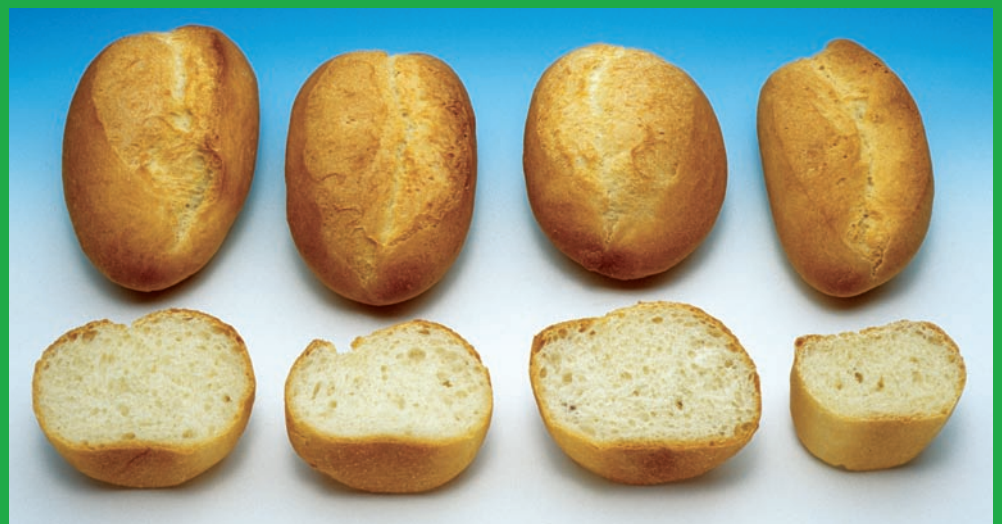


15

Düngung und Qualität



Die Optimierung der Düngung beinhaltet auch eine einwandfreie Qualität der Ernteprodukte. Die Qualität eines Ernteproduktes wird in der Regel in eine äussere Qualität (Form, Farbe, Grösse usw.) und eine innere Qualität (Gehalte an wertbestimmenden Inhaltsstoffen wie Proteine, Zucker, Vitamine, Mineralstoffe) unterteilt. Im weitaus grössten Teil der Fälle nimmt die Qualität der Ernteprodukte mit steigendem Ertrag zu. Eine ertragsoptimierte Düngung hat demnach in der Regel auch eine Optimierung der Qualität zur Folge. Ein Nährstoffunter- oder -überangebot während einer kürzeren oder längeren Wachstumsperiode führt oft zu Minder- bzw. Mehrgehalten der Ernteprodukte an wertgebenden Inhaltsstoffen. Klassische Beispiele sind die Erhöhung des Eiweissgehaltes von Getreide durch eine späte Stickstoffgabe oder eine verminderte Zuckerausbeute bei Rüben aufgrund hoher Amino-Stickstoff-Gehalte im Rübenkörper.

Bei der Düngung wird seit jeher nicht nur der Ertrag, sondern auch die Qualität der Ernteprodukte, durch die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes die Qualität des Landschaftsbildes oder durch die Verhinderung von Nährstoffverlusten die Qualität von Luft und Wasser berücksichtigt.

In bestimmten Fällen werden durch die Düngung gezielt Inhaltsstoffe der Ernteprodukte verändert. Dabei wird oft der Begriff Qualitätsdüngung verwendet. So beispielsweise wird im Getreidebau durch eine Stickstoffgabe nach dem Ährenschieben der Eiweissgehalt der Körner wesentlich stärker beeinflusst als der Ertrag. Dabei steigt aber auch der Stickstoffgehalt des Stroh deutlich an und führt durch die Veränderung des C:N-Verhältnisses zu einer besseren Strohhotte bei der Strohdüngung beziehungsweise zu einer besseren Mistqualität.

15.1 Getreide

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

15.1.1 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Brotgetreide

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

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

15.1.2 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Biskuitweizen

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

15.1.3 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Futtergetreide

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

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

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

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

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



15.2 Ölpflanzen

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

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

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

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

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

15.2.2 Einfluss der Schwefeldüngung auf den Glukosinolatgehalt

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

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

Düngung	Ölgehalt (%)	Glukosinolat (µmol/g)
N-Düngung	-	o
S-Düngung (bei mittlerem bis erhöhtem Mangelrisiko)	+	+
S-Düngung (bei geringem Mangelrisiko)	o	o

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

15.3 Kartoffeln

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

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

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

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

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

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

15.4 Zuckerrüben

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

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

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

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

1 wenn im Überfluss vorhanden

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

16. Düngung in der Praxis

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

16.1 Düngungsplan

Die vielseitigen Anforderungen und Randbedingungen für eine zweckmässige, gezielte, pflanzengerechte und umweltschonende Düngung lassen sich am besten auf der Grundlage eines alljährlich sorgfältig erstellten Düngungsplanes realisieren. Entsprechende Formulare und EDV-Programme sind bei den landwirtschaftlichen Beratungsdiensten und bei Bodenlabors erhältlich.

Zur Erstellung und Berechnung eines Düngungsplanes ist folgendes Vorgehen empfehlenswert:

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹ mässig tiefgründig: weniger als 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit; tiefgründig: über 70 cm pflanzennutzbare Gründigkeit.

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

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

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

16.3 Wahl der Dünger

Bei der Wahl betriebsfremder Dünger sind in erster Linie ihre Eigenschaften hinsichtlich der Ansprüche von Boden und Pflanze zu berücksichtigen. Wirtschaftliche Aspekte sind in der Regel von untergeordneter Bedeutung und sind nur bei Produkten mit ähnlichen Eigenschaften ausschlaggebend. Die wichtigsten Kriterien für die Düngewahl sind die spezifischen Eigenschaften und Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen, die Eigenschaften des Bodens hinsichtlich Speicherung der Nährstoffe in verfügbarer Form (pH, organische Substanz, Versorgungszustand des Bodens, etc.), die erwünschte Wirkungsgeschwindigkeit der Dünger sowie der Gehalt an erwünschten Nebenbestandteilen (Kalk, Schwefel, Spurenelemente) und unerwünschten Inhaltsstoffen (Schadstoffe). Angaben zu Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Düngern sind in **Tabelle 56 bis Tabelle 59** enthalten.

16.4 Fruchtfolgedüngung

Die Fruchtfolgedüngung erlaubt eine Vereinfachung der Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung bei eindeutig festgelegten Fruchtfolgen. Dazu wird die Summe der korrigierten Normdüngung unter Berücksichtigung von Ernterückständen der gesamten Fruchtfolge gebildet und jährlich der Durchschnittsbedarf ausgebracht. Das Verfahren erfordert einen mehrjährigen Düngungsplan und ist nur auf Parzellen mit ausreichender Nährstoffversorgung (Versorgungsklasse C oder D, **Tabelle 6**) empfehlenswert. Wenn die Fruchtfolge eine Kultur mit einem – im Vergleich zu den andern Kulturen in der Fruchtfolge – sehr hohen Nährstoffbedarf enthält oder wenn eine Kultur in der Fruchtfolge zu Nährstoff-Luxuskonsum neigt, ist von der Fruchtfolgedüngung abzusehen.

16.5 Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Methoden der Nährstoffbilanzierung

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

Die **Zufuhr/Wegfuhr-Bilanz (Hoftorbilanz)** vergleicht die dem Betrieb in Form von Produktionsmitteln zugeführten Nährstoffe mit den in Produkten vom Betrieb weggeführten Nährstoffen. Sie sagt nichts aus über das Ausmass und die Intensität des Nährstoffumsatzes innerhalb des Betriebes und ist deshalb nicht direkt mit der Düngung vergleichbar.

Die **Anfall/Bedarfs-Bilanz** vergleicht den Nährstoffanfall in den betriebseigenen und die Nährstoffzufuhr durch betriebsfremde Dünger mit dem Nährstoffbedarf der Kulturen unter Berücksichtigung der Nährstoffgehalte des Bodens.

Für den **Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN)** im Rahmen der Direktzahlungsverordnung (Abschnitt 19.4) haben die Beratungsdienste (AGRIDEA Lindau und Lausanne) das Formular «Suisse-Bilanz» für die Erstellung einer solchen Bilanz entwickelt. Durch den Verzicht auf die Berücksichtigung der Nährstoffgehalte des Bodens (N, P, K, Mg) wird die Aussagekraft dieser Bilanz deutlich reduziert.

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

17

Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Recyclingdüngern



17. Ausbringtechnik bei Mineral-, Hof- und Recyclingdüngern

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

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

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

Tabelle 52. Eignung und Bewertung verschiedener Ausbringtechniken für Mineraldünger

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

Tabelle 53. Eignung und Bewertung verschiedener Ausbringtechniken für Gülle

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

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

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

Legende für Tabelle 52 bis Tabelle 54

- 1 1 = sehr günstig; 2 = günstig; 3 = ungünstig; 4 = sehr ungünstig
- 2 N-Dünger: Harnstoff- und Ammoniumdünger haben ein leicht höheres Ammoniakverlustrisiko als die übrigen N-Formen
- 3 Höhe der N-Verluste stark abhängig von Witterungsbedingungen kurz nach dem Ausbringen
- 4 Abhängig von gewählter Bereifung und Grösse des Streuers
- 5 Düngerart (Form und Zusammensetzung) wichtiger als Ausbringtechnik

Ein exaktes Streuen mit Mineraldüngerstreuern bedingt das Einstellen mittels Streutabelle und die Durchführung einer Abdreprobe, da sich die physikalischen Eigenschaften der Dünger auf Grund der Luftfeuchtigkeit bei unterschiedlichen Ausbringterminen verändern können. Die Applikation von Mineraldüngern in flüssiger Form mittels Pflanzenschutzspritze wird nur vereinzelt auf grösseren Ackerbaubetrieben praktiziert. Zur Anwendung gelangen dabei N- und NP-Dünger.

Für die **Gülleausbringung** steht heute ein breites Angebot an Verteilgeräten zur Verfügung, mit denen die Gülle exakt und verlustarm ausgebracht werden kann. Schleppschlauchverteiler unterscheiden sich gegenüber Breitverteilern durch eine hohe Verteilgenauigkeit und geringe Ammoniakverluste. Schneidwerke in den Verteilerköpfen, welche eine Verstopfungen der Maschine verhindern, gehören zum Standard.

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

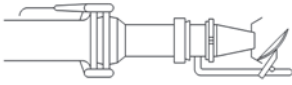
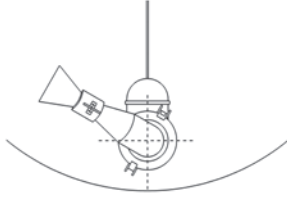
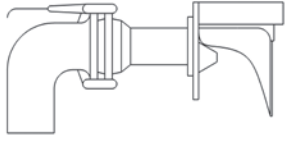
Bei der Ausbringung mit Güllefässern muss dem Bodendruck Rechnung getragen werden. Einfachachsen mit Breitreifen sind vor allem für den Boden und die Grasnarbe günstiger: Tandemachsen zeichnen sich durch eine höhere Laufruhe während der Strassenfahrt aus. Die bodenschonenden Verschlauchungsanlagen können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

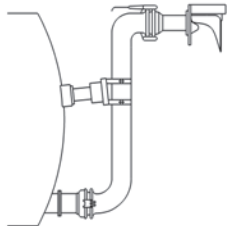
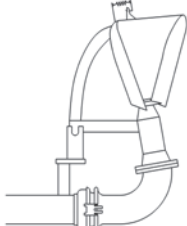
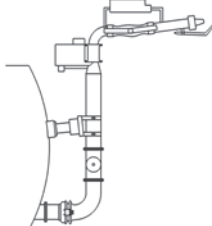

Auch bei der **Mistausbringung** gilt es, die gewünschte Menge möglichst genau über das ganze Feld ausbringen zu können. Auf Wiesen und Weiden sollten die fein verteilten Gaben möglichst unter 15 t pro ha liegen, damit die Verrottung nicht behindert wird. Mistzetter mit stehenden Walzen besitzen eine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

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

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

Tabelle 55. Merkmale verschiedener Gülleverteiler im Überblick

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

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

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

19.1 19.1 Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Dünger

Tabelle 56. Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Massnahmen
Stickstoff	Nitrat (Salpeter)	Schnelle Wirkung Auswaschungsgefahr erhöht	Zeitpunkt und Menge exakt dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen
	Ammonium	Wirkung verzögert und anhaltend Verflüchtigungsgefahr erhöht	Bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten
	Ammonsalpeter	Teils schnelle, teils verzögerte Wirkung	Bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten
	Harnstoff	Wirkung verzögert und anhaltend Verflüchtigungsgefahr erhöht	In neutralen und alkalischen Böden oberflächlich einarbeiten Im Futterbau nicht während Schönwetterperioden ausbringen
	Organisch	Langsame bis sehr langsame und unsichere Wirkung; Unkontrollierbare Mineralisierung durch Bodenmikroorganismen; dadurch Gefahr von Nitratauswaschung	Verzicht auf höhere einmalige Gaben; Regelmässige kleinere Gaben; Brachperioden während Vegetationszeit vermeiden, da dann eine unkontrollierte Mineralisierung zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann
Phosphat	Wasserlöslich (z. B. Superphosphat)	Schnelle Wirkung bei allen Böden Schwach bodenversauernd	Neutrale und alkalische Böden: regelmässiger Einsatz; Saure Böden: gelegentlicher Einsatz
	Ammoncitratlöslich (z. B. Renania-Phosphat)	Teils schnelle, teils langsame Wirkung	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,6; in normal versorgten Böden bis pH-Wert 7,5
	Zitronensäurelöslich (z. B. Thomasmehl, Thomaskalk, Knochenmehl)	Langsame Wirkung; Leichte Kalkwirkung; Wirkt pH-erhaltend in schwach sauren Böden	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,2; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 7,5
	Rohphosphat (z. B. Hyperphosphat)	Sehr langsam wirkend	Einsatz bei sauren (pH-Wert < 5,8) und leicht sauren (pH-Wert 5,9-6,7) Böden
Kali	Kaliumchlorid (z. B. Kalisalze)	Wasserlöslich; Schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr in sehr sandigen Böden; Enthält 40-50 % Chlor	Einzelgabe auf 300 kg K ₂ O/ha beschränken; Bei sehr sandigen Böden im Frühjahr ausbringen; Reduzierte Gaben zu chloempfindlichen Kulturen
	Kaliumsulfat (z. B. Kalisulfat, Kalimagnesia)	Wasserlöslich; Schnelle Wirkung; Wirkt leicht bodenversauernd; Enthält 15-20 % Schwefel	Einsatz bei chloempfindlichen Kulturen, Kulturen mit erhöhtem Schwefelbedarf sowie bei säureliebenden Kulturen
	Kaliumnitrat	Wasserlöslich; Schnelle Wirkung	Geeignet für Blattdüngung; Spezialdünger für Sonderfälle (Gemüse, Tabak)
Magnesium	Magnesiumsulfat (z. B. Kieserit, Bittersalz)	Wasserlöslich, schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr bei leichteren Böden	Einsatz bei akutem Magnesiumbedarf (Blattdüngung mit Bittersalz, Bodendüngung mit Magnesiumsulfat); Auf leichteren Böden im Frühjahr ausbringen
	Magnesiumkarbonat	Schwach löslich; Langsame und anhaltende Wirkung; Geringe Auswaschungsgefahr	Einsatz zur Behebung von leichterem Mangel in sauren Böden; Erhaltungsdüngung in neutralen, schwach sauren und sauren Böden
	Magnesiumoxid	Verzögerte, lang anhaltende Wirkung	Einsatz zur Erhaltungsdüngung bei allen Bodenarten

Tabelle 56 (Fortsetzung). Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen

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

Tabelle 57. Eigenschaften verschiedener Kalkdünger

Handelsname	Kalkanteil		Wesentliche Gehalte an Nebenbestandteilen	Wirkung
	Chemische Formel	Bezugsbasis für Kalkwirkung in % CaO		
Düngkalk Kalksteinmehl kohlenaurer Kalk	CaCO ₃	50		langsam
Meeralgenkalk	CaCO ₃ /MgCO ₃	50	2-3% Mg	langsam
Dolomitkalk	CaCO ₃ /MgCO ₃	50	12% Mg	langsam
Löschkalk, Ätzkalk	Ca(OH) ₂	55		schnell
Branntkalk	CaO	75		schnell
Ricokalk	CaCO ₃	32	30% H ₂ O 1,1% P ₂ O ₅ 0,6% Mg 0,3% N	mittel

Tabelle 58. Schwefelgehalte einiger Mineraldünger

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

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

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

Tabelle 60a. Nährstoffgehalte pflanzlicher Produkte

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

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

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

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

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

Tabelle 60b. Nährstoffgehalte von Futterpflanzen.

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

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

Tabelle 61. Nährstoffgehalte von tierischen Produkten und Milch

Diese Werte wurden in Bilanzrechnungen zur Bestimmung der Nährstoffausscheidungen verwendet.

Tierart / Produkt	Nährstoffgehalt (g/kg Lebendgewicht, g/l)						
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca
Milchkuh	25	6,0	13,8	1,6	1,9	0,5	11,6
Kalb	24	5,85	13,4	1,6	2,2	0,35	11
Mastmunis	28	7,0	16,1	2,1	2,5	0,4	13
Schaf	22	6,0	13,8	1,2	1,4	0,3	11
Ziege	26	6,0	13,8	1,9	2,3	0,4	11
Ferkel	24,6	5,3	12,2	1,8	2,2	0,35	7,8
Mastschwein, Sauen¹	22,2	5,3	12,2	1,6	1,9	0,35	8,7
Mastzunahme (25-120 kg)	21,4	5,3	12,2	1,5	1,8	0,35	9
Geflügel	26	5,2	11,9	2,4	2,9	0,3	10
Milch	5,5	0,96	2,2	1,38	1,66	0,12	1,25
Eier	18	1,8	4,1	1,2	1,4	0,5	33

- 1 Mutterschweine in Bilanzen meist nicht berücksichtigt.

Tabelle 62. Umrechnungsfaktoren für verschiedene Nährstoffformen

Gegeben		Faktor	Gesucht	
Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung		Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung
N	Stickstoff	4,427	NO ₃	Nitrat
N	Stickstoff	1,214	NH ₃	Ammoniak
N	Stickstoff	1,286	NH ₄	Ammonium
N	Stickstoff	2,857	NH ₄ NO ₃	Ammoniumnitrat
N	Stickstoff	4,716	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ammoniumsulfat
N	Stickstoff	2,144	CO(NH ₂) ₂	Harnstoff
NO ₃	Nitrat	0,226	N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak	0,824	N	Stickstoff
NH ₄	Ammonium	0,778	N	Stickstoff
NH ₄ NO ₃	Ammoniumnitrat	0,350	N	Stickstoff
(NH ₄) ₂ SO ₄	Ammoniumsulfat	0,212	N	Stickstoff
CO(NH ₂) ₂	Harnstoff	0,466	N	Stickstoff
P	Phosphor	2,291	P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid ¹
P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid ¹	0,436	P	Phosphor
K	Kalium	1,205	K ₂ O	Kaliumoxid
K ₂ O	Kaliumoxid	0,830	K	Kalium
Ca	Calcium	2,497	CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk
Ca	Calcium	1,399	CaO	Gebrannter Kalk
Ca	Calcium	1,850	Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk
Ca	Calcium	4,297	CaSO ₄ · H ₂ O	Calciumsulfat (Gips)
CaO	Gebrannter Kalk	0,715	Ca	Calcium
CaO	Gebrannter Kalk	1,785	CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk
CaO	Gebrannter Kalk	1,321	Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk
Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk	0,540	Ca	Calcium
Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk	0,757	CaO	Gebrannter Kalk
Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk	1,351	CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	0,400	Ca	Calcium
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	0,561	CaO	Gebrannter Kalk
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	0,740	Ca(OH) ₂	Gelöschter Kalk
CaSO ₄ · H ₂ O	Calciumsulfat (Gips)	0,233	Ca	Calcium
Mg	Magnesium	1,658	MgO	Magnesiumoxid
Mg	Magnesium	4,951	MgSO ₄	Magnesiumsulfat
Mg	Magnesium	3,472	MgCO ₃	Magnesiumkarbonat
MgO	Magnesiumoxid	0,603	Mg	Magnesium
MgO	Magnesiumoxid	2,986	MgSO ₄	Magnesiumsulfat
MgO	Magnesiumoxid	2,093	MgCO ₃	Magnesiumkarbonat
MgSO ₄	Magnesiumsulfat	0,202	Mg	Magnesium
MgSO ₄	Magnesiumsulfat	0,335	MgO	Magnesiumoxid
MgSO ₄	Magnesiumsulfat	0,701	MgCO ₃	Magnesiumkarbonat
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat	0,288	Mg	Magnesium
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat	0,476	MgO	Magnesiumoxid
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat	1,427	MgSO ₄	Magnesiumsulfat

Tabelle 62 (Fortsetzung). Umrechnungsfaktoren für verschiedene Nährstoffformen

Gegeben		Faktor	Gesucht	
Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung		Chem. Element bzw. Stoff	Übliche Bezeichnung
S	Schwefel	2,995	SO ₄	Sulfat
S	Schwefel	2,498	SO ₃	Sulfit
SO ₄	Sulfat	0,334	S	Schwefel
SO ₃	Sulfit	0,401	S	Schwefel
B	Bor	5,627	H ₃ BO ₃	Borsäure
B	Bor	8,819	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax
B	Bor	3,220	B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid
B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid	0,311	B	Bor
B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid	1,777	H ₃ BO ₃	Borsäure
B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid	2,739	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax
H ₃ BO ₃	Borsäure	0,178	B	Bor
H ₃ BO ₃	Borsäure	1,567	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax
H ₃ BO ₃	Borsäure	0,572	B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,113	B	Bor
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,638	H ₃ BO ₃	Borsäure
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	Borax	0,365	B ₂ O ₃	Borsäureanhydrid
Mn	Mangan	4,061	MnSO ₄ · 4H ₂ O	Mangansulfat
Mn	Mangan	3,603	MnCl ₂ · 4H ₂ O	Manganchlorid
MnSO ₄ · 4H ₂ O	Mangansulfat	0,246	Mn	Mangan
MnCl ₂ · 4H ₂ O	Manganchlorid	0,278	Mn	Mangan
Cu	Kupfer	3,928	CuSO ₄ · 5H ₂ O	Kupfersulfat
CuSO ₄ · 5H ₂ O	Kupfersulfat	0,255	Cu	Kupfer
Fe	Eisen	4,979	FeSO ₄ · 7H ₂ O	Eisensulfat
FeSO ₄ · 7H ₂ O	Eisensulfat	0,201	Fe	Eisen
Zn	Zink	4,398	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zinksulfat
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zinksulfat	0,227	Zn	Zinksulfat
Mo	Molybdän	1,840	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	Ammoniummolybdat
Mo	Molybdän	2,522	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Natriummolybdat
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	Ammoniummolybdat	0,543	Mo	Molybdän
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Natriummolybdat	0,397	Mo	Molybdän

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

- SR 916.171** Verordnung vom 10. Januar 2001 über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV)
- SR 916.171.1** Verordnung des EVD vom 16. November 2007 über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung EVD, DüBV)
- SR 910.18** Verordnung vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel (Bio-Verordnung) – Düngung (Art. 12)
- SR 910.181** Verordnung des EVD vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft – Dünger (Art. 2)
– Zugelassene Dünger Präparate und Substrate (Anhang 2)
- SR 814.20** Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG)
– Sorgfaltspflicht (Art. 3)
– Grundsatz (Art. 6)
– Sonderfälle im Bereich öffentlicher Kanalisation (Art. 12 Abs. 4)
– Betriebe mit Nutztierhaltung (Art. 14)
– Kontrolle von Anlagen und Einrichtungen (Art. 15)
– Bodenbewirtschaftung (Art. 27)
– Düngerberatung (Art. 51)
– Lagereinrichtungen für Hofdünger (Art. 77)
- SR 814.01** Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG)
– Umweltgerechter Umgang (Art. 28)
– Auskunftspflicht (Art. 46)
- SR 814.81** Verordnung vom 18. Mai 2005 zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV)
- SR 814.201** Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)
– Betriebe mit Nutztierhaltung (Art. 22)
– Düngergrossvieheinheit (Art. 23)
– Ortsüblicher Bewirtschaftungsbereich (Art. 24)
– Ausnahmen von den Anforderungen an die Nutzfläche (Art. 25)
– Düngerabnahmeverträge (Art. 26)
– Buchführung über die Hofdüngerabgabe (Art. 27)
– Kontrolle der Lagereinrichtungen für Hofdünger (Art. 28)
- SR 921.0** Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG)
– Umweltgefährdende Stoffe (Art. 18)
- SR 921.01** Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (Waldverordnung, WaV)
– 3. Abschnitt: Verwendung umweltgefährdender Stoffe
- SR 910.13** Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV)
– Ausgeglichene Düngerbilanz (Art. 6)
– Anhang (1. Tit., 3. Kap.); Ökologischer Leistungsnachweis: Technische Regeln:
– Ausgeglichene Düngerbilanz (Ziff. 2)
- SR 910.133** Verordnung vom 29. März 2000 über Sömmerungsbeiträge (Sömmerungsbeitragsverordnung, SöBV)
– Festsetzung des Normalbesatzes (Art. 6)

Tabelle 63. Begriffe und Abkürzungen

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
B	Bor
BS	Basensättigung, prozentualer Anteil der Summe der Calcium-, Kalium-, Magnesium- und Natrium-Ionen von der Kationenaustauschkapazität
Ca	Calcium
Ca(OH) ₂	Calciumhydroxid, gelöschter Kalk, Ätzkalk
CaCO ₃	Calciumkarbonat, kohlensaurer Kalk, Düngkalk
CaO	Calciumoxid, gebrannter Kalk
Cl	Chlor
Cu	Kupfer
Ernterückstände	Anfallende Nebenprodukte im Pflanzenbau (Stroh, Kartoffelstauden, Rübenblätter usw.)
Fe	Eisen
Frischmist	Weniger als 1 Monat gelagerter Mist
FS	Frischsubstanz
Gülle kotarm	Enthält den grössten Teil des Harns und wechselnde Mengen an Kot (je nach Aufstallungssystem und Einstreumengen)
GVE	Grossvieheinheit
Hennenmist, Pouletmist, Trutenmist	Enthält nebst der Einstreu die gesamten Ausscheidungen von Geflügel
Hennenkot	Enthält die gesamten Ausscheidungen von Geflügel aus Kotband-Aufstallungssystemen
K ₂ O	Kaliumoxid
Kälber-, Schweine-, Pferde-, Schaf- und Ziegenmist	Mehr als 3 Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigten Platz gelagerter Mist. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und einen unterschiedlichen Teil des Harnanfalls
KAK, KUK	Kationenaustauschkapazität, Kationenumtauschkapazität
Laufstallmist	Mist aus Tiefstreulaufställen. Enthält nebst der Einstreu den gesamten Kot- und Harnanfall
LHP	Legehennenplatz
Mg	Magnesium
MgCO ₃	Magnesiumkarbonat
Mistkompost	Mist mehr als 6 Monate gelagert und mehrmals umgesetzt. Struktur des Strohs/Einstreumaterials nicht mehr erkennbar. Farbe: Dunkelbraun. Ausgangsmaterial: Frischmist oder Laufstallmist aus der Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten
MJ	Megajoule
Mn	Mangan
Mo	Molybdän
MPP	Mastpouletplatz
MSP	Mastschweineplatz
N	Stickstoff
Nährstoffentzug	Aufgenommene Nährstoffmenge im Hauptprodukt und im anfallenden Nebenprodukt (ohne unvermeidbare Ernteverluste, Stoppeln und Wurzeln)
Nährstoffrichtwerte Hofdünger	Die Werte wurden grösstenteils mit Hilfe von Fütterungsplänen (je nach Tierart mit mehreren Rationen) berechnet. Teilweise wurden auch Hofdüngereanalysen aus Praxisbetrieben verwendet. Im Einzelfall können in Abhängigkeit von Fütterung und Aufstallungssystem grössere Abweichungen auftreten.

Tabelle 63 (Fortsetzung). Begriffe und Abkürzungen

Abkürzung / Begriff	Übliche Bezeichnung / Erläuterung
N-Ausnutzung	Prozentualer Anteil des gedüngten Stickstoffs, welcher in der erntbaren oberirdischen Pflanzenmasse enthalten ist. Sie wird aus der Differenz des N-Entzugs einer gedüngten und einer ungedüngten Fläche ermittelt.
NH₃	Ammoniak
NH₄⁺	Ammonium
N_{lös}	Wasserlösliche Stickstoffformen (Ammonium, Harnstoff, u. a.) in Ausscheidungen der Tiere und in Hofdüngern
N_{min}	Mineralstickstoffgehalt des Bodens. Er umfasst den Nitrat- und Ammoniumgehalt aus feldfrischen Proben.
NO₃⁻	Nitrat
Norm (P, K, Mg)	Nährstoffbedarf der Kulturen für gute Durchschnittserträge mit einwandfreier Qualität
Norm korrigiert (P, K, Mg)	Nährstoffdüngbedarf der Kulturen für gute Durchschnittserträge mit einwandfreier Qualität bei optimaler Nährstoffversorgung des Bodens
Norm (Stickstoff)	Stickstoffdüngbedarf unter durchschnittlichen Boden- und Witterungsbedingungen zur Erzielung guter Erträge mit einwandfreier Qualität
N_{tot}	Gesamt-Stickstoff (unabhängig von der Form)
N_{verf}	Verfügbare Stickstoff. Prozentualer Anteil vom anfallenden Gesamt-Stickstoff in Ernterückständen, Hof-, Abfall- und Gründüngern, welcher bei optimaler Wirtschaftsweise kurz- und mittelfristig für die Pflanzen verfügbar ist bzw. verfügbar wird. Diese Grösse ist nicht identisch mit dem ertragswirksamen Stickstoff, da ein Teil des organischen Stickstoffs auch ausserhalb der Ertragsbildungsphasen verfügbar wird und zu erwünschten (z. B. bei Getreide) oder zu unerwünschten (z. B. bei Zuckerrüben, Blattgemüse) Zunahmen der N-Gehalte in den Ernteprodukten (Haupt- und/oder Nebenprodukte) oder insbesondere im Ackerbau und Feldgemüsebau auch zu erhöhter Nitratauswaschung führen kann.
N-Wirkung	Wirkung des Stickstoffs von Hof- oder Abfalldüngern auf Ertrag und/oder Qualität der Pflanzen. Die Angabe erfolgt in Prozenten der Wirkung einer gleichen Stickstoffmenge in Form eines mineralischen Vergleichsdüngers (meistens Ammonsalpeter). Bei Kulturen, welche nicht während einer vollständigen Vegetationsperiode wachsen (z. B. Getreide, Kartoffeln) sowie bei nicht optimaler Hofdüngerwirtschaft ist als Folge erhöhter N-Verluste die N-Wirkung oft geringer.
OS	Organische Substanz
P₂O₅	Phosphorpentoxid
Rottemist	Mist mehr als 3 Monate gelagert und mindestens einmal umgesetzt. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist schwach ersichtlich. Farbe: Braun. Ausgangsmaterial: Frischmist oder Laufstallmist aus Rindviehhaltung, Mist anderer Tierarten
S	Schwefel
SO₃	Sulfit
SO₄	Sulfat
Stapelmist	Mehr als 3 Monate ohne spezielle Pflege ausserhalb des Stalls auf einem befestigtem Platz gelagerter Mist. Struktur des Strohs/Einstreumaterials ist noch klar ersichtlich. Farbe: dunkelbraun bis grünlich. Ausgangsmaterial: Frischmist aus Rinderhaltung
TS	Trockensubstanz
VES	Verdauliche Energie Schwein
Vollgülle, Schweinegülle	Enthält die gesamten Ausscheidungen der Tiere und eventuelle Einstreumaterialien (Strohhacksel, Sägemehl, Späne usw.).
Zn	Zink
ZSP	Zuchtschweineplatz