)

© 1987 by FAP, RAC, FAC

FAP RECKENHOLZ RAC CHANGINS FAC LIEBEFELD

Düngungsrichtlinien

für den

Acker- und Futterbau

Autoren: Ulrich Walther, Jean-Pierre Ryser
René Flisch, Albrecht Siegenthaler

Grafik: Elsbeth Plüss

Vertrieb: Landwirtschaftliche Beratungszentrale, 8307 Lindau

Vorwort

Die «**Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau**» enthalten die wichtigsten **Grundlagen zur Lösung praktischer Düngungsfragen**. Sie wurden erstmals 1964 von den landwirtschaftlichen Forschungsanstalten als Dokument der SVBL (Schweizerische Vereinigung zur Förderung der Betriebsberatung in der Landwirtschaft) herausgegeben. 1972 folgte eine vollständig überarbeitete Ausgabe.

Das Hauptziel der zweiten vollständigen Neufassung besteht darin, neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Düngung mit dem heutigen landwirtschaftlichen Pflanzenbau zu vereinen. Zusätzlich wurde ein Kapitel über Düngung und Umwelt in das Dokument integriert, um auch die Grenzen einer pflanzengerechten Düngung aufzuzeigen. Damit wurde der Versuch unternommen, ein etwas umfangreicheres Basisdokument zu schaffen, welches betriebstechnische und ökologische Gesichtspunkte der Düngung ebenfalls einschliesst.

Die vorliegenden Richtlinien richten sich an alle an der Düngung interessierten Kreise. Im Vordergrund stehen landwirtschaftliche Beratungs- und Lehrkräfte sowie die Landwirte. Für spezielle Beratungs- und Lehraufgaben wird die LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau) und die Pflanzenbaukommission des SVIAL (Schweizerischer Verband der Ingenieur-Agronomen und der Lebensmittel-Ingenieure) verschiedene Auszüge auf der Basis dieser Richtlinien redaktionell bearbeiten und herausgeben.

Für die französischsprachige Schweiz wird die «Commission romande des fumures», in Zusammenarbeit mit den Fachleuten der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt in Changins, ein entsprechendes Dokument herausgeben. Dafür werden die vorliegenden Richtlinien, mit den bodenkundlich-klimatisch und betrieblich bedingten Anpassungen an die Westschweiz, massgebend sein.

Es ist uns ein Anliegen, allen Mitarbeitern der Forschungsanstalten, den Mitgliedern der Pflanzenbaukommission des SVIAL und der Commission romande des fumures sowie der LBL für ihre tatkräftige Mitarbeit recht herzlich zu danken.

Wir hoffen, dass das vorliegende Dokument einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung einer gezielten pflanzen- und umweltgerechten Düngung in der Praxis, im Sinne des integrierten Pflanzenbaus, leisten wird.

Winter 1986/87

Die Autoren

Inhalt

	Seite		Seite
1. Aufgaben und Ziele der Düngung	6	6. Bemessung von Kalkgaben und Düngung mit Mikronährstoffen	19
– Das landwirtschaftliche Düngungskonzept (Abb. 1)	7	– Kalk (Tab. 13)	19
2. Düngungsnormen	8	– Bor und Mangan (Tab. 14)	20
– Düngungsnormen für einzelne Kulturen (Tab. 1)	8	7. Nährstoffzufuhr durch Hofdünger, Ernterückstände, Gründüngung und Klärschlamm	21
3. Eigenschaften und Nährstoffzustand des Bodens	10	– Stallmist (Tab. 15)	21
– Bodenuntersuchungsmethoden (Tab. 2)	10	– Pflanzenbauliche Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülle- und Klärschlamm-anwendung (Abb. 3)	22
– Einteilung der Böden nach Korngrössenzusammensetzung (Abb. 2)	11	– Gülle (Tab. 16)	23
– Einteilung der Böden nach dem Gehalt an organischer Substanz bzw. «Humus» (Tab. 3)	11	– Ernterückstände (Tab. 17)	23
– Bodenreaktion (pH-Wert) und Kalkzustand (Tab. 4)	12	– Klärschlamm (Tab. 18)	24
– Phosphat- und Kaliversorgung (Tab. 5)	12	8. Düngungsplanung	25
– Magnesiumversorgung (Tab. 6)	13	9. Düngung und Qualität der Ernteprodukte	26
– Bor- und Mangangehalt (Tab. 7)	13	10. Düngung und Umwelt	26
– Grenzwerte für die Bodenversalzung (Tab. 8)	13	– Pflanzenbauliche Grenzwerte für den Tierbesatz in Abhängigkeit der Bodennutzung (Tab. 19)	27
4. Bemessung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung	14	– Umrechnung verschiedener Nutztierkategorien und -arten (GVE, MSP, LHP) in Düngergrossvieheinheiten (Tab. 20)	27
– Schema zur Bemessung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumgaben (Tab. 9)	14	– Richtwerte für minimale Lagerungskapazität der anfallenden Gülle (Tab. 21)	27
– Empfohlene Phosphat-, Kali- und Magnesiumgaben bei unterschiedlichem Nährstoffzustand des Bodens (Tab. 10)	14	– Beurteilung der Gefahr des Oberflächenabflusses von Düngemitteln (Tab. 22)	28
5. Bemessung der Stickstoffgaben	16	– Beurteilung des Filtrationsvermögens des Bodens für flüssige Düngemittel (Tab. 23)	29
– Ackerbau (Tab. 11)	17		
– Futterbau (Tab. 12)	18		

	Seite
11. Anhang	30
– Entzüge an Hauptnährstoffen verschiedener Kulturen pro 10 bzw. 100 dt Erntesubstanz (Tab. 24)	30
– Richtwerte für den jährlichen Anfall von Stalldüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems (Tab. 25)	31
– Richtwerte für den Gehalt an Trockensubstanz, organischer Substanz und Nährstoffen von Stalldüngern in kg/m ³ Gülle bzw. kg/Tonne (10 dt) Mist (Tab. 26)	32
– Richtwerte für das Ermitteln der Abwassermenge, die in die Güllegrube geleitet wird (Tab. 27)	33
– Richtwerte für den jährlichen Anfall an organischer Substanz und Nährstoffen von Rind, Schwein und Huhn (Tab. 28)	33
– Durchschnittlicher gewichteter Nährstoffgehalt von Klärschlamm (Tab. 29)	33
– Gehalte und Eigenschaften mineralischer Stickstoffdünger (Tab. 30)	34
– Gehalte und Eigenschaften verschiedener Phosphatdünger (Tab. 31)	35
– Gehalte mineralischer Kali- und Magnesiumdünger (Tab. 32)	36
– Gehalte und Eigenschaften verschiedener Kalkdünger (Tab. 33)	36

1. Aufgaben und Ziele der Düngung

Die Hauptaufgabe der heutigen Landwirtschaft besteht in der Nahrungsmittelproduktion für die nichtlandwirtschaftliche Bevölkerung. Dadurch verlassen bestimmte Nährstoffmengen in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten den Boden und den Hof.

Die primäre Aufgabe der Düngung besteht darin, die durch die heutige Wirtschaftsweise geöffneten Nährstoffkreisläufe innerhalb des Betriebes wieder zu schliessen, damit kein Raubbau am Boden entsteht, der die Bodenfruchtbarkeit entscheidend negativ beeinflussen würde.

Der Begriff «Düngung» umfasst jegliche Zufuhr von Pflanzennährstoffen (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) in irgendwelcher Form zum Boden und den Pflanzen. Mit Hilfe der Düngung soll erreicht werden, dass die Pflanzen jederzeit ein optimales Nährstoffangebot vorfinden, damit das Wachstum der Kulturen, sowie Ertrag und Qualität nicht geschmälert werden.

Die heutigen Vorstellungen einer pflanzengerechten Düngung sind im **landwirtschaftlichen Düngungskonzept** (Abbildung 1) zusammengefasst. Daraus geht hervor, dass für eine erfolgreiche Düngung folgende Aspekte in der aufgeführten Reihenfolge zu berücksichtigen sind:

1. Nährstoffbedarf der Pflanzen
2. Nährstoffgehalt des Bodens
3. Anfall betriebseigener Hofdünger
4. Nährstoffgehalt und weitere Eigenschaften von Hof-, Abfall- und Handelsdüngern
5. Verhalten der Düngemittel und Nährstoffe im Boden
6. Zeitlicher Nährstoffbedarf der einzelnen Kulturen
7. Wirtschaftlichkeit

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

1. Das Gesetz des Minimums, welches besagt, dass derjenige Wachstumsfaktor (Nährstoff, Wasser, Licht, Temperatur), welcher im Minimum vorhanden ist, das Ertrags- und Qualitätsniveau bestimmt.
2. Das Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses. Dieses beinhaltet die biologische Tatsache, dass bei steigendem Nährstoffangebot der Ertragszuwachs pro Nährstoffeinheit immer kleiner wird und gegen null strebt. Bei zu hohem Nährstoffangebot können Ertrags- und Qualitätsminderungen auftreten. Dies gilt auch für andere Wachstumsfaktoren (Wasser, Temperatur usw.).

Das Ziel der Düngung besteht nicht in der Ertragsmaximierung, sondern in einer maximalen Ausnutzung der (beschränkt vorhandenen) Nährstoffe, die zu optimalen Erträgen von einwandfreier Qualität führt.

In diesem Zusammenhang darf nie vergessen werden, dass die Düngung kein geeignetes Mittel ist, Mängel infolge pflanzenbaulicher Fehlentscheide (Fruchtfolge, Bodenverdichtungen durch ungeeignete Bodenbearbeitungs- oder Erntezeitpunkte, Saatzeitpunkt, Sortenwahl, Pflanzenschutz, usw.) zu korrigieren.

Das landwirtschaftliche Düngungskonzept für eine gezielte, pflanzen- und umweltgerechte Düngung

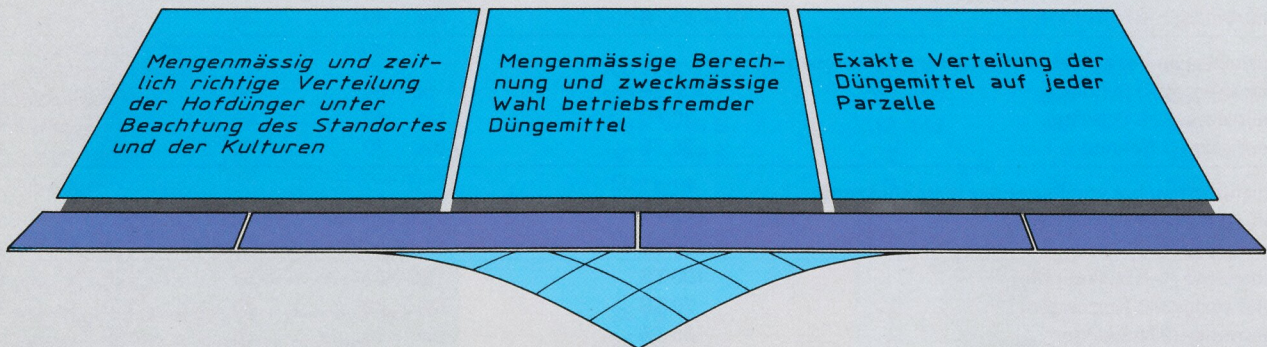
LEITPRINZIPIEN DER DÜNGUNG

- Deckung der Nährstoffansprüche der Pflanzen
- Sicherung der Ertragsfähigkeit des Bodens
- Beachtung ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte

GRUNDLAGEN



MASSNAHMEN



ZIEL

- Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit
- Einwandfreie Qualität der Ernteprodukte
- Optimale Erträge bei minimalem Nährstoffeinsatz
- Minimale Nährstoffverluste

2. Düngungsnormen

Die Düngungsnormen geben Auskunft über den **Nährstoffbedarf** verschiedener Kulturen bei guten Durchschnittserträgen (Tabelle 1). Er entspricht in der Regel, mit Ausnahme des Stickstoffes, dem Nährstoffentzug. Bei einzelnen Kulturen trifft dies aus verschiedenen Gründen (Nährstoffaneignungsvermögen, Mineralstoffgehalte der Ernteprodukte usw.) nicht zu; d.h. der Nährstoffbedarf ist kleiner bzw. grösser als der Nährstoffentzug.

Die Tabelle enthält für die Ackerkulturen ein Ertragsniveau, welches von den meisten Betrieben im Durchschnitt der Jahre erreicht werden dürfte. Liegt das Ertragsniveau auf einzelnen Betrieben oder in bestimmten Regionen regelmässig deutlich (15–20%) tiefer (z.B. Randgebiete des Ackerbaues), sind die Normdüngungen entsprechend zu reduzieren, bei regelmässig deutlich höheren Erträgen zu erhöhen.

Tab. 1 **Düngungsnormen für einzelne Kulturen bei guten Durchschnittserträgen**

Kultur	Ertragsniveau (dt/ha)*	Düngungsnormen (kg/ha)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
I. Naturfutterbau bei früher und häufiger Mähnutzung**					
1. Naturwiese (5–6 Nutzungen)	150 TS	150–250	120	360	40
2. Naturwiese (4–5 Nutzungen)	125 TS	150–220	100	300	35
3. Naturwiese (3–4 Nutzungen)	100 TS	100–150	80	240	30
4. Naturwiese (2–3 Nutzungen)	70 TS	50–120	60	180	20
5. Naturwiese (1–2 Nutzungen)	35 TS	bis 40	30	90	10
II. Naturfutterbau bei später Mähnutzung («Heuwiesen»)					
6. Naturwiese (2–3 Schnitte)	100 TS	50– 80	60	180	30
7. Naturwiese (1–2 Schnitte)	70 TS	bis 50	40	120	20
8. Naturwiese (1 Schnitt)	35 TS	bis 30	20	60	10
III. Naturfutterbau bei vorwiegender Weidenutzung					
9. Naturwiese (6–7 Nutzungen)	150 TS	150–250	80	200	25
10. Naturwiese (5–6 Nutzungen)	125 TS	150–220	60	150	20
11. Naturwiese (4–5 Nutzungen)	100 TS	100–150	50	120	15
12. Naturwiese (3–4 Nutzungen)	70 TS	bis 80	40	100	10
13. Naturwiese (2 Nutzungen)	35 TS	bis 30	20	60	5
IV. Kunstfutterbau					
14. Gras-Weissklee- und Ital.-Raigras-Klee-Mischungen (5–6 Nutzungen)	150 TS	150–250	120	360	40
15. Gras-Weissklee- und Ital.-Raigras-Klee-Mischungen (4–5 Nutzungen)	125 TS	150–220	100	300	30
16. Gras-Weissklee-Mischungen (3–4 Nutzungen)	100 TS	100–150	80	240	25
17. Mattenklee- und Luzerne-Gras-Mischungen					
a) bei hohem Leguminosenanteil	125 TS	0	110	300	45
b) bei geringem Leguminosenanteil	125 TS	150–220	100	300	25

* TS = Trockensubstanz; F = Frischsubstanz; K = Körner; S = Stroh; R = Rüben; Kr = Kraut; B = Blätter; St = Stengel; Kn = Knollen

** Die Normdüngung wird pro Weidenutzung um rund 7 kg P₂O₅/ha und 25 kg K₂O/ha reduziert

Tab. 1 Fortsetzung

Kultur	Ertragsniveau (dt/ha)*	Düngungsnormen (kg/ha)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
V. Zwischenfutterbau, Äugstlen					
18. Grünmais	60 TS	40-100	50	160	20
19. Herbst-Zwischenfrüchte	35 TS	20- 50	35	120	10
20. Überwinternde Zwischenfrüchte (Gras-Klee-Mischungen)	60 TS	40- 80	50	150	15
a) bei Herbst- und Frühjahrsnutzung (2-3 Schnitte)	40 TS	30- 60	35	105	10
b) bei frühjahrsbetonter Nutzung (1-2 Schnitte)	40 TS	30- 50	35	105	10
21. Äugstlen (1-2 Schnitte)	40 TS	30- 50	35	105	10
VI. Ackerbau					
22. Winterweizen	10 K + 75 S	50-160	75	130	15
23. Sommerweizen	50 K + 65 S	50-140	65	110	10
24. Wintergerste	60 K + 65 S	50-130	75	150	15
25. Sommergerste	45 K + 50 S	50-120	55	120	10
26. Hafer	55 K + 70 S	50-120	65	190	10
27. Roggen/Korn	50 K + 75 S	50-120	60	120	10
28. Triticale	60 K + 80 S	50-130	75	130	15
29. Raps	35 K + 65 S	80-160	95	150	20
30. Kartoffeln (für Speise- und Futterzwecke sowie technische Verarbeitung)	450 Kn + 125 Kr	60-140	110	300	25
31. Saat- und Frühkartoffeln	250 Kn + 70 Kr	50-120	70	190	15
32. Zuckerrüben	600 R + 500 Kr	50-150	90	300	60
33. Futterrüben (Futterzucker-, Halbzucker- und Massenrüben)	160 TSR + 400 Kr	50-150	115	300	50
34. Silomais	160 TS	80-150	100	260	30
35. Körnermais	80 K + 95 S	80-140	100	260	30
36. Ackerbohnen	40 K + 45 S	0	70	150	25
37. Konservenerbsen	50 Kerne	0	55	120	20
38. Futtererbsen (Eiweisserbsen)	50 Kerne	0	70	120	20
39. Tabak	25 B (inkl. St)	80-170	40	260	15
VII. Gründüngung					
40. Nichtleguminosen (Rübsen, Phacelia usw.)	25 TS	20- 50	25	90	10
41. Leguminosen (z.B. Alexandrinerklee)	25 TS	0	25	90	10

* TS = Trockensubstanz; F = Frischsubstanz; K = Körner; S = Stroh; R = Rüben; Kr = Kraut; B = Blätter; St = Stengel; Kn = Knollen

3. Eigenschaften und Nährstoffzustand des Bodens

Zur Realisierung einer gezielten Düngung sind neben den Nährstoffbedürfnissen der Pflanzen auch verschiedene Bodeneigenschaften zu berücksichtigen. Diese können mittels **periodischer Bodenuntersuchungen** (ca. alle 3–5 Jahre), welche der Optimierung der zukünftigen Düngung, aber auch zur Kontrolle früherer Düngungsmassnahmen dienen, erfasst werden (Unterlagen für eine korrekte Probeentnahme – welche für die Güte der Resultate entscheidend ist – können bei den landwirtschaftlichen Forschungsanstalten bezogen werden).

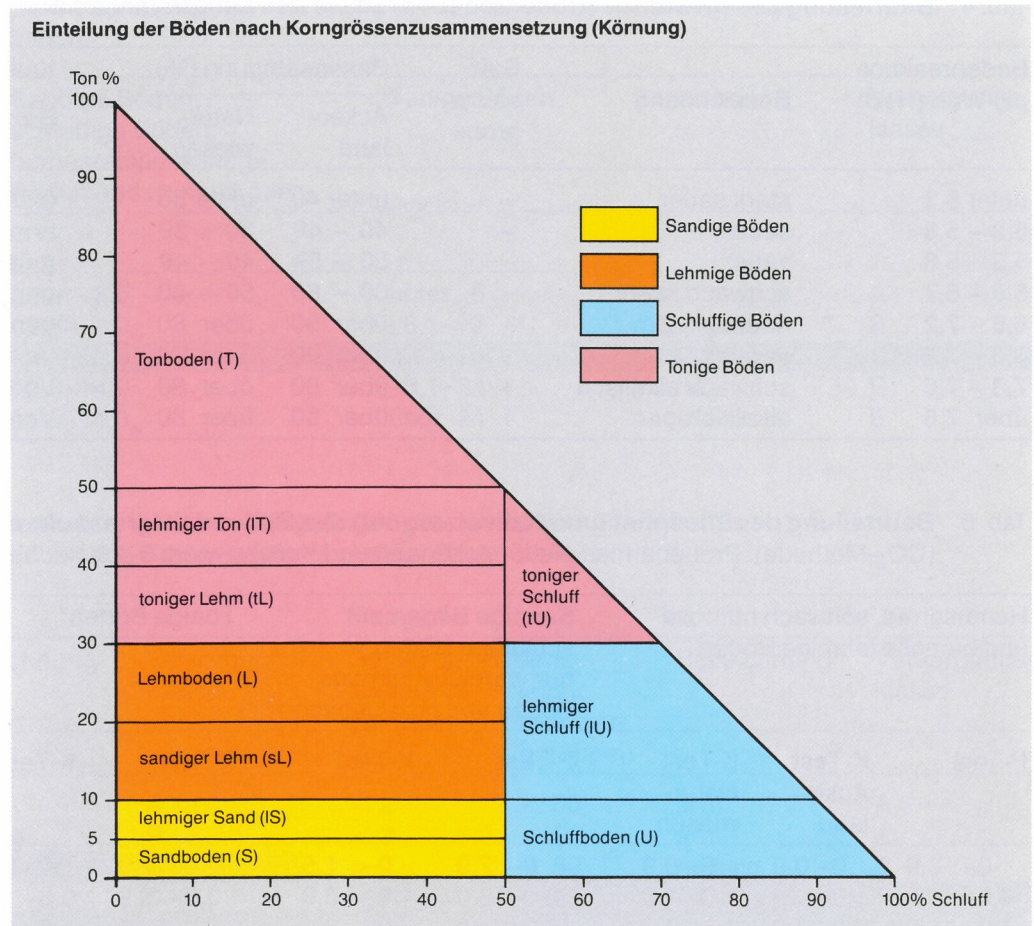
Die wichtigsten zur Zeit von den Forschungsanstalten verwendeten Untersuchungsmethoden für Bodenproben aus dem Feldbau sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Bezüglich der Körnung werden die Böden in die folgenden vier Gruppen eingeteilt: sandige, lehmige, schluffige und tonige Böden, welche ihrerseits verschiedene Untergruppen umfassen (Abbildung 2). Der Gehalt an organischer Substanz («Humus») wird in 5 Klassen unterteilt (Tabelle 3). Der Säuregrad bzw. Kalkzustand wird mit Hilfe des pH-Wertes, der Salzsäureprobe und – wenn

Tab. 2 Die wichtigsten Bodenuntersuchungsmethoden der Eidg. Forschungsanstalten im Hinblick auf eine optimale Gestaltung der Düngungsmassnahmen im landw. Pflanzenbau

Probeentnahme		Proben- auf- arbeitung	Untersuchungs- kriterium (Nährelement/ Bodeneigenschaft)	Extraktions- mittel	Verhältnis Boden zu Extraktions- mittel	Schüttel- zeit/ Extraktions- zeit	Masseinheit der Analysen- resultate	Definition der Masseinheit	
Zeitpunkt	Tiefe (cm)								
Zeitraum zwischen Ernte der letzten Kultur und Düngung der nachfolgenden Kultur	0–10 (Natur- wiesen)	Trocknen (max. 60°C) und auf 2 mm absieben	P	CO ₂ -gesättigt H ₂ O	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	P-Test 1 = 0,0356 mg P ₂ O ₅ pro 100 g Boden	
	bzw. 0–20 (Acker- land)		K	CO ₂ -gesättigt H ₂ O	1 : 2,5	1 Std.	Testzahl	K-Test 1 = 1 mg K ₂ O pro 100 g Boden	
			Mg	0,025-n CaCl ₂	1 : 10	2 Std.	Testzahl	Mg-Test 1 = 1 mg Mg pro 100 g Boden	
				Mn (austauschbar)	1-n NH ₄ -Acetat	1 : 10	0,5 Std.	ppm	mg Mn pro kg Boden
				Mn (leicht reduzierbar)	1-n NH ₄ -Acetat + Hydrochinon	1 : 10	0,5 Std.	ppm	mg Mn pro kg Boden
				B	Heisswasser	1 : 5	5 Min. (Rück- flussskühler)	ppm	mg B pro kg Boden
				H⁺	dest. Wasser	1 : 2,5	mind. 12 Std. (stehen lassen)	pH-Wert	
		CaCO₃	HCl konz. (1 : 1 verd.)	–	–	%	g CaCO ₃ pro 100 g Boden		
Kurz vor dem Düngetermin (Frühjahr)	0–100 (0– 30, 30– 60, 60–100)	feldfeucht (gekühlt) absieben (10 mm)	NO₃-N + NH₄-N	1-n NaCl + 0,1-n CaCl ₂	1 : 4	1 Std.	kg N/ha		

Abbildung 2



Tab. 3 Einteilung der Böden nach dem Gehalt an organischer Substanz bzw. Humus
 [% «Humus» = % organisch gebundener Kohlenstoff (C) × 1,72]

Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff (% org. C)	Ungefäher Gehalt an «Humus» (= org. Substanz) in %	Bezeichnung
unter 1,2	unter 2,0	ha = humusarm
1,2 – 2,9	2 – 4,9	sh = schwach humos
3,0 – 5,9	5 – 9,9	h = humos
6,0 – 12,0	10 – 20,0	hr = humusreich
über 12,0	über 20,0	H = Humusboden

notwendig – der Basensättigung charakterisiert (Tabelle 4). Während der pH-Wert in eine von 6 Klassen eingeteilt wird, genügen beim Kalkzustand des Bodens 4 Klassen (A–D). Die Bodenreaktion (pH-Wert) dient nebst der Beurteilung des Kalkzustandes auch der Wahl der geeigneten Mineraldünger (insbesondere Phosphatdüngemittel).

Die analytisch bestimmten Phosphat-, Kali- und Magnesiumgehalte des Bodens werden in Testzahlen ausgedrückt und in die 5 Versorgungsklassen A (arm) bis E (angereichert) eingeteilt (Tabellen 5 und 6). Die optimale Versorgung des Bodens mit diesen Nährstoffen ist in der Klasse C (genügend) gegeben. Bei stark skeletthaltigen Böden sind eher die oberen Grenzwerte der Klasse C anzustreben.

Tab. 4 Beurteilung des pH-Wertes (Bodenreaktion) sowie des Kalkzustandes des Bodens

Bodenreaktion pH-Wert (H ₂ O)	Bezeichnung	Salz- säure- probe	Basensättigung (%)		Kalkzustand des Bodens	
			Acker- land	Natur- wiesen	Bezeichnung	Versorgungs- klasse
unter 5,3	stark sauer	-	unter 40	unter 30	extrem arm	A
5,3 – 5,8	sauer	-	40 – 49	30 – 39	arm	A
5,3 – 5,8	sauer	-	50 – 59	40 – 49	mässig	B
5,9 – 6,7	schwach sauer	-	60 – 80	50 – 80	genügend	C
6,8 – 7,2	neutral	-	über 80	über 80	genügend	C
6,8 – 7,2	neutral	+	über 80	über 80	Vorrat	D
7,3 – 7,6	schwach alkalisch	+	über 80	über 80	Vorrat	D
über 7,6	alkalisch	+	über 80	über 80	Vorrat	D

Tab. 5 Beurteilung der Phosphat- und Kaliversorgung des Bodens aufgrund einer Bodenanalyse (CO₂-Methode). Probenahmetiefe für Ackerland und Kunstwiesen: 0–20 cm; für Naturwiesen: 0–10 cm

Humusarme, schwach humose und humose lehmige Böden			Sandige Böden, schluffige Böden, humusreiche lehmige Böden und Humusböden		Tonige Böden*		Bezeichnung	Versorgungs- klasse
P-Test	K-Test Acker- land	K-Test Natur- wiesen	P-Test	K-Test	P-Test	K-Test		
0– 3,9	0– 0,9	0– 0,9	0– 7,9	0– 1,5	0– 2,9	0– 0,5	arm	A
4,0– 7,9	1,0– 1,9	1,0– 1,5	8,0–15,9	1,6– 2,9	3,0– 5,9	0,6– 1,2	mässig	B
8,0– 16,0	2,0– 4,0	1,6– 3,0	16,0–24,0	3,0– 6,0	6,0–10,0	1,3– 2,0	genügend	C
16,1– 32,0	4,1– 8,0	3,1– 6,0	24,1–50,0	6,1– 12,0	10,1–20,0	2,1– 4,0	Vorrat	D
über 32,0	über 8,0	über 6,0	über 50,0	über 12,0	über 20,0	über 4,0	angereichert	E

* Ausnahme: Phosphat- und kalifizierende Böden (meist sehr tonreich) können nicht nach diesem Schema beurteilt werden. In diesen Fällen ist mit der zuständigen Forschungsanstalt Kontakt aufzunehmen.

In Ausnahmefällen wird es notwendig sein, auch den Mangan- oder Borgehalt des Bodens zu bestimmen. Die Interpretation der entsprechenden Analysenwerte ist in Tabelle 7 aufgeführt. Grenzwerte für die Bodenversalzung enthält Tabelle 8.

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

gebnisse der Pflanzenanalyse zeigen nur den aktuellen Nährstoffgehalt der Pflanze oder eines bestimmten Pflanzenteils; sie geben jedoch keine Hinweise auf die Ursache von Ernährungsstörungen der Kultur. Die Untersuchung von pflanzlichem Material (ganze Pflanze, Stengel, Blätter, Blatteile usw.) zur Beurteilung der Düngedürftigkeit hat die entscheidenden Nachteile, dass die Resultate nur zur Überprüfung und evtl. Korrektur bereits ausgeführter Massnahmen in einem beschränk-

Tab. 6 **Beurteilung der Magnesiumversorgung des Bodens aufgrund einer Bodenanalyse**
(Methode Schachtschabel)

Humusarme, schwach humose und humose lehmige Böden	Sandige Böden, schluffige Böden, humusreiche lehmige Böden und Humusböden	Tonige Böden	Bezeichnung	Versorgungs- klasse
Magnesium-Test				
unter 2,5	unter 3,5	unter 6	arm	A
2,6– 5,0	3,6– 7,0	6,1–12	mässig	B
5,1– 7,5	7,1–10,5	12,1–18	genügend	C
7,6– 10,0	10,6–14,0	18,1–24	Vorrat	D
über 10,0	über 14,0	über 24	angereichert	E

Tab. 7 **Beurteilung des heisswasserlöslichen Borgehaltes sowie des Mangangehaltes**
(Methode Schachtschabel) **des Bodens aufgrund einer Bodenanalyse**

Bor			Mangan			
Gehalt des Bodens (ppm)	Bezeichnung	Versorgungs- klasse	Gehalt des Bodens		Bezeichnung	Versorgungs- klasse
			austausch- bar (ppm)	leicht reduzier- bar (ppm)		
unter 0,6	arm	A	< 2	< 50	arm	A
0,6 – 1,5	mässig	B	< 2	> 50	arm	A
1,6 – 2,0	genügend	C	> 2	< 50	mässig	B
2,1 – 5,0	Vorrat	D*	> 2	> 50	genügend	C
über 5,0	angereichert	E				

* Je nach Kultur können Borgehalte des Bodens von 3–5 ppm bereits zu Störungen des Pflanzenwachstums führen

Tab. 8 **Grenzwerte für die Bodenversalzung**
(Leitfähigkeit im Wasserextrakt)

Salzgehalt des Bodens (berechnet als mg KCl/100 g Boden)	Bezeichnung
unter 30	gering
30 – 70	normal
70 – 150	schwach erhöht (Schäden bei empfindlichen Pflanzen möglich)
über 150	erhöht (Schäden bei vielen Pflanzen möglich)

ten Bereich dienen können und die Nährstoffkonzentrationen in den einzelnen Pflanzenteilen starken Schwankungen (in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums, der Witterungs- und Wachstumsverhältnisse vor der Probenahme und teilweise sogar der Tageszeit) unterliegen. Die Resultate der Pflanzenanalyse können daher weder zur notwendigen Düngungsplanung noch zur Bemessung der Grunddüngung verwendet werden.

4. Bemessung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung

Die Bemessung der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdüngung aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen erfolgt im Rahmen des allgemeinen Schemas in Tabelle 9. Die kulturspezifischen Korrekturen in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse sind in Tabelle 10 aufgelistet. Dabei ist zu beachten, dass im Futterbau (in Abhängigkeit der Niederschlagsverhältnisse) Kaligaben von mehr als etwa 200 kg K₂O/ha in zwei Teilgaben (z. B. bei Vegetationsbeginn und nach der 1. oder 2. Nutzung) auszubringen sind. Dadurch kann ein Kali-Luxuskonsum verschiedener Futterpflanzen, welcher in der Regel eine reduzierte Magnesiumaufnahme zur Folge hat, grösstenteils vermieden werden. Im Ackerbau werden Kaligaben in mineralischer Form von mehr als etwa 300 kg K₂O/ha mit Vorteil zur Herbst- oder Winterfurche gegeben oder ein Teil wird zu einer vorgängigen Gründüngung verabreicht, um eventuelle Salzschäden bei empfindlichen Kulturen zu verhindern. Auf sandigen Böden ist die Kali-

düngung im Spätwinter/Frühjahr durchzuführen, damit keine nennenswerte Kalieinwaschung in tiefere, nicht durchwurzelbare Bodenschichten stattfinden kann. Bei der Wahl der mineralischen Düngemittel sind deren Eigenschaften (vgl. Tabellen 30–33) zu beachten.

Tab. 9 **Allgemeines Schema zur Bemessung der Phosphat-, Kali- bzw. Magnesiumgaben aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen**

Nährstoffzustand für P, K bzw. Mg	Bemessung der P-, K- bzw. Mg-Gaben	
Versorgungs- klasse	Bezeichnung	
A	arm	1,5–2fache Normdüngung
B	mässig	1–1,5fache Normdüngung
C	genügend	Normdüngung
D	Vorrat	bis 0,5fache Normdüngung
E	angereichert	Keine P-, K- bzw. Mg-Düngung

Tab. 10 **Empfohlene Phosphat- (kg P₂O₅/ha), Kali- (kg K₂O/ha) und Magnesiumgaben (kg Mg/ha) bei unterschiedlichem Nährstoffzustand des Bodens**

Bei den korrigierten Normdüngungen (Versorgungsklassen A, B, D) ist die erstgenannte Menge eher für sandige, die zweitgenannte eher für tonige Böden zu wählen

Kultur*	Phosphat-Versorgungsklasse					Kali-Versorgungsklasse					Magnesium-Versorgungsklasse			
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D/E
I. Naturfutterbau bei früher und häufiger Mähnutzung														
1. Naturwiese (5–6 Nutzungen)	170–200	140–160	120	70–50	0	440–460	400–420	360	180–160	0	70–80	50–60	40	0
2. Naturwiese (4–5 Nutzungen)	150–180	120–140	100	60–40	0	390–410	340–360	300	160–140	0	60–70	40–50	35	0
3. Naturwiese (3–4 Nutzungen)	130–160	100–120	80	50–30	0	350–370	300–320	240	130–110	0	60–70	40–50	30	0
4. Naturwiese (2–3 Nutzungen)	110–130	80– 90	60	40–20	0	270–290	230–250	180	100– 80	0	40–50	30–40	20	0
5. Naturwiese (1–2 Nutzungen)	50– 60	40– 50	30	20–10	0	160–180	120–140	90	60– 40	0	20–30	10–20	10	0
II. Naturfutterbau bei später Mähnutzung («Heuwiesen»)														
6. Naturwiese (2–3 Schnitte)	120–140	80–100	60	40–20	0	240–260	200–220	180	100– 80	0	40–50	35–40	30	0
7. Naturwiese (1–2 Schnitte)	70– 90	50– 70	40	30–10	0	180–200	140–160	120	60– 40	0	35–40	25–30	20	0
8. Naturwiese (1 Schnitt)	40– 50	30– 40	20	0	0	120–140	80–100	60	30– 0	0	15–20	10–15	10	0

* vgl. Tab. 1

Tab. 10 Fortsetzung

Kultur*	Phosphat-Versorgungsklasse					Kali-Versorgungsklasse					Magnesium-Versorgungsklasse			
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D/E
III. Naturfutterbau bei vorwiegender Weidenutzung														
9. Naturwiese (6-7 Nutzungen)	130-160	100-120	80	30-20	0	280-300	240-260	200	80- 60	0	40- 50	30-40	25	0
10. Naturwiese (5-6 Nutzungen)	110-140	80-100	60	20-10	0	240-260	180-200	150	60- 40	0	40- 50	30-40	20	0
11. Naturwiese (4-5 Nutzungen)	100-130	70- 90	50	20-10	0	200-220	160-180	120	40- 20	0	30- 40	20-30	15	0
12. Naturwiese (3-4 Nutzungen)	70- 90	60- 70	40	20-10	0	180-200	140-160	100	40- 20	0	20- 30	10-20	10	0
13. Naturwiese (2 Nutzungen)	40- 50	30- 40	20	20-10	0	120-140	80-100	60	30- 20	0	20- 30	10-20	5	0
IV. Kunstfutterbau														
14. Gras-Weissklee- und Ital.-Raigras-Klee-Mischungen (5-6 Nutzungen)	170-200	140-160	120	70-50	0	440-460	400-420	360	180-160	0	70- 80	50-60	40	0
15. Gras-Weissklee- und Ital.-Raigras-Klee-Mischungen (4-5 Nutzungen)	150-180	120-140	100	60-40	0	390-410	340-360	300	160-140	0	60- 70	40-50	30	0
16. Gras-Weissklee-Mischungen (3-4 Nutzungen)	130-160	100-120	80	50-30	0	350-370	300-320	240	130-110	0	40- 50	30-40	25	0
17. Mattenklee- und Luzerne-Grasmischungen														
a) bei hohem Leguminosenanteil	160-190	130-150	110	70-50	0	390-410	340-360	300	160-140	0	70- 80	50-60	45	0
b) bei geringem Leguminosenanteil	150-180	120-140	100	60-40	0	390-410	340-360	300	160-140	0	40- 50	30-40	25	0
V. Zwischenfutterbau, Äugstlen														
18. Grünmais	90-110	70- 80	50	30-20	0	260-280	210-230	160	80- 60	0	40- 50	30-40	20	0
19. Herbst-Zwischenfrüchte	80-100	60- 70	35	0	0	190-210	160-180	120	70- 50	0	20- 30	10-20	10	0
20. Überwinternde Zwischenfrüchte (Gras-Klee-Mischungen)														
a) bei Herbst- und Frühjahrsnutzung	100-120	70- 80	50	40-20	0	240-260	190-210	150	90- 70	0	30- 40	20-30	15	0
b) bei frühjahrsbetonter Nutzung	80-100	50- 60	35	0	0	180-200	140-160	105	60- 40	0	20- 30	10-20	10	0
21. Äugstlen	80-100	50- 60	35	0	0	180-200	140-160	105	60- 40	0	20- 30	10-20	10	0
VI. Ackerbau														
22. Winterweizen/Triticale	140-160	100-120	75	50-30	0	220-240	170-190	130	80- 60	0	40- 50	25-35	15	0
23. Sommerweizen	130-150	90-110	65	40-30	0	200-220	160-180	110	70- 50	0	40- 50	20-30	10	0
24. Wintergerste	140-160	100-120	75	50-30	0	240-260	190-210	150	90- 70	0	40- 50	25-35	15	0
25. Sommergerste	120-140	80-100	55	40-20	0	200-220	160-180	120	70- 50	0	40- 50	20-30	10	0
26. Hafer	130-150	90-110	65	40-30	0	270-290	230-250	190	100- 80	0	40- 50	20-30	10	0
27. Roggen/Korn	130-150	90-110	60	40-30	0	200-220	150-170	120	70- 50	0	40- 50	20-30	10	0
28. Raps	150-170	110-130	95	60-40	0	240-260	190-210	150	90- 70	0	40- 50	30-40	20	0
29. Kartoffeln (für Speise- und Futterzwecke sowie technische Verarbeitung)	160-190	130-150	110	60-40	0	380-400	340-360	300	160-140	0	60- 70	35-45	25	0
30. Saat- und Frühkartoffeln	130-150	90-110	70	40-30	0	280-300	230-250	190	100- 80	0	60- 70	30-40	15	0
31. Zuckerrüben	140-170	110-130	90	50-30	0	360-380	330-350	300	160-140	0	100-110	80-90	60	0
32. Futterrüben	160-190	130-150	115	70-50	0	380-400	340-360	300	160-140	0	80- 90	60-70	50	0
33. Silo- und Körnermais	160-190	130-150	100	70-50	0	350-370	300-320	260	140-120	0	60- 70	40-50	30	0
34. Ackerbohnen	110-130	90-110	70	40-30	0	240-260	190-210	150	90- 70	0	60- 70	35-45	25	0
35. Konservenerbsen	100-120	80- 90	55	40-20	0	200-220	160-180	120	70- 50	0	40- 50	30-40	20	0
36. Futtererbsen (Eiweisserbsen)	130-150	90-110	70	40-30	0	200-220	160-180	120	70- 50	0	40- 50	30-40	20	0
37. Tabak	80-100	60- 70	40	30-20	0	350-370	300-320	260	140-120	0	40- 50	30-40	15	0
VII. Gründüngung														
38. Rübsen, Phacelia, Leguminosen usw.	80-100	50- 60	25	0	0	180-200	130-150	90	0	0	40- 50	20-30	10	0

* vgl. Tab. 1

5. Bemessung der Stickstoffgaben

Im **Ackerbau** ist die Stickstoffdüngung den spezifischen Standortverhältnissen (Humusgehalt des Bodens, Vorfrucht, Düngung der Vorfrucht, Witterung während des Herbstes und Winters, Mineralstickstoffgehalt des Bodens bei Vegetationsbeginn usw.) anzupassen. In Tabelle 11 sind fünf spezifische Varianten aufgeführt. Die Wahl der richtigen Variante kann in der Regel nach folgenden Kriterien erfolgen:

Variante 1: Voraussichtlich sehr hoher Mineralstickstoffgehalt des Bodens im Frühjahr sowie hohe N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode (feucht-warmer Herbst mit anschliessend mildem, sehr trockenem Winter, Vorfrucht Gemüse, Humusböden usw.)

Variante 2: Voraussichtlich hoher Mineralstickstoffgehalt des Bodens im Frühjahr und erhöhte N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode (feucht-warmer Herbst mit anschliessend trockenem Winter, humusreiche Böden, Vorfrucht langjährige Wiese, Schluffböden des Rheintals, regelmässig hohe Hofdüngergaben usw.)

Variante 3: Durchschnittliche Boden- und Witterungsverhältnisse

Variante 4: Voraussichtlich geringer Mineralstickstoffgehalt des Bodens im Frühjahr und durchschnittliche bis geringe N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode (starke Niederschläge während des Winters, Vorfrucht Zuckerrüben, Strohdüngung im vorangegangenen Herbst usw.)

Variante 5: Entspricht mengenmässig der Variante 4 mit leicht veränderter Staffelung der N-Gaben. Diese Variante ist vor allem auf flachgründigen, stark durchlässigen Böden mit geringem Wasserspeichervermögen angezeigt. Sie ist aber auch in Jahren und in Regionen mit überdurchschnittlichen Niederschlägen in den Monaten April und Mai der Variante 4 vorzuziehen.

Als weiteres Hilfsmittel zur Optimierung der N-Gaben kann die **schlagbezogene Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens (N_{\min}) bei Vegetationsbeginn** herangezogen werden. Mit diesem Wert kann (insbesondere im Getreidebau) die N-Düngung sehr gut den schlagspezifischen Verhältnissen angepasst und optimiert werden. Die landwirtschaftlichen Forschungsanstalten führen, in Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Genossenschaftsverbänden, jedes Frühjahr entsprechende Untersuchungen durch.

Tab. 11 **Bemessung und Aufteilung der Stickstoffgaben im Ackerbau** (gilt vor allem für Gebiete mit ausreichenden Sommerniederschlägen, wie z.B. Thurtal, Aaretal, Region Biel–Solothurn)

Kultur	Zeitpunkt/Entwicklungsstadium der Kultur	N-Gabe (kg N/ha)				
		Variante 1*	Variante 2*	Variante 3*	Variante 4*	Variante 5*
Winterweizen	Vegetationsbeginn/Bestockung	20–40	40–60	60– 80	70– 90	60– 80
	1-Knoten-Stadium	0–30	0–30	20– 40	30– 50	40– 60
	Erscheinen letztes Blatt bis Beginn Ährenschieben	20–40	30–50	30– 50	30– 50	30– 50
Sommerweizen/Korn	Saat/Bestockung	20–30	30–50	50– 70	70– 90	50– 70
	1-Knoten-Stadium	0–30	0–30	20– 40	20– 40	40– 60
	Erscheinen letztes Blatt bis Beginn Ährenschieben	20–40	30–50	30– 50	30– 50	30– 50
Wintergerste/Triticale	Vegetationsbeginn/Bestockung	0–20	20–40	40– 60	60– 80	50– 70
	1–2-Knoten-Stadium	0–30	0–30	20– 40	20– 40	30– 50
	Erscheinen letztes Blatt bis Beginn Ährenschieben	0–30	20–40	20– 40	30– 50	30– 50
Sommergerste	Saat/Bestockung	0–20	20–40	40– 60	60– 70	40– 60
	1-Knoten-Stadium	0–30	0–30	0– 30	20– 40	30– 50
	Erscheinen letztes Blatt bis Beginn Ährenschieben	0–30	0–30	20– 40	30– 50	30– 50
Hafer	Saat/Bestockung	20–30	30–50	50– 70	70– 90	40– 60
	1–2-Knoten-Stadium, nur bei Bedarf	0–30	0–30	20– 40	30– 50	40– 60
Roggen	Vegetationsbeginn/Bestockung	0–20	0–30	20– 40	30– 50	30– 50
	1-Knoten-Stadium	0–30	0–30	20– 40	20– 40	20– 40
	Erscheinen letztes Blatt bis Beginn Ährenschieben	0–30	20–40	20– 40	30– 50	30– 50
Raps	Zur Saat	0–30	0–30	0– 30	20– 40	20– 40
	Vegetationsbeginn	20–40	50–70	80–100	100–120	100–120
Kartoffeln (Speise- u. Futterzwecke)	Pflanzung	20–40	40–60	60– 80	80–100	40– 60
	Stauden fausthoch	0–30	0–30	20– 40	30– 50	50– 70
	Kurz vor Schliessen der Stauden in der Reihe	0	0	0	0	20– 40
Kartoffeln (techn. Verarbeitung)	Pflanzung	0–30	30–50	60– 80	80–100	40– 60
	Stauden fausthoch	0–30	0–30	0– 30	20– 40	40– 60
	Kurz vor Schliessen der Stauden in der Reihe	0	0	0	0	20– 40
Früh- u. Saatkartoffeln	Pflanzung	0–30	30–40	40– 60	60– 80	40– 60
	Stauden fausthoch	0–30	0–30	20– 40	20– 40	40– 60
Rüben	Saat	0–30	30–50	60– 80	80–100	40– 60
	4–6-Blatt-Stadium	0–30	0–30	20– 40	30– 50	70– 90
Silo- u. Körnermais	Saat	0–30	30–50	60– 80	80–100	40– 60
	Pflanzen 40–50 cm hoch	0–30	20–40	30– 50	30– 50	70– 90
Grünmais	Saat	0–30	30–50	60– 80	80–100	80–100
Tabak	Pflanzung	0–30	30–50	60– 80	80–100	80–100
	4–5-Blatt-Stadium	0–30	20–40	40– 60	40– 60	40– 60
Gründüngung (ohne Leguminosen)	Saat	0–30	0–30	20– 40	30– 50	40– 60

* Kriterien zur Wahl der Variante siehe Seite 16

Im **Futterbau** ist die Stickstoffdüngung ebenfalls verschiedenen Kriterien (Ertrag, Qualität, botanische Zusammensetzung, Nutzungsart, Nutzungsintensität) anzupassen. Tabelle 12 enthält Richtwerte für die Bemessung der N-Gaben im Futterbau. Im Natur- und Kunstfutterbau ist die Stickstoffdüngung – innerhalb gewisser Grenzen – auch ein Mittel der Bestandeslenkung. Im Rahmen ausgewogener Pflanzenbestände können mit zurückhaltender N-Düngung (untere Grenze

der Richtwerte) die Kleearten gefördert werden, während höhere N-Gaben (obere Grenze der Richtwerte) die Konkurrenzkraft der Gräser unterstützen. In sehr grasreichen Beständen (über ca. 80% Gräser) wie auch in Italienisch-Raigras-Klee-Mischungen ist in der Regel die obere Grenze der Richtwerte empfehlenswert. Stark verkrautete Bestände lassen sich mit Hilfe der N-Düngung allein nicht korrigieren.

Tab. 12 **Bemessung der Stickstoffgaben (kg N/ha) im Futterbau**

Wiesentyp/Nutzungsart	Saat	1. Nutzung	2. Nutzung	3. Nutzung	weitere Nutzungen
– Naturwiese (4–6 Nutzungen) vorwiegend Mähnutzung	–	30–60	30–50	20–40 (50)	20–40 (50)
– Naturwiese (1–3 Nutzungen) vorwiegend Mähnutzung	–	bis 40	bis 30	bis 30	–
– Mähweide (4–6 Nutzungen)	–	30–50	30–50	30–50	30–50
– Dauerweide a) Umtriebsweide	–	–	20–40	bis 30	bis 30
b) Standweide	–	–	bis 20	bis 20	bis 20
– Mattenklee- und Luzerne-Gras-Mischungen	30–50				
a) bei hohem Mattenklee- bzw. Luzerneanteil	–	0	0	0	0
b) bei geringem Mattenklee- bzw. Luzerneanteil	–	30–50	30–50	20–40	20–40
– Gras-Weissklee- und Ital.-Raigras-Klee-Mischungen (4–6 Nutzungen)	30–50	30–50	30–50	20–40 (50)	20–40 (50)
– Gras-Weissklee-Mischungen (3–4 Nutzungen)	30–50	30–50	30–50	30–50	20–40
– Herbst-Zwischenfrüchte (eine Nutzung)	30–50	–	–	–	–
– Überwinternde Zwischenfrüchte (2–3 Nutzungen)	30–50	–	20–40 (Herbst) 30–50 (Frühjahr)	30–50	–

6. Bemessung von Kalkgaben und Düngung mit Mikronährstoffen

Der **Kalkhaushalt** des Bodens wird entscheidend durch das Muttergestein, aus dem der Boden entstanden ist, durch die Niederschlagsverhältnisse sowie durch die Bewirtschaftungsweise beeinflusst. Die Notwendigkeit einer Kalkdüngung ergibt sich in erster Linie durch die Bodenreaktion (pH-Wert) unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie Bodennutzung, Kationenumtauschkapazität und Basensättigung. In Tabelle 13 ist die Grössenordnung empfohlener Kalkgaben in Abhängigkeit der Kationenumtauschkapazität und der Basensättigung aufgeführt. Es sei hier darauf hingewiesen, dass eine Kalkdüngung bei futterbaulicher Nutzung des Bodens in der Regel erst bei einer Basensättigung von weniger als 50% empfehlenswert ist. Im Ackerbau liegt der entsprechende Wert bei 60% (vgl. Tabelle 4).

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 zur Erzielung hoher und qualitativ einwandfreier Erträge. In Ausnahmefällen kann sich jedoch vor allem eine Bor- oder Mangandüngung als notwendig erweisen. Insbesondere in alkalischen Böden ist eine regelmässige Bordüngung zu borbedürftigen Kulturen (Rüben, Raps) in der Grössenordnung von 1,5–2 kg B/ha empfehlenswert. Die Manganverfügbarkeit ist vor allem in alkalischen, humusreichen Böden eingeschränkt. Über die Bemessung allfälliger

Bor- oder Mangangaben aufgrund einer Bodenanalyse in Abhängigkeit der Bodenart und Kultur gibt Tabelle 14 Auskunft. An dieser Stelle sei einmal mehr darauf hingewiesen, dass unsachgemässe Kalkgaben zu ernsthaften Schwierigkeiten bezüglich der Bor- oder Manganversorgung der Kulturen führen können. Die Untersuchung des Bodens bezüglich weiterer Spurenelemente ist nur in begründeten Ausnahmefällen angezeigt.

Tab. 13 **Bemessung der Kalkgaben (dt CaO/ha) aufgrund der Kationenumtauschkapazität (KUK; meq/100 g Boden) und der Basensättigung (0–20 cm Bodentiefe)**

Umrechnung: 1 dt CaO = 1,78 dt CaCO₃
bzw. 1 dt CaCO₃ = 0,56 dt CaO

Basensättigung (%)		Kalkgaben (dt CaO/ha)			
Ackerbau	Futterbau	KUK unter 10	KUK 10–15	KUK 15–20	KUK über 20
über 60	über 50	0	0	0	0
50 – 60	40 – 50	7,3	12,5	15,5	20
40 – 49	30 – 39	10,0	19,0*	21,5*	28*
unter 40	unter 30	13,0	24,5*	27,5*	36*

* in 2–3 Gaben im Abstand von 2–4 Jahren. Vor dem Ausbringen der 2. bzw. 3. Gabe ist eine erneute Bestimmung des pH-Wertes empfehlenswert.

Tab. 14 **Bemessung der Bor- und Mangandüngung aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen sowie der Bodenart und der Kultur**

Nährstoff	Versorgungs- klasse	Humusarme, schwach humose und humose Böden		Humusreiche Böden und Humusböden			
		wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen*	sauer – schwach sauer		neutral – alkalisch	
				Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen*	Wenig bedürftige Kulturen	Bedürftige Kulturen*
Bor	A	1,5–2,0 kg B/ha**	2,5–3,0 kg B/ha**	1,5–2,0 kg B/ha**	2,5–3,0 kg B/ha**	1,5–2,0 kg B/ha**	2,5–3,0 kg B/ha**
	B	–	1,5–2,0 kg B/ha**	–	2,0–2,5 kg B/ha**	–	2,0–2,5 kg B/ha**
	C/D/E	–	–	–	–	–	–
Mangan	A	20–40 kg Mn/ha**	30–50 kg Mn/ha**	30–50 kg Mn/ha**	40–60 kg Mn/ha**	10–15 kg/ha Mangansulfat***	10–15 kg/ha Mangansulfat***
	B	20–40 kg Mn/ha**	20–40 kg Mn/ha**	20–40 kg Mn/ha**	20–40 kg Mn/ha**	10–15 kg/ha Mangansulfat***	10–15 kg/ha Mangansulfat***
	C	–	–	–	–	–	–

* Bor: Rüben, Raps

Mangan: Getreide, Leguminosen, Rüben

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

*** Blattdüngung [in 600–1000 Liter Wasser. Oft ist eine mehrmalige Anwendung dieser Mengen notwendig. Anstelle von Mangansulfat können auch andere, für die Blattdüngung geeignete Mn-Düngemittel eingesetzt werden (Anwendungsvorschriften beachten). Eine Bodendüngung ist unter diesen Bodenverhältnissen wirkungslos.]

7. Nährstoffzufuhr durch Hofdünger, Ernterückstände, Gründüngung und Klärschlamm

Auf den meisten Betrieben deckt der Nährstoffanfall durch die betriebseigenen **Hofdünger** (vgl. Tabelle 28) einen wesentlichen Teil der Nährstoffbedürfnisse der Kulturen. In den Tabellen 15 und 16 ist die mittlere Nährstoffzufuhr durch verschiedene Mengen Mist und Gülle zusammengestellt (die Grundlagen für diese Tabellen finden sich im Anhang in Tabelle 26). Bezüglich der Ausbringungszeitpunkte ist folgendes zu beachten:

- Der Zeitpunkt für den Misteinsatz ist in der Regel demjenigen der Grundbodenbearbeitung (Pflug, Spatenmaschine, Grubber) anzupassen.
- Gülle ist insbesondere im Ackerbau nur kurz vor und während der Vegetationszeit auf schneefreien, nicht gefrorenen und nicht wassergesättigten, d.h. auf saugfähigen Boden auszubringen (vgl. Abbildung 3).

Auch die Einarbeitung von **Ernterückständen** ist bei der Bemessung der Nährstoffgaben der folgenden Kultur zu beachten. Tabelle 17 enthält Angaben über die pflanzenwirksame Nährstoffzufuhr durch Stroh und Rübenlaub. Durch die **Gründüngung** werden dem Boden keine Nährstoffe zugeführt. Erfolgte jedoch eine Düngung (Hofdünger, Abfalldünger, Mineraldünger) zur Anlage der Gründüngung, sind die ausgebrachten Phosphat- und Kalimengen bei der folgenden Kultur in Abzug zu bringen.

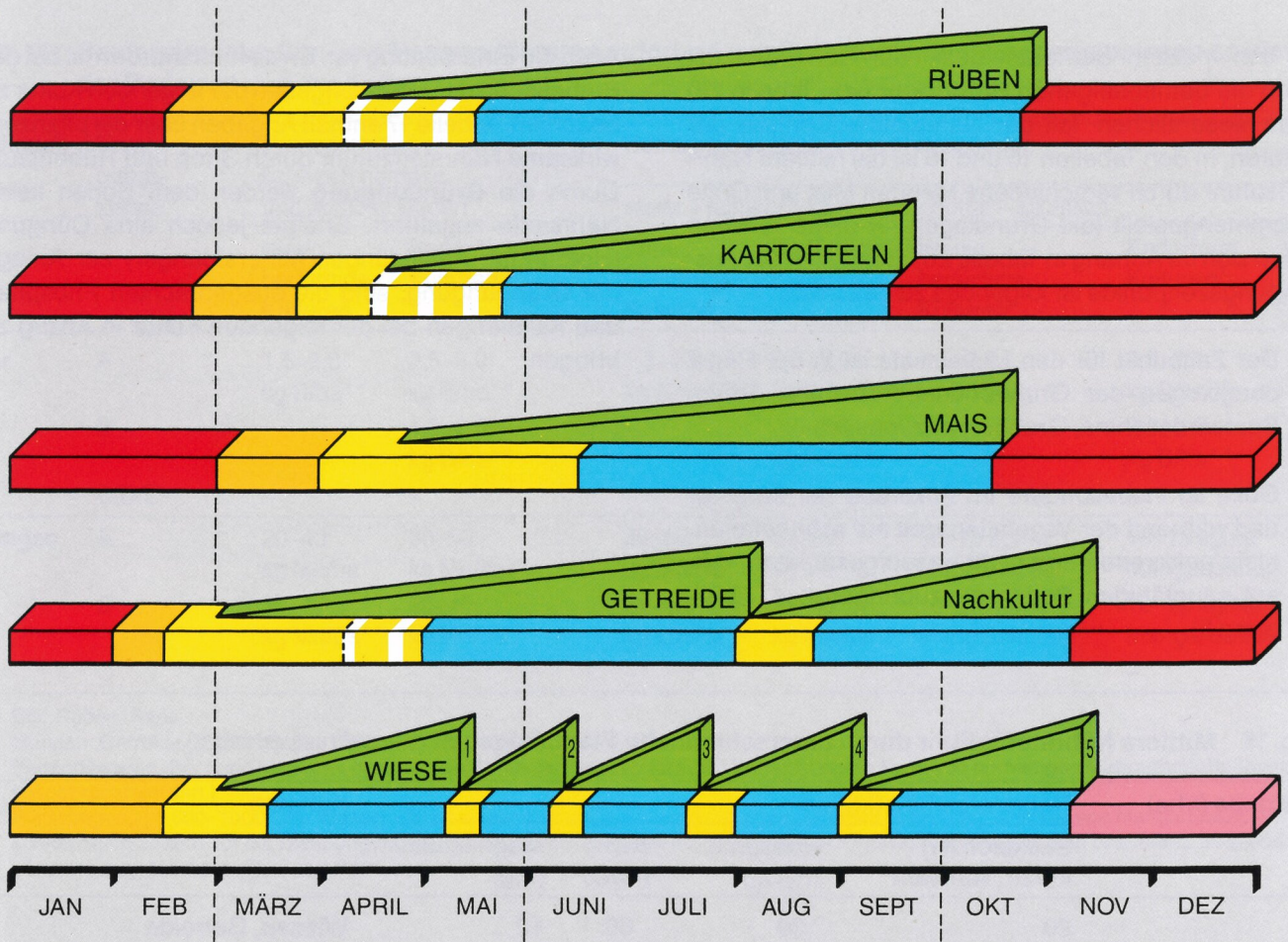
Tab. 15 **Mittlere Nährstoffzufuhr durch unterschiedliche Stallmistgaben (Stapelmist verrottet)**

Mistgabe (t/ha)	Nährstoffzufuhr (kg/ha)				Kulturen
	Stickstoff (N) kurzfr. wirksam*	Phosphat (P ₂ O ₅)	Kali (K ₂ O)	Magnesium (Mg)	
10	20	30	60	12	Wiesen, Getreide
20	40	60	120	24	Wiesen, Getreide, Hackfrüchte
30	60	90	180	36	Mais, Kartoffeln, Rüben, Raps
40	80	120	240	48	Mais, Kartoffeln, Rüben




* Unter ungünstigen Boden- und Klimabedingungen ist mit einer bis zu 50% geringeren N-Wirkung des Stallmistes zu rechnen

Abbildung 3




Pflanzenbauliche Beurteilung verschiedener Zeitspannen der Gülle- und Klärschlammanwendung auf saugfähigem Boden



Gülle- und Klärschlammeinsatz empfehlenswert

-  Optimaler Termin
-  Optimaler Termin (evtl. techn. schwierig)
-  Möglicher Termin (N-Wirkung teilweise unsicher)

Gülle- und Klärschlammeinsatz nicht empfehlenswert

-  stark umweltgefährdend (N-Auswaschung)
-  schwach umweltgefährdend
-  Anwendung anbautechnisch nicht möglich

Tab. 16 **Mittlere Nährstoffzufuhr durch verschiedene Güllemengen in Abhängigkeit der Gülleart**

Tierart Gülleart	Gülle- menge	Nährstoffzufuhr (kg/ha)				
		Stickstoff kurzfr. wirksam*		Phosphat (P ₂ O ₅)	Kali (K ₂ O)	Magnesium (Mg)
		Futterbau	Ackerbau			
Rind						
Vollgülle (1:1)**	20 m ³ /ha	34	25	20	70	6
	30 m ³ /ha	50	35	30	105	9
	60 m ³ /ha	***	70	60	210	18
Gülle mit mässigem Kotgehalt (1:2)**	20 m ³ /ha	32	25	8	60	2
	30 m ³ /ha	50	35	12	90	3
	60 m ³ /ha	***	70	24	180	6
Hargülle mit wenig Kot (1:3)**	20 m ³ /ha	32	28	2	75	2
	40 m ³ /ha	64	56	4	150	4
	60 m ³ /ha	***	84	6	225	6
Schwein						
Vollgülle (1:1)**	20 m ³ /ha	35	30	30	25	6
	30 m ³ /ha	55	45	50	35	9
	60 m ³ /ha	***	90	95	70	18
Geflügel						
Gülle (Batteriehaltung)	10 m ³ /ha	50	45	50	35	11
	20 m ³ /ha	***	90	100	65	22

* Bei optimalem Ausbringungstermin (vgl. Abb. 3)

** Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser)

*** Einmalige Gaben von 60 m³/ha Rinder- und Schweinegülle, 60 m³/ha Hargülle bzw. 20 m³/ha Hühnergülle sind im Futterbau nicht zu empfehlen

Tab. 17 **Mittlere Nährstoffzufuhr durch Ernterückstände**

Art der Rückstände	Menge (dt/ha)	Nährstoffzufuhr (kg/ha)			
		Stickstoff (N) kurzfr. wirksam	Phosphat (P ₂ O ₅)	Kali (K ₂ O)	Magnesium (Mg)
Weizenstroh	70	-30* - 0	14	75	5
Gerstenstroh	60	-30* - 0	12	100	4
Haferstroh	70	-30* - 0	18	150	5
Roggenstroh	75	-30* - 0	19	80	5
Rapsstroh	65	0	23	100	10
Ackerbohnenstroh	45	0 - 20	14	90	13
Maisstroh	95	-30* - 0	34	170	16
Zuckerrübenlaub	500	30 - 40	40	250	35

* Negative Werte bedeuten, dass die N-Düngung der folgenden Kultur eventl. leicht zu erhöhen ist, um den N-Bedarf der stroh-abbauenden Mikroorganismen zu decken (N-Ausgleichsdüngung im Frühjahr)

Bei der Anwendung von **Klärschlamm** besteht ein Hauptproblem im stark schwankenden Nährstoffgehalt. Dieser kann jedoch im Einzelfall bei der entsprechenden Abwasserreinigungsanlage (ARA) erfragt werden. In Tabelle 18 ist die durchschnittliche Nährstoffzufuhr in Abhängigkeit der Menge, Betriebsart der ARA und des Trockensubstanzgehaltes aufgeführt. Im weiteren sind beim Klärschlammeinsatz insbesondere auch Art. 9–12

der Klärschlammverordnung vom 8.4.1981 (Pflichten der Abnehmer) zu beachten. So ist es u.a. verboten, Klärschlamm auf durchnässten, schneebedeckten oder gefrorenen Boden auszubringen. Ferner darf Klärschlamm nur ausgebracht werden (höchstens 7,5 t/ha Trockensubstanz innert 3 Jahren), wenn der Boden bewachsen ist oder wenn unmittelbar danach gepflanzt oder gesät wird.

Tab. 18 **Mittlere Nährstoffzufuhr durch verschiedene Klärschlammgaben in Abhängigkeit der Schlammherkunft sowie des Trockensubstanzgehaltes (TS) der Schlämme***

TS-Gehalt Nährstoffe	Schlammherkunft, Ausbringmengen (m ³ /ha), Nährstoffmengen (kg/ha)					
	ARA ohne 3. Reinigungsstufe			ARA mit 3. Reinigungsstufe		
	20 m ³ /ha	30 m ³ /ha	50 m ³ /ha	20 m ³ /ha	30 m ³ /ha	50 m ³ /ha
3% TS						
Stickstoff kurzfr. wirksam**	16	24	40	16	24	40
Phosphat (P ₂ O ₅)	28	42	70	60	90	150
Kali (K ₂ O)	4	6	10	4	6	10
Kalzium (Ca)	42	63	105	42	63	105
Magnesium (Mg)	4	6	10	4	6	10
6% TS						
Stickstoff kurzfr. wirksam**	24	36	60	24	36	***
Phosphat (P ₂ O ₅)	54	81	135	120	180	***
Kali (K ₂ O)	6	9	15	6	9	***
Kalzium (Ca)	84	126	210	84	126	***
Magnesium (Mg)	8	12	20	8	12	***
10% TS						
Stickstoff kurzfr. wirksam**	30	45	***	30	***	***
Phosphat (P ₂ O ₅)	90	135	***	156	***	***
Kali (K ₂ O)	8	12	***	8	***	***
Kalzium (Ca)	140	210	***	140	***	***
Magnesium (Mg)	14	21	***	14	***	***

* Die Gehalte können grossen Schwankungen unterliegen. Die von den Transporteuren oder ARA-Inhabern abzugebenden Lieferscheine enthalten die genauen Gehaltsangaben des jeweiligen Klärschlammes

** Bei optimalem Ausbringungszeitpunkt

*** Diese Klärschlammgaben sind nicht zu empfehlen, da die ausgebrachten P- und N-Mengen wesentlich über dem Bedarf der Pflanzen liegen würden

8. Düngungsplanung

Die vielseitigen Anforderungen und Aspekte einer zweckmässigen Düngung lassen sich am besten mit Hilfe eines **alljährlich sorgfältig ausgearbeiteten Düngungsplanes** realisieren. Formulare zur Erstellung eines Düngungsplanes sind bei den landwirtschaftlichen Beratungszentralen oder bei der landwirtschaftlichen Lehrmittelzentrale in Zollikofen erhältlich.

Folgendes Vorgehen ist bei der Erstellung des Düngungsplanes empfehlenswert:

1. Auflisten aller Grundstücke (Flurname und Fläche) sowie der bestehenden oder anzubauenden Kulturen.
2. Eintragung der Versorgungsklassen für Kalk, Phosphat, Kali und evtl. Magnesium aufgrund vorliegender Bodenuntersuchungsergebnisse.
3. Eintragung der evtl. korrigierten Normdüngungen für alle Kulturen und Flächen (siehe Tabellen 10, 11 und 12).
4. Mengenmässige und zeitliche Verteilung der anfallenden Hofdünger zu den einzelnen Kulturen und Eintragung der ausgebrachten Nährstoffmengen (Tabellen 15 und 16).
5. Nährstoffzufuhr von Ernterückständen (Tabelle 17) und eventuelle P- bzw. K-Düngung zu Gründüngungskulturen eintragen.
6. Nährstoffergänzung durch betriebsfremde Düngemittel berechnen.

7. Wahl betriebsfremder Düngemittel (Abfalldünger, Mineraldünger) unter Berücksichtigung bodenkundlicher, pflanzenbaulicher, wirtschaftlicher und arbeitstechnischer Aspekte (Tabellen 18, 30–33).

8. Mengenmässige Berechnung der notwendigen betriebsfremden Düngemittel.

In gewissen Fällen könnte es auch sinnvoll sein, anstelle eines exakten, schlagbezogenen Düngungsplanes nur eine summarische Nährstoffbilanz eines Betriebes zu erstellen (dafür geeignete Formulare sind bei der landw. Beratungszentrale in Lindau erhältlich). Dabei muss man sich jedoch im klaren sein, dass eine solche Bilanz stets nur relativ grobe Annäherungswerte liefert, welche im Einzelfall mehr oder weniger stark von den tatsächlichen betriebsspezifischen Verhältnissen abweichen können.

In Zukunft wird zur Berechnung von Düngungsplänen sicher vermehrt die elektronische Datenverarbeitung (EDV) in Form von Gross- oder Kleinrechnern (Personal-Computer) eingesetzt. Dabei wird man sich jedoch stets zu vergewissern haben, welche Grunddaten in einem Programm (Software) enthalten sind und wie diese verarbeitet werden.

9. Düngung und Qualität der Ernteprodukte

Die «Qualität» eines Ernteproduktes wird in der Regel in äussere (Form, Farbe, Grösse usw.) und innere Qualität unterteilt. Die letztgenannte wird meistens durch den Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen (Eiweiss, Zucker, Vitamine, Mineralstoffe usw.) charakterisiert. Im weitaus grössten Teil der Fälle nimmt die Qualität der Ernteprodukte mit steigendem Ertrag zu. Eine Optimierung der Düngung hat demnach in der Regel auch eine Qualitätsoptimierung zur Folge. Eine Nährstoffunter- oder -übersorgung während einer kürzeren oder län-

geren Wachstumsperiode führt oft zu Minder- bzw. Mehrgehalten an wertgebenden bzw. unerwünschten Inhaltsstoffen der pflanzlichen Ernteprodukte. Als klassische Beispiele können die Erhöhung des Eiweissgehaltes bei Getreide durch die Stickstoffdüngung, insbesondere durch N-Gaben nach Beginn des Ährenschiebens, bzw. die Reduktion des Zuckergehaltes von Rüben durch ein übermässiges N-Angebot erwähnt werden.

10. Düngung und Umwelt

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass eine **pflanzenge-rechte Düngung auch stets der Forderung und Notwendigkeit einer umweltgerechten Düngung** entspricht.

Die Bewirtschaftung des Kulturlandes zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln oder industrieller Rohstoffe stellt stets einen Eingriff in das natürliche Ökosystem dar. Dadurch hat die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion zwangsläufig Auswirkungen auf unsere Umwelt.

Nebst den sichtbaren Auswirkungen auf die Landschaft und den positiv zu wertenden Einflüssen einer erhöhten Photosyntheseleistung pro Flächeneinheit (Sauerstoffproduktion) besteht die Gefahr einer erhöhten Belastung unserer Oberflächen- und Grundgewässer durch Düngungsmassnahmen.

Der Boden der gesamten Erdoberfläche ist von Natur aus mehr oder weniger nährstoffhaltig. Oberflächen- und Grundwasser, welches mit der Erde in Berührung kommt, enthält dadurch stets eine gewisse – teilweise unerwünschte – Nährstofffracht. Kenntnisse über das Verhalten der Düngemittel und der darin enthaltenen Nährstoffe sowie des Wassers auf und im Boden erlauben es dem Landwirt, seine Kultur- und insbesondere auch die Düngungsmassnahmen so zu gestalten, dass die Umwelt – auch bei intensiver Pflanzenproduktion – minimal belastet wird. Im Vordergrund stehen nach dem heutigen Wissensstand vor allem die Nährstoffe Phosphor sowie Stickstoff in Form von Nitrat, Ammonium und Ammoniak.

Tab. 19 **Pflanzenbauliche Grenzwerte für den Tierbesatz in Abhängigkeit der Bodennutzung**

Nutzungsart (in Abhängigkeit der Boden- und Klimaverhältnisse)	DGVE*/ha
1. Natur- und Kunstwiesen bis ca. 700 m ü.M.	
a) 5–6 Nutzungen	3,0
b) 4–5 Nutzungen	2,5
2. Natur- und Kunstwiesen von ca. 700–900 m ü.M.	
a) 4–5 Nutzungen	2,5
b) 3–4 Nutzungen	2,0
3. Naturwiesen über ca. 900 m ü.M.	
a) 2–3 Nutzungen	1,5
b) 1–2 Nutzungen	1,0
4. Offenes Ackerland	
a) vorwiegender Anbau von Kartoffeln, Rüben und Mais	2,5
b) vorwiegender Anbau von Getreide und Raps	1,5
c) vorwiegender Anbau von Getreide; Stroh bleibt auf dem Felde	1,0

* 1 DGVE (Düngergrössvieheinheit) entspricht dem Nährstoffanfall einer 600 kg schweren Kuh. Umrechnung anderer Tierarten in DGVE siehe Tab. 20.

Die grössten Gefahren für unsere Gewässer stellen Bracheperioden, d.h. unbepflanzte Böden während der Vegetationszeit sowie mengenmässig und zeitlich unsachgemäss durchgeführte Düngungsmassnahmen dar.

Die Einhaltung der folgenden Voraussetzungen und Empfehlungen minimiert die potentiellen Gefahren einer übermässigen Gewässerbelastung mit Nährstoffen:

- Brache und Teilbrache sind während der Vegetationszeit sowie, wenn möglich auch während des Winters, zu vermeiden. Dieses Ziel ist am sichersten durch eine sorgfältige Fruchtfolgeplanung zu erreichen.
- Die Anzahl gehaltener Nutztiere muss in einem vernünftigen Verhältnis zur landwirtschaftlichen Nutzfläche stehen (Tabellen 19, 20).
- Minimale Lagerkapazitäten für Gülle sind notwendig (Tabelle 21, Abbildung 3).

Tab. 20 **Umrechnung verschiedener Nutztierkategorien und -arten (GVE, MSP, LHP) in Düngergrössvieheinheiten (DGVE)**

	GVE	DGVE
Rindvieh		
1 Milchkuh oder hochträchtiges Rind	1	1
1 Aufzuchtrind bis einjährig	0,25	0,25
1 Aufzuchtrind ein- bis zweijährig	0,4	0,4
1 Aufzuchtrind zwei- bis dreijährig	0,7	0,7
1 Mastkälberplatz (bis 150 kg)	0,3	0,3
1 Mastviehplatz (120–520 kg)	0,4	0,4
1 Mastviehplatz (120–320 kg)	0,35	0,35
1 Mastviehplatz (320–520 kg)	0,45	0,45
Schweine	MSP	DGVE
1 Mastschweineplatz (20–110 kg)	1	0,17
1 Mastschweineplatz (20–65 kg)	0,8	0,14
1 Mastschweineplatz (65–110 kg)	1,2	0,20
1 Mastschweineplatz (15–40 kg)	0,5	0,08
1 Zuchtschweineplatz (bis 120 kg)	1,0	0,17
1 Zuchtschweineplatz (über 120 kg) inkl. Ferkel	2,3	0,39
Geflügel	LHP	DGVE
100 Legehennenplätze	100	1
100 Mastpouletplätze	40	0,4
100 Junghennenplätze	40	0,4

Tab. 21 **Richtwerte für die minimale Lagerungskapazität der anfallenden Gülle**

Betriebsform	Höhenlage (m ü.M.)	Lagerkapazität für Gülleanfall (in Monaten)
a) Graswirtschaftsbetriebe und Betriebe mit Acker- und Futterbau	unter ca. 500	3,0–4,0
	ca. 500– 900	3,5–5,0
	ca. 900–1200	4,0–6,0
	über ca. 1200	4,5–7,0
b) Betriebe ohne Futterbau – vorwiegender Anbau von Getreide und Hackfrüchten – mehr als 90% der landw. Nutzfläche mit Mais bepflanzt		4,0–6,0
		6,0–8,0

- Bei der Ausbringung flüssiger Hof- und Abfalldünger sind nebst pflanzenbaulichen auch bodenkundliche und topographische Aspekte zu berücksichtigen (Tabellen 22, 23).
- Jegliche Anwendung von Düngemitteln auf gefrorene, stark schneebedeckte oder stark durchnässte Böden ist unbedingt zu vermeiden.

- Nitrat- und ammoniumhaltige Düngemittel sind – wenn notwendig gestaffelt – zum Zeitpunkt des Bedarfs der Pflanzen auszubringen (Vegetationszeit).

Tab. 22 **Beurteilung der Gefahr des Oberflächenabflusses von Düngemitteln**

Kriterien	Oberflächenabfluss wird beeinflusst durch	Massnahmen zur Verhinderung des Oberflächenabflusses beziehungsweise Anwendungsbeschränkung für flüssige Düngemittel
1. Ausbringungs- und Niederschlagsintensität	a) Übermässiges Ausbringen wasserreicher Dünger an einzelnen Stellen	Flüssige Dünger gleichmässig verteilt ausbringen
	b) Starke Niederschläge	Ausbringen von flüssigen Düngern zu diesem Zeitpunkt unterlassen
2. Einsickerungsverhältnisse	a) Unbepflanzter Boden: <ul style="list-style-type: none"> - verkrustete, verschlammte oder vor allem gefrorene Oberfläche - lockerer, abgetrockneter Boden mit rauher Oberfläche 	Ausbringen von flüssigen Düngern bei diesem Zustand der Bodenoberfläche unterlassen Ausbringen zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)
	b) Bepflanzter Boden: <ul style="list-style-type: none"> - gefrorene oder stark schneebedeckte Oberfläche - gehemmt einsickerungsfähige Bodenoberfläche - ungehemmt einsickerungsfähige Bodenoberfläche 	Ausbringen bei diesem Bodenzustand unterlassen Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha) Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)
	a) Hänge bis 25% Neigung: <ul style="list-style-type: none"> - dichte Vegetation (z.B. Wiese) - keine oder spärliche Vegetation 	Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha) Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
	b) Hänge von 26 bis 45% Neigung: <ul style="list-style-type: none"> - dichte Vegetation 	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
3. Topographische Verhältnisse	c) Steilhänge über 45% Neigung sowie unbepflanzte Hänge von 26 bis 45% Neigung	Anwendung stark beschränkt (Einzelgabe bis etwa 25 m ³ /ha) beziehungsweise unzulässig (über 45% Hangneigung)

Tab. 23 **Beurteilung des Filtrationsvermögens des Bodens für flüssige Düngemittel**

Kriterien	Filtrationsvermögen wird beeinflusst durch	Massnahmen zur Verhinderung von Sicker- verlusten beziehungsweise Anwendungs- beschränkung für flüssige Düngemittel
1. Porenzustand des Bodenfilters	a) Porenverteilung und Porenform:	
	– rasch durchlässig, grobporig, klüftig, stark schwundrissig, künstliche Sickerhilfen einschliesslich Schächte	Anwendung stark beschränkt (Einzelgabe bis etwa 25 m ³ /ha) bis unzulässig
	– gehemmt durchlässig, feinstporig, stauend	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
	– mitteldurchlässig, feinporig	Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)
	b) Porenfüllung:	
	– nicht saugfähig, perkolierend bei Wasser- sättigung, Flüssigkeitsaufnahme weniger als 3 mm	Anwendung stark beschränkt (Einzelgabe bis etwa 25 m ³ /ha) bis unzulässig
	– mässig saugfähig, Flüssigkeitsaufnahme 3–5 mm	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
	– gut saugfähig, Flüssigkeitsaufnahme mehr als 5 mm	Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)
2. Mächtigkeit des Bodenfilters	a) ungenügend bis geringe pflanzennutzbare Gründigkeit (weniger als 30 cm)	Anwendung stark beschränkt (Einzelgabe bis etwa 25 m ³ /ha) bis unzulässig
	b) genügende pflanzennutzbare Gründigkeit (30–50 cm)	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
	c) gute bis sehr gute pflanzennutzbare Gründigkeit (mehr als 50 cm)	Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)
3. Adsorptions- kraft des Bodenfilters	a) Böden mit geringer Adsorptionskraft (humusarmer Sand und lehmiger Sand):	
	– auf stark durchlässigem Untergrund	Anwendung stark beschränkt (Einzelgabe bis etwa 25 m ³ /ha) bis unzulässig
	– auf normal bis wenig durchlässigem Untergrund	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)
	b) Böden mit normaler bis grosser Adsorptionskraft (humose, tonhaltige Böden):	
– auf stark durchlässigem Untergrund (meist Grundwasserträger)	Anwendung beschränkt (Einzelgabe bis etwa 40 m ³ /ha)	
– auf normal bis wenig durchlässigem Untergrund	Ausbringen normaler Gaben zulässig (Einzelgabe bis etwa 60 m ³ /ha)	

11. Anhang

Tab. 24 Entzüge an Hauptnährstoffen verschiedener Kulturen

Kulturart	Ertragseinheit in dt	Trocken- substanz- gehalt (%)	Nährstoffentzug pro Ertragseinheit (kg)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Naturwiese (4–6 Nutzungen)	10	100	20–28	7–10	30– 40	2–3	10–15
Naturwiese (1–3 Nutzungen)	10	100	16–24	7–10	25– 40	2,5–3,5	12–18
Gras-Weissklee- und Ital.- Raigras-Klee-Mischungen	10	100	24–32	6– 9	30– 40	1,8–2,5	4– 8
Mattenklee- und Luzerne-Gras-Mischungen	10	100	30–35	8–11	25– 40	3–4	15–25
Herbst-Zwischenfrüchte	10	100	24–32	8–11	30– 40	2–3	10–15
Weizen/Triticale	10 Körner	85	18–26	8–10	4– 6	1–1,5	0,4–0,6
	10 Stroh	85	5–10	2– 3	10– 15	0,5–1	2–2,5
Gerste	10 Körner	85	15–22	8–10	5– 7	1–1,5	0,3–0,6
	10 Stroh	85	5–10	2– 3	15– 20	0,4–1	2,2–2,8
Hafer	10 Körner	85	15–22	7– 9	4– 6	0,8–1,3	0,8–1,2
	10 Stroh	85	5–10	2– 3	20– 25	0,5–1	2,5–3,5
Roggen/Korn	10 Körner	85	14–20	7– 9	4– 6	0,8–1,3	0,4–0,6
	10 Stroh	85	5–10	2– 3	10– 15	0,4–1	1,5–2
Raps	10 Körner	90	30–40	18–23	10– 12	2,5–4	3–5
	10 Stroh	86	5–10	3– 4	14– 18	1–2	12–16
Kartoffeln	100 Knollen	22	30–40	13–18	50– 65	2,5–5	4–6
	25 Kraut	50	20–30	6–10	12– 18	1,5–3	12–18
Zuckerrüben	100 Rüben	22	15–20	6–10	25– 35	2,5–4	5–8
	100 Kraut	15	25–40	6–10	40– 60	6–9	12–18
Futterrüben	10 Rüben	100	9–13	4– 6	15– 22	1,2–2	2,5–4
	100 Kraut	15	25–40	7–10	55– 75	4,5–7	9–13
Silomais	10	100	14–18	5– 7	14– 18	1,5–2,5	3,5–5
Körnermais	10 Körner	85	12–18	6– 9	4– 6	1–1,5	0,4–0,7
	10 Stroh	85	6–12	3– 4	15– 22	1,5–2	3,5–6
	10 Spindeln	85	1–1,5	0,2–0,4	3– 5	0,4–0,6	0,6–1
Grünmais	10	100	15–20	7–10	23– 30	2,5–4	6–9
Ackerbohnen	10 Körner	85	35–45	12–15	12– 15	2–3	16–22
	10 Stroh	85	25–35	3– 4	18– 22	2,5–4	7–11
Konservenerbsen	10 Kerne (inkl. Stroh)	18	35–45	10–12	20– 25	3–5	15–20
Futtererbsen	10 Kerne (inkl. Stroh)	18	35–45	12–15	20– 25	3–5	15–20
Tabak	10 Blätter (Stengel)	100	50–60	14–18	80–100	4–6	40–55

Tab. 25 **Richtwerte für den jährlichen Anfall von Stalldüngern verschiedener Nutztierarten in Abhängigkeit des Aufstallungssystems**

Nutztierart, Aufstallungssystem	Einstreu kg Stroh pro Tag	Mist		Gülle (unverdünnt)	
		Art	Menge (t)*	Art	Menge (m ³)*
1. Rindvieh (pro GVE)**			–		
a) Kurzstand (mit Tiefkrippe)					
– mit Gitterrost (Herstellen von Vollgülle)	0–0,5	–		Vollgülle	17
– mit Kotplatte, Hand- oder mechanisches Entmisten (Herstellen von Vollgülle mit wenig Mist)	0,5–1,5	Stapelmist (verrottet)	3	Vollgülle	14
– mit Kotplatte, Handentmisten, kleinere Ställe (Herstellen von Mist und Gülle)	1–2	Stapelmist (verrottet)	5	Gülle (mit mässigem Kotgehalt)	11
b) Mittellangstand (in der Regel mit Absperrgitter)					
– mit Schorgraben ohne Schlitzrinne (Herstellen von Mist und Gülle)	2–3	Stapelmist (verrottet)	6	Gülle (mit mässigem Kotgehalt)	11
– mit Schorgraben und Schlitzrinne (Herstellen von viel Mist und Harngülle mit wenig Kot)	3–5	Stapelmist (verrottet)	8	Harngülle (mit wenig Kot)	6
c) Laufställe					
– Tiefstreulaufstall (ganzflächig eingestreut)	8–10	Laufstallmist (verrottet)	15	–	–
– Tiefstreulaufstall (mit betoniertem und überdachtem Fressplatz)	5–7	Laufstallmist (verrottet)	10	Vollgülle	6
– Spaltenbodenlaufstall (Mast- oder Jungvieh)	0	–	–	Vollgülle	17
– Boxenlaufstall (mit Flachschieber oder Spaltenboden)	0–1	–	–	Vollgülle	17
2. Schweine (pro MSP)***					
– Voll- oder Teilspaltenboden mit Liegebucht und Kotgang	0	–	–	Vollgülle (mit wenig Tränkekwasser)	2,3
– Tiefstreustall (Offenfront)	0,5–0,75	Laufstallmist (verrottet)	1,2	–	–
3. Geflügel (pro 100 LHP)****					
– Batteriehaltung (Herstellen von Hühnermist)	0	Frischmist (22% TS)	6,3	–	–
– Batteriehaltung (Herstellen von Hühnergülle)	0	–	–	Hühnergülle (12% TS)	11
– Tiefstreuhaltung	Späne	Tiefstreumist (76% TS)	2,5	–	–

* Weideabzug: pro einwöchige Weideperiode (8–10 Std. täglich) ca. 1% des jährlichen Anfalls

** 1 Rinder-Grossvieheinheit (Rinder-GVE) = Kuh von 600 kg Lebendgewicht

*** 1 Mastschweineplatz (MSP) = 2,3 Mastperioden (von Jäger bis Ausmast) pro Jahr

1 Mastschweineplatz (MSP) = 0,43 Zuchtschweineplätze

**** 1 Legehennenplatz (LHP) = 1 Legehennen

1 Legehennenplatz (LHP) = 2,5 Mastpouletplätze

Tab. 26 **Richtwerte für den Gehalt an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) und Nährstoffen von Stalldüngern** in kg/m³ Gülle bzw. kg/Tonne (10 dt) Mist

Art und Herkunft der Stalldünger	TS	OS	N gesamt	N kurzfr. wirksam	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Rind								
Vollgülle								
unverdünnt	120	98	5,0	2,5– 3,3	2,0	7,0	2,6	0,7
1:1 verdünnt*	60	49	2,5	1,2– 1,7	1,0	3,5	1,3	0,3
Gülle (mit mässigem Kotgehalt)								
unverdünnt	108	80	5,5	3,6– 4,7	1,3	9,1	2,0	0,4
1:2 verdünnt*	36	27	1,8	1,2– 1,6	0,4	3,0	0,7	0,1
Hargülle (mit wenig Kot)								
unverdünnt	70	40	6,9	5,5– 6,2	0,4	14,7	0,6	0,4
1:3 verdünnt*	17	10	1,7	1,4– 1,6	0,1	3,7	0,2	0,1
Stapelmist (verrottet)	230	170	5,0	1,8– 2,2	3,0	6,0	5,0	1,2
Laufstallmist (verrottet)	250	210	6,5	2,2– 2,6	2,8	9,5	3,3	0,9
Schwein								
Vollgülle (mit wenig Tränkewasser)								
unverdünnt	78	60	5,1	3,0– 3,5	3,2**	2,3***	2,0	0,6
1:1 verdünnt*	39	30	2,5	1,5– 1,8	1,6	1,2	1,0	0,3
Laufstallmist (verrottet)	250	220	7,5	2,8– 3,2	5,5	4,6	3,6	1,3
Geflügel								
Gülle (Batteriehaltung)	120	93	7,6	4,8– 5,4	5,2	3,3	8,2	1,1
Frischkot (Batteriehaltung)	220	170	14,0	8,5–10,0	11,0	6,0	15,0	2,0
Kot und Einstreu (Bodenhaltung)	760	660	26,0	8,0–12,0	28,0	16,0	38,0	4,0

* Verdünnung (Teile Gülle : Teile Wasser)

** Schwankungsbereich: 2,0–4,0 (phosphatreiche Spezialfutter ergeben höhere, ausgesprochene Kartoffelmast tiefere Phosphatgehalte)

*** Schwankungsbereich: bis 5,2 (bei Kartoffelmast ergeben sich auch höhere Kaliumwerte)

Tab. 27 Richtwerte für das Ermitteln der Abwassermenge, die in die Güllegrube geleitet wird

Art des Abwassers	m ³ pro Jahr
– Wasser für Stallreinigung und Tierpflege in der Rindviehhaltung (pro GVE)	0,6
– Wasser zum Betrieb einer Schwemmenmischung mit Stauschieber (pro GVE)	1,8*
– Wasser für Stallreinigung und Tierpflege in der Schweinehaltung (pro MSP)	0,4
– Wasser zum Herstellen von Hühnergülle (pro 100 LHP)	5
– Gülle des Mistplatzes, Ablauf befestigter und nicht überdachter Laufplätze (pro m ²)	1
– Milchkannenrieselkühler (pro Milchkuh)	17
– Reinigen von:	
Milchkammer	12
Kühltank	12
Eimermelkanlage	48
Rohrnelkanlage	72
Melkstand mit Rohrnelkanlage	120
– Haushaltabwasser (pro Bewohner): mit Waschmaschine und Bad	36
mit Waschmaschine ohne Bad	24
deutlich geringer Abwasseranfall (Berggebiet, abgelegene Gebiete)	18

* bei Treibmist mit Stauschwelle fällt dieser Wasserzusatz weg

Tab. 28 Richtwerte für den jährlichen Anfall an organischer Substanz und Nährstoffen (in kg) von Rind, Schwein und Huhn (ohne Einstreu)

Organische Substanz, Nährstoffe	1 Rinder-GVE	1 Mastschweineplatz (MSP)	100 Legehennenplätze (LHP)
Organische Substanz	1670	140,0	1070
N, gesamt	85	12,0	90
N, kurzfristig wirksam	55	8,0	60
P ₂ O ₅	34	7,5*	60
K ₂ O	120	5,0**	40
Ca	45	4,6	95
Mg	12	1,4	10

* Schwankungsbereich: 4,6–9,0 (phosphatreiche Spezialfutter ergeben erhöhte, ausgesprochene Kartoffelmast niedrigere Phosphatgehalte)

** Schwankungsbereich: bis 12,0 (bei Kartoffelmast ergeben sich auch höhere Kaliwerte)

Tab. 29 Durchschnittlicher gewichteter Nährstoffgehalt von Klärschlamm

Inhaltstoff	gewichteter Mittelwert	Minimum–Maximum
Trockensubstanz (TS) in %	6,4	1,5– 15,5
Glühverlust (% der TS)	42,0	12,0– 80,0
Gesamt-Stickstoff (kg/t TS)	40,0	11,0–119,0
Ammonium-Stickstoff (kg/t TS)	15,6	0,3– 71,0
Phosphat (kg P ₂ O ₅ /t TS)	66,0	15,0–210,0
Kali (kg K ₂ O/t TS)	2,9	1,0– 6,2
Calcium (kg Ca/t TS)	69,0	19,0–163,0
Magnesium (kg Mg/t TS)	7,0	1,7– 17,0

Tab. 30 **Gehalte und Eigenschaften mineralischer Stickstoffdünger**

Handelsname (chem. Bezeichnung)	Stickstoff-Anteil		Gehalt an wichtigen Neben- bestandteilen	Ergänzende Hinweise
	chem. Formel	Gehalt (% N)		
<u>Ammoniumdünger</u>				
Ammonsulfat (Ammoniumsulfat)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21	24% S	wirkt physiologisch sauer
<u>Nitratdünger</u>				
Kalksalpeter (Calciumnitrat)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15,5	20% Ca	wirkt physiologisch alkalisch
<u>Ammonium-Nitratdünger</u>				
Ammonsalpeter	NH_4NO_3	27,5	–	Bei der Herstellung in der Schweiz: Zugabe von Schiefermehl (gibt dunkle Farbe), wirkt physiologisch neutral
Ammonsalpeter	NH_4NO_3	33,5	–	wirkt physiologisch neutral
Mg-Ammonsalpeter	NH_4NO_3	23	5% Mg*	wirkt physiologisch neutral
Bor-Ammonsalpeter	NH_4NO_3	27	0,5% B	wirkt physiologisch neutral
Kalkammonsalpeter	NH_4NO_3	26	15% Ca	wirkt physiologisch alkalisch
<u>Amiddünger</u>				
Harnstoff (Kohlensäurediamid)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	–	«Organischer» Dünger wirkt physiologisch neutral
Kalkstickstoff (Calciumcyanamid)	CaCN_2	20	–	Hat zusätzlich eine unkrautvernichtende Wirkung (Cyanamid), wirkt physiologisch alkalisch

* In Form von MgCO_3 und MgSO_4

Tab. 31 **Gehalte und Eigenschaften verschiedener Phosphatdünger**

Handelsname (chem. Bezeichnung)	Phosphat-Anteil chem. Formel	Gehalt (% P ₂ O ₅)	Gehalt an wichtigen Nebenbestandteilen	Ergänzende Hinweise	Einsatz empfehlenswert bei folgender Bodenreaktion (pH-Wert)
Superphosphat (Monocalciumphosphat)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	18	15% Ca*	vorherrschend wasserlöslich	schwach sauer bis alkalisch
Dreifaches Superphosphat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	45	12% Ca*	vorherrschend wasserlöslich	schwach sauer bis alkalisch
Dicalciumphosphat	CaHPO ₄ ·H ₂ O	38	28% Ca*	vorherrschend zitratlöslich	stark sauer bis neutral
Thomasmehl (Ca-Silicophosphat)	Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·Ca ₂ SiO ₄ (Näherungsformel)	14–20	ca. 32% Ca 1–2 % Mg 3–5% Mn	vorherrschend zitronensäurelöslich	stark sauer bis neutral
Thomaskalk (Ca-Silicophosphat)	Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·Ca ₂ SiO ₄ (Näherungsformel)	8	ca. 28% Ca 3–4% Mg	vorherrschend zitronensäurelöslich	stark sauer bis neutral
Rhenaniaphosphat (Ca-, Na-Silicophosphat)	CaNaPO ₄ ·Ca ₂ SiO ₄ (Näherungsformel)	28	28% Ca 12% Na	vorherrschend zitratlöslich	stark sauer bis neutral
Knochenmehl (Tricalciumphosphat)	Ca ₃ (PO ₄) ₂ (als Apatit)	30	32% Ca 1,5% Mg 1% N 8–10% Org.Subst.	vorherrschend zitronensäurelöslich	stark sauer bei neutral
Hyperphosphat (Rohphosphat, weicherdig)	Ca ₃ (PO ₄) ₂ (als Apatit)	29,5	39% Ca	vorherrschend ameisensäurelöslich	stark sauer bis schwach sauer

* Keine Kalkwirkung

Tab. 32 Gehalte mineralischer Kali- und Magnesiumdünger

Handelsname (chem. Bezeichnung)	Kali-Anteil		Magnesium-Anteil		Gehalt an wichtigen Nebenbestandteilen		
	chem. Formel	Gehalt % K ₂ O	chem. Formel	Gehalt % Mg	Na* %	S %	Cl %
Magnesium-Kainit (Kalirohsalz)	KCl	10–15	MgSO ₄	2–6	11–30	1– 8	26–50
Sylvinit-Kainit (Kalirohsalz)	KCl	16–20	MgSO ₄	0–2	11–30	0– 3	29–50
Kalisalz 40% (Kaliumchlorid)	KCl	40	MgSO ₄	0–1	7–13	0– 2	40–50
Kalisalz 50% (Kaliumchlorid)	KCl	50	MgSO ₄	0–1	4– 7	0– 1	44–50
Kalisalz 60% (Kaliumchlorid)	KCl	60	MgSO ₄	0–1	1– 2	0– 1	47–49
Kalisulfat (Kaliumsulfat)	K ₂ SO ₄	48–52	MgSO ₄	0–1	0– 1	16–18	0– 2
Kalimagnesia ** (Kalium-Magnesium- sulfat)	K ₂ SO ₄	26–30	MgSO ₄	5–8	0– 1	14–20	0– 6
Kieserit (Magnesiumsulfat)	–	–	MgSO ₄	17	–	–	–

* Als NaCl

** Früher als Patentkali bezeichnet

Tab. 33 Gehalte und Eigenschaften verschiedener Kalkdünger

Handelsname (chem. Bezeichnung)	Kalk-Anteil		Gehalt an wichtigen Neben- Bestandteilen	Bezugsbasis für Kalk- wirkung in % CaO	Neutra- lisations- wirkung im Boden
	chem. Formel	Gehalt (% Ca)			
Kalksteinmehl Kohlensaurer Kalk (Calciumkarbonat)	CaCO ₃	36		50	langsam
Meeralgenkalk (Calciumkarbonat)	CaCO ₃	32	2–3% Mg	50	langsam
Dolomit (Calcium-Magnesiumkarbonat)	CaCO ₃ •MgCO ₃	22	12% Mg	50	langsam
Löschkalk Aetzkalk (Calciumhydroxid)	Ca(OH) ₂	40		55	schnell
Branntkalk Stückkalk (Calciumoxid)	CaO	55		75	schnell
Ricokalk (Calciumkarbonat)	CaCO ₃	ca. 23	ca. 30% H ₂ O 1,1% P ₂ O ₅ 0,7% Mg	32	mittel

Richtlinien und Empfehlungen
der Eidgenössischen landwirt-
schaftlichen Forschungsanstalten
zu einer gezielten, pflanzen- und
umweltgerechten Düngung im
Acker- und Futterbau

