



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland

Gelbes Heft

8. überarbeitete Auflage 2007



LfL-Information

Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agraroeekologie@LfL.bayern.de
Tel.: 0 81 61 / 71 - 36 40

Weitere Auskünfte erteilen die Ämter für Landwirtschaft und Forsten

8. Auflage: März / 2007

Druck: Druckhaus Kastner, 85283 Wolnzach

Schutzgebühr: 5,-- €

© LfL



Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland

**Dr. Matthias Wendland, Dr. Michael Diepolder,
Dr. Peter Capriel**

Gemeinsame Bearbeitung:

**Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft (LfL)
Freising-Weihenstephan**

**Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau (LWG)
Würzburg/Veitshöchheim**

**Fachhochschule Weihenstephan,
Fachbereich Land- und
Ernährungswirtschaft
Freising-Weihenstephan**

**Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung
(ZIEL), Abteilung Bioanalytik,
Freising-Weihenstephan**

Inhaltsverzeichnis		Seite
Vorwort		7
1	Allgemeine Hinweise für Acker- und Grünland	9
1.1	Bodenuntersuchung	9
1.2	Standortfaktoren	10
1.3	Humusversorgung	13
1.4	Düngeverordnung	16
1.5	Nährstoffbilanzierung	19
2	Die Düngung von Ackerland	22
2.1	Mineralische Düngung	22
2.1.1	Kalk (CaO)	22
2.1.2	Stickstoff (N) und Stickstoffbedarfsermittlung	26
2.1.3	Phosphat (P ₂ O ₅) und Kali (K ₂ O)	35
2.1.4	Magnesium und Schwefel	40
2.1.5	Spurennährstoffe (Bor, Kupfer, Mangan, Zink)	42
2.2	Organische Düngung	47
2.2.1	Nährstoffverfügbarkeit	47
2.2.2	Ermittlung und Anrechnung der Nährstoffgehalte in flüssigen organischen Düngern	49
2.2.3	Ermittlung und Anrechnung der Nährstoffgehalte in festen organischen Düngern	53
3	Die Düngung von Dauergrünland	55
3.1	Vorbemerkung	55
3.2	Düngebedarfsermittlung für N, P ₂ O ₅ , K ₂ O und MgO	56
3.3	Einsatz von Wirtschaftsdüngern	64
3.3.1	Nährstoffgehalte	64
3.3.2	Wirkung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern	64
3.3.3	Aspekte zur Düngung mit Jauche und Stallmist	66
3.3.4	Aspekte eines optimalen Gülleeinsatzes	67
3.4	Nährstoffversorgung und Düngung	68
3.4.1	Phosphat, Kali und Magnesium	68
3.4.2	pH-Wert und Kalkversorgung	70
3.4.3	Natrium	71
3.4.4	Spurenelemente (Kupfer, Mangan, Zink, Selen)	71
3.4.5	Schwefel	73
3.5	Grundsätze für die Düngung von Weiden	73
Nachwort		75

Anhang		76
Anhang 1:	Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1	77
Anhang 2:	Nährstoffabfuhr des Grünlandes in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp, Nettoabfuhr bei Silagenutzung mit max. 20 % Heuanteil, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 3	81
Anhang 3:	N-Bindung durch Leguminosen, Stand: Januar 2007	83
Anhang 4:	Nährstoffgehalte verschiedener Mineraldünger, Stand: Januar 2007	84
Anhang 5:	Nährstoffgehalte von Grundfuttermitteln, Stand: Januar 2007	86
Anhang 6:	Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5	87
Anhang 7:	Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, die anrechenbaren gasförmigen N-Verluste im Stall und im Lager sind berücksichtigt, Stand: Januar 2007	94
Anhang 8:	Nährstoffgehalte von Gemüse, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5 Tabelle 2	96
Anhang 9:	Nährstoffgehalte von Heil- und Gewürzpflanzen, Stand: Januar 2007	97

Vorwort

Die Düngung gehört zu den wirkungsvollsten Maßnahmen eines erfolgreichen Pflanzenbaus. Wie kein anderes Betriebsmittel hat die Düngung die Fruchtbarkeit der Böden erhöht. Ab etwa 1950 hat auf den landwirtschaftlich genutzten Böden der Bundesrepublik Deutschland eine die Abfuhr übersteigende Zufuhr von Nährstoffen zu einer mehr oder weniger starken Nährstoffanreicherung der Böden geführt. Diese Nährstoffanreicherung war erwünscht, um hochartragreichen Pflanzenbeständen auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen die notwendige Nährstoffversorgung zu gewährleisten. Seit ca. 1990 ging der Verbrauch an Mineraldüngern stetig zurück, auch bedingt durch niedrige Produktpreise und steigende Produktionskosten. Heute ist eine genaue Düngebedarfsermittlung und ein gezielter Einsatz sowohl mineralischer als auch organischer Düngemittel auch wegen der rechtlichen Vorgaben unerlässlich.

Die Optimierung der Düngung landwirtschaftlicher Kulturen ist nicht nur aus ökonomischen, sondern auch aus ökologischen Gründen (z. B. Abgasung von Ammoniak, Auswaschung von Nitrat in das Grundwasser, Abschwemmung von Phosphat in Oberflächengewässer) erforderlich. Eine wesentliche Grundlage für die Düngebedarfsermittlung ist die Bodenuntersuchung. Sie gibt über den Nährstoffzustand eines Bodens Auskunft. Wie die ermittelten Nährstoffgehalte im Hinblick auf die Versorgung der Pflanzen zu beurteilen sind, wurde in **Feldversuchen** festgestellt. Aus den Versuchsergebnissen wurden Richtwerte abgeleitet und Gehaltsstufen definiert.

Für eine optimierte Düngung müssen darüber hinaus das realistischere erreichbare Ertragsniveau und alle, die Nährstoffaufnahme beeinflussenden Faktoren des Standortes und der Bewirtschaftung berücksichtigt werden. Dabei sei daran erinnert, dass eine optimale Düngewirkung nur zu erzielen ist, wenn auch die anderen acker- und pflanzenbaulichen Voraussetzungen in Ordnung sind.

Voraussetzung für eine effiziente Nährstoffwirkung ist neben der richtigen **Mengenbemessung** eine auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmte **Terminierung** der Düngegaben, insbesondere der von Stickstoff, sowie eine möglichst gleichmäßige **Verteilung** der wirtschaftseigenen Dünger über die Fläche.

In der 8. Auflage des „Gelben Heftes“ werden die Bestimmungen der neuen Düngeverordnung vom 10. Januar 2006 mit den Änderungen bis Ende Januar 2007 berücksichtigt. Die dort genannten Werte für die Düngebedarfsermittlung stellen unter Einbeziehung von Versuchsergebnissen die Grundlage für die in diesem Heft speziell auf bayerische Verhältnisse abgeleiteten Richtwerte dar. Die Berücksichtigung dieser Werte bei der **Düngebedarfsermittlung** und der Erstellung von **Nährstoffbilanzen** ist die Voraussetzung für die Einhaltung der guten fachlichen Praxis nach der Düngeverordnung.

Gegenüber der 7. Auflage wurden insbesondere:

- Berechnungsanleitungen zur Düngebedarfsermittlung von Acker- und Grünland neu aufgenommen,
- die organische Düngung überarbeitet,
- das Kapitel Nährstoffbilanzierung an die Düngeverordnung angepasst,
- der Abschnitt Humusversorgung neu gefasst,
- die Nährstoffausscheidungen der Tiere, die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger sowie der Wirtschaftsdüngeranfall überarbeitet.

Dr. Matthias Wendland

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

1 Allgemeine Hinweise für Acker- und Grünland

1.1 Bodenuntersuchung

Die Bodenuntersuchung gibt Aufschluss über pflanzenverfügbare Nährstoffmengen sowie den pH-Wert des Bodens im Hauptwurzelraum. Sie stellt damit für viele Nährstoffe eine wesentliche Grundlage der Düngebedarfsermittlung (siehe Kapitel 2.1 und 3.2) dar.

Voraussetzung für ein verwertbares Untersuchungsergebnis ist eine korrekte und repräsentative Bodenprobenahme. Dabei sind insbesondere die Anzahl der Einstiche, die Probenahmetiefe und der sachgerechte Probentransport zu beachten. Für eine repräsentative Probe sind mindestens 15 Einstiche notwendig, die gleichmäßig über die Beprobungsfläche verteilt sein müssen. Bei der Standardbodenuntersuchung (pH, Phosphat und Kali) und der Untersuchung auf Spurennährstoffe wird in der Regel nur die Krume (Acker: 15 - 20 cm) beprobt. Auf Grünland ist eine Beprobungstiefe von exakt 10 cm (Hauptwurzelraum) vorgesehen. Es empfiehlt sich die Verwendung eines speziellen Probenahmegerätes, das genau diese Tiefe einhält. Für einen aussagekräftigen Mittelwert sind auf Wiesen mindestens 15 bis 20 Einstiche und auf Weiden aufgrund der ungleicheren Nährstoffverteilung 40 Einstiche je Teilfläche erforderlich. Aus dem Material der Einstiche wird eine Mischprobe hergestellt. Oberirdische Pflanzenteile dürfen in der Mischprobe nicht enthalten sein. Die Probenahme sollte nicht kurz nach einer Düngung gezogen werden, da sonst das Messergebnis grob verfälscht werden kann. Günstig für die Probenahme sowohl auf Acker als auch auf Grünland ist der Zeitraum von Herbst bis zum zeitigen Frühjahr.

Die Phosphat- und Kaligehalte im Boden sind kurzfristig nur wenig veränderbare Größen mit geringer jahreszeitlicher Variation. Dagegen verändert sich der Gehalt an mineralischem Stickstoff des Bodens (N_{\min}) sehr wesentlich in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Bewuchs, Düngung, Witterung). Er wird daher am besten im Frühjahr vor einer Düngungsmaßnahme ermittelt.

Gering mit Phosphat und Kali versorgte Böden sollen zur Sicherung der Erträge durch erhöhte Düngegaben auf eine bessere Versorgungsstufe mit dem jeweiligen Nährstoff aufgedüngt werden. Auf sehr nährstoffreichen Böden können durch Verringerung bzw. zeitweiliges Aussetzen der Düngung die Nährstoffvorräte genutzt und gleichzeitig Kosten gespart werden.

Die mit der Bodenuntersuchung festgestellten Nährstoffgehalte und die damit erzielten Erträge stehen nicht immer in enger Beziehung zueinander. Ursachen dafür liegen im Standort (Boden, Witterung) und in pflanzenspezifischen Eigenheiten. Die Höhe der Nährstoffaufnahme der Pflanzen wird nicht nur von den vorhandenen Nährstoffen, sondern auch von deren Verfügbarkeit im Boden (abhängig von Pufferung, Wassergehalt, Bodenart, Bodenstruktur etc.) und dem Aneignungsvermögen der Pflanzen (abhängig von Größe und Verteilung des Wurzelsystems, Mobilisierung von Nährstoffen) bestimmt.

Die Untersuchung auf pflanzenverfügbaren Stickstoff (N_{\min}) ist nur auf Acker sinnvoll und erfolgt bis auf eine Tiefe von 60 cm (0 - 30 cm, 30 - 60 cm). Die Tiefe von 60 - 90 cm wird gegebenenfalls berechnet. Diese N_{\min} Proben sind nach der Probenahme sofort zu kühlen und bei unter 4 °C zu lagern und transportieren.

Der mineralische Stickstoff (N_{\min}) ist für die Pflanzen grundsätzlich vollständig verfügbar. Unsicherheit bei der optimalen Ergänzungsdüngung entsteht allerdings durch die Stickstoffnachlieferung während der Vegetationsperiode, die vom Bodenzustand, dem Humus-Stickstoff und dem Witterungsverlauf abhängt und damit nur ungenau abschätzbar ist.

Die Bodenuntersuchung darf folglich bezüglich ihrer Aussagekraft nicht überschätzt werden. Sie stellt nur eine Entscheidungshilfe für die Düngebemessung dar. Die in langjährigen Eichversuchen

abgeleiteten Düngeempfehlungen gelten zunächst nur für den Standort, an dem sie ermittelt wurden. Für abweichende Standortvoraussetzungen sind sie, insbesondere bei Stickstoff, zu modifizieren. Im Kapitel 1.2 „Standortfaktoren“ werden die relativ leicht erfassbaren Standortfaktoren beschrieben und in ihrer Bedeutung für die Düngung bewertet.

Eine in mehrjährigem Abstand durchgeführte Bodenuntersuchung (mit Ausnahme von Stickstoff) lässt erkennen, ob die Düngepraxis zu einem Ansteigen oder Abfallen der Nährstoffversorgung der Böden führt (Kontrollfunktion). Dies ist besonders wichtig für Betriebe, die betriebsfremde organische Dünger, u. a. auch Kompost oder Biogasgärreste verwenden. Um Bodenuntersuchungsergebnisse über Jahre vergleichen zu können, ist darauf zu achten, dass die Probenahme möglichst unter gleichen Bedingungen (Jahreszeit, Vorfrucht und nach einer Düngung im Abstand von mindestens 8 - 12 Wochen) erfolgt.

1.2 Standortfaktoren

Zahlreiche, sich widersprechende Ergebnisse über Erfolg und Misserfolg bestimmter Düngemaßnahmen, haben ihren Grund in unterschiedlichen Standorteinflüssen. Der Standorteinfluss kann soweit gehen, dass durch Düngung kein bzw. ein starker Ertragsanstieg erzielt wird. Nachstehend wird auf wichtige, leicht erfassbare Standortfaktoren hingewiesen.

Durchwurzelbarkeit und Nährstoffgehalt des Unterbodens

Die Werte der Bodenuntersuchung für Phosphat, Kali, Magnesium, Spurenelemente und pH-Wert beziehen sich auf den Krumenraum. Obwohl dieser am stärksten durchwurzelt ist, decken die Pflanzen doch einen erheblichen Teil ihres Wasser- und Nährstoffbedarfs aus dem Unterboden. **Die Ansprüche an den Nährstoffgehalt der Krume sind deshalb geringer, wenn der Boden tiefgründig, gut durchlüftet, frei von Grund- und Stauwasser, Verdichtungen oder sonstigen durchwurzelungshemmenden Schichten ist.**

Die Nährstoffgehalte des Unterbodens liegen im Regelfall (auch bei hoher Krumenversorgung) für Phosphat im Bereich „niedrig“ und für Kali im Bereich „niedrig bis optimal“ (Tabelle 1). Die Nährstoffe des Unterbodens sind über einen großen, wasserspeichernden Bodenraum verteilt, so dass sie auch in Trockenperioden verfügbar sind, wenn der Unterboden durchwurzelt werden kann bzw. nicht austrocknet.

Tabelle 1: Gehalte an CAL-löslichem Phosphat und Kali in der Krume (0 - 30 cm) und im Unterboden (30 - 60 cm), Mittelwert aus 500 Proben

	P_2O_5	K_2O
	mg/100 g Boden	
Krume	21	26
Unterboden	6	14

Bodenart

Die Bodenart ist ein wichtiger Standortfaktor, der viele Bodeneigenschaften beeinflusst. Sie wird gebraucht zur Bewertung der Humuskennwerte und zur Düngebedarfsermittlung. Die Bestimmung der Bodenart erfolgt im Labor meistens mittels Fingerprobe. Neben der Fingerprobe können Standardlaborverfahren (z. B. DIN ISO 11277 oder VDLUFA Methode C 2.2.1) verwendet werden. Der finanzielle Mehraufwand ist vertretbar, da diese Standardlaborverfahren genauer sind und die Bestimmung nur einmal erforderlich ist.

Tabelle 2: Bodenarteinteilung nach dem Bodenartenschlüssel Bayerns

Schlüssel	Bodenart	Ton %	Schluff %	Sand %	Bearbeitbarkeit
01	Sand	< 5	< 10	85 - 100	leichter Boden
02	schwach lehmiger Sand	< 5 5 - 12	10 - 50 < 50	45 - 90 38 - 95	
03	stark lehmiger Sand	12 - 17	< 50	33 - 88	mittlerer Boden
04	sandiger Lehm	17 - 25	< 50	25 - 83	
05	schluffiger Lehm	< 25	50 - 100	< 50	
06	toniger Lehm	25 - 45	15 - 75	< 60	schwerer Boden
	sandiger Ton *	25 - 65	< 15	20 - 75	
07	lehmiger Ton	45 - 65	15 - 55	< 40	
08	Ton	65 - 100	< 35	< 35	

* Die Bodenart „sandiger Ton“ ist selten anzutreffen und deshalb wurde kein eigener Schlüssel vergeben. Stellt man bei der Fingerprobe eine relativ geringe Bindigkeit fest, so ist die Zuordnung zum „sandigen Lehm“ (04) vorzunehmen, andernfalls zum tonigen Lehm (06).

Bodenstruktur

Unter Bodenstruktur versteht man die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile und ihren Zusammenhalt. Die Bodenstruktur hat wesentlichen Einfluss auf den Luft- und Wasserhaushalt und damit auf das Wurzelwachstum sowie auf die Verfügbarkeit der Nährstoffe. **Die in diesem Leitfaden gegebenen Düngeempfehlungen gehen von guten Strukturverhältnissen im Boden aus.** Bei geschädigter Bodenstruktur kann eine erhöhte Düngung die Hemmung des Pflanzenwachstums abschwächen aber nicht völlig kompensieren. Es ist darauf zu achten, dass Bodenstrukturen z. B. durch Befahren der Flächen in zu feuchtem Bodenzustand vermieden werden. Ob Strukturschäden vorliegen, lässt sich am besten mittels **Spatendiagnose oder Bodensonde** feststellen.

Krumentiefe, Raumgewicht, Steingehalt

Die Phosphat-, Kali- und Magnesiumgehalte für Mineralböden werden in mg je 100 g lufttrockenem Feinboden (Siebdurchgang < 2 mm) angegeben. Lediglich auf Moorböden werden die Nährstoffe auf das Volumen bezogen (mg/100 ml). Flachgründige Böden oder Böden mit hohem Steinanteil sollten wegen des eingeschränkten Wurzelraums bei gleichem Ertragsniveau einen etwas höheren Nährstoffgehalt (oberer Bereich der Richtwertspanne z. B. in den Tabellen 22, 23, 27) aufweisen.

Tabelle 3 zeigt, wie eine Änderung der Krumentiefe, des Raumgewichts und des Steingehalts die Nährstoffmenge der Krume beeinflusst, ohne dass diese im Nährstoffgehalt der Bodenuntersuchung (mg-Wert) zum Ausdruck kommt.

Tabelle 3: Einfluss von Krumentiefe, Raumgewicht und Steingehalt auf die Nährstoffmenge (kg/ha) in der Ackerkrume bei einem Nährstoffgehalt von 15 mg/100 g Boden

Boden	Krumentiefe (cm)	Raumgewicht (g/cm³)	Grobboden (Ø > 2mm) (Vol.-%)	Nährstoffmenge (kg/ha)
Lößlehm	30	1,4	-	630
Lößlehm	20	1,4	-	420
Schotter	30	1,4	20	504
Ton	20	1,4	-	420
Anmoor	30	0,8	-	360

Bodenfeuchte

Für die Nährstoffaufnahme ist verfügbares Bodenwasser Voraussetzung. Die Nährstoffausnutzung ist um so besser, je günstiger die Feuchteverhältnisse sind. Günstig wirken sowohl eine hohe **nutzbare Wasserspeicherfähigkeit des Bodens** als auch **reichliche, gleichmäßig verteilte Niederschläge** in der Vegetationsperiode. **Stauässe** und **ein hoher Grundwasserstand** schränken die Durchwurzelbarkeit ein und verschlechtern die Nährstoffaufnahme.

Wie unterschiedlich der Standortfaktor „Wasser“ ackergenutzter Böden sein kann, zeigt die Schwankung der nutzbaren Wasserspeicherfähigkeit (nFK) von < 50 mm (Grobsandböden, flachgründige Kalkstein- und Schotterverwitterungsböden) bis > 200 mm (Schwarzerden, tiefgründige Löß-Parabraunerden) und die Schwankung der mittleren Jahresniederschlagsmengen von 500 mm (Regenschattengebiete Unterfrankens) bis über 900 mm (Alpenvorland).

Bei der Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse kann man davon ausgehen, dass für eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen hohe Nährstoffgehalte im Boden um so weniger erforderlich sind, je günstiger die Feuchteverhältnisse sind.

Berücksichtigung der Standortfaktoren bei der Düngebedarfsermittlung

Die gegebenen Standortunterschiede und ihre Wirkung auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen sind im Feldversuch schwer zu erfassen. Daher ist die Gehaltsstufe C so gewählt (oberer Bereich), dass auch unter ungünstigen Standortbedingungen die Nährstoffversorgung der Pflanzen für die Erzielung des am Standort optimalen Ertrages sichergestellt ist.

Wird mit den empfohlenen Düngungsmaßnahmen der gewünschte Erfolg nicht erzielt, so kann dies z. B. an folgenden Ursachen liegen:

- K-Festlegung auf Auenböden in K-fixierenden Tonmineralen,
- P-Fixierung in Böden mit hohen Gehalten an mobilen Eisen- und Aluminiumoxiden, insbesondere bei niedrigem pH-Wert,
- Spurenelementfestlegung bei stark kalkhaltigen oder zu stark aufgekalkten Böden.

In diesen Fällen sind spezielle Untersuchungen und eine entsprechende Beratung erforderlich.

1.3 Humusversorgung

Die Bedeutung des Humus (Organische Bodensubstanz) liegt in der komplexen Beeinflussung nahezu aller Bodeneigenschaften und -funktionen. Der Humus hat u. a. folgende Funktionen:

- **Speichern von Nährstoffen:** Der Humus stellt eine langsam fließende Nährstoffquelle für die Pflanzen dar. Durch mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff) in pflanzenaufnehmbare Verbindungen umgewandelt. Der Humus ist auch die Nahrungsquelle für Bodenmikroorganismen und Bodentiere. Zahlreiche experimentelle Ergebnisse belegen, dass zwischen dem Humusgehalt eines Bodens und der Menge an mikrobieller Biomasse eine enge Beziehung besteht.
- **Bodenstruktur schaffen:** Der Humus wirkt Gefüge schaffend und Gefüge stabilisierend, in dem er die Mineralteilchen zu einem hohlraumreichen Bodenverband verklebt. Damit beeinflusst er wesentlich den Luft- und Wasserhaushalt. Dadurch werden die Wasser- und Nährstoffzufuhr zur Pflanzenwurzel, die Wurzelentwicklung, die Durchlüftung und somit die mikrobielle Aktivität, die Wasserspeicherfähigkeit, die Wasserversickerung, die Wasserstabilität der Bodenaggregate sowie die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit des Bodens gesteuert. Gefährdungen durch Bodenschadverdichtung und Erosion können durch optimale Humusgehalte vermindert werden.
- **Wasser speichern:** Der Humus kann Wasser speichern, eine Eigenschaft, die auch im Hinblick auf die Klimaerwärmung von Bedeutung ist. Die gespeicherte Wassermenge kann das zwanzigfache des Humusgewichts erreichen.
- **Filtern und Puffern:** Der Humus kann die für die Pflanzenernährung wichtigen Kationen (Calcium, Magnesium, Kalium etc.) und Anionen (Phosphat, Sulfat, Nitrat) austauschbar binden und so vor Auswaschung schützen, ein Vorgang, der insbesondere bei sandigen Böden wegen ihres geringen Tonanteils von Bedeutung ist. Die Proteine, ein bedeutsamer Bestandteil des Humus, wirken als Puffer und verhindern größere pH - Schwankungen, eine wichtige Voraussetzung für die biochemischen Prozesse im Boden. Schließlich steuert der Humus durch eine Vielzahl von Adsorptionsmechanismen die Auswaschung und Abbauraten von Pflanzenschutzmitteln und Umweltchemikalien und schützt damit die Umwelt.

Aufgrund dieser vielfältigen Wirkungen stellt eine standortangepasste optimale Humusversorgung in landwirtschaftlichen Betrieben eine wesentliche Grundlage zur nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherung dar.

Der Humusgehalt und die Humusqualität von Ackerböden hängen von Standortfaktoren (Klima, Korngrößenverteilung, Geologie, Grundwasser) und von der Bodenbewirtschaftung (Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung) ab. Ein bestimmter Boden kann also nur eine bestimmte, für den Standort typische Humusmenge speichern.

Eine Humusunterversorgung führt langfristig zu starken Einbußen in der Bodenfruchtbarkeit. Andererseits kann eine Humusübersversorgung zu unkontrollierter Mineralisation und Nährstoffverlusten führen. Die langfristige Entwicklung der Humusversorgung muss daher zuverlässig erfasst werden. Die regelmäßige Humusuntersuchung ist der einzige Weg, um die Humusversorgung von Ackerböden sicher zu erfassen.

Humusuntersuchung

Bei der Humusuntersuchung sollen der organische Kohlenstoff (C_{org}) und der Gesamtstickstoff (N_{t}) bestimmt werden. C_{org} und N_{t} kennzeichnen den Humusgehalt eines Bodens. Das $C_{\text{org}} / N_{\text{t}}$ Verhältnis kennzeichnet die Humusqualität. Um die Humusversorgung (Humusgehalt, Humusqualität) von

Ackerflächen langfristig beurteilen zu können, ist eine regelmäßige Bestimmung der Humuskennwerte (C_{org} , N_t) in einem Turnus von 6 - 10 Jahren erforderlich. Bei Bewirtschaftung, die zu einer Abnahme des Humusgehalts führen kann (siehe unten „Maßnahmen, die den Humus erhalten“) ist ein sechsjähriger Untersuchungsturnus empfehlenswert.

Die Aussagekraft der Humuskennwerte hängt entscheidend von der Bodenprobenahme ab. Diese soll im Frühjahr (März - April) vor der Vegetationszeit erfolgen, wenn die Ernterückstände (Wurzeln, Stoppeln, Stroh, Blätter) weitgehend abgebaut sind. Die Pflanzenreste werden bei der Humusuntersuchung mit erfasst und verfälschen die Messergebnisse. Die Beprobung in Wintergetreide hat sich gut in der Praxis bewährt. Die Beprobung in Klee gras soll wegen der störenden Pflanzenreste vermieden werden. Die Probenahme soll vor der Ausbringung der Gülle und des mineralischen Stickstoffdüngers oder frühestens zwei Wochen danach erfolgen. Die Probenahmetiefe beträgt 0 bis 15 cm. Bei kombinierter Bodenbearbeitung (pfluglose Bodenbearbeitung und gelegentliche Grundbodenbearbeitung mit Pflug) soll die Bodenprobenahme möglichst in dem der Herbstfurche (Pflugeinsatz) folgenden Frühjahr stattfinden. Das sichert langfristig eine bessere Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse. Die Beprobung von kleinen Teilflächen (kleiner 10 m^2), deren Position bekannt ist (am einfachsten mittels GPS), hat gegenüber der „üblichen“ Mischprobe, die aus mehreren über die gesamte Schlagfläche verteilten Einstichen gewonnen wird, einen entscheidenden Vorteil. Diese kleinen Teilflächen sind einheitlicher im Vergleich zum Schlag. Damit sind auch kleine Veränderungen des Humusgehalts und der Humusqualität im Laufe der Zeit erfassbar, man kann also die Humusversorgung langfristig genau verfolgen. Weil Ackerschläge normalerweise uneinheitlich sind, wird empfohlen, mindestens 3 solcher Teilflächen (kleiner 10 m^2) pro Schlag zu beproben. Von jeder Teilfläche werden mit einem Bohrer (Durchmesser 35 mm) in einer Tiefe von 0 bis 15 cm 6 Bodenkerne entnommen, die zu einer Mischprobe vereint werden. Bei 3 Teilflächen sind es 3 Mischproben. Diese 3 Mischproben werden auf C_{org} und N_t untersucht. Bei der nächsten turnusmäßigen Humusuntersuchung werden diese 3 Teilflächen wieder beprobt.

Für die Bewertung von Humusgehalt (C_{org} , N_t) und Humusqualität (C_{org} / N_t) sollen die standorttypischen Spannweiten der nachfolgenden Tabellen herangezogen werden. Sie gelten für grundwasserferne Ackerstandorte in Bayern.

Die Anwendung der Formel Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$ ist nicht empfehlenswert, da der Faktor 1,72 nicht allgemein gültig ist. Die direkte Angabe des C_{org} - Gehalts als Maß für den Humusgehalt ist einfacher und eindeutiger.

Die standorttypischen Humusgehalte in Tabelle 4 gelten sowohl für konventionell als auch für ökologisch bewirtschaftete Ackerschläge. Aus den Tabellen 2 und 4 wird deutlich, dass mit zunehmendem Tonanteil der Humusgehalt höher wird.

Tabelle 4: Standorttypische Humusgehalte für Ackerböden in Bayern

Bodenartgruppe	C_{org} %	N_t %
Sand	0,9 - 1,4	0,07 - 0,12
schwach lehmiger Sand	0,9 - 1,8	0,08 - 0,15
stark lehmiger Sand	1,1 - 2,4	0,10 - 0,21
sandiger Lehm	1,2 - 2,5	0,12 - 0,23
schluffiger Lehm	1,1 - 1,8	0,11 - 0,18
toniger Lehm	1,3 - 2,9	0,13 - 0,29
lehmiger Ton	1,6 - 2,7	0,16 - 0,27

Für konventionell und ökologisch bewirtschaftete Ackerschläge gelten unterschiedliche Spannweiten für die Humusqualität (Tabelle 5).

Tabelle 5: Standorttypische Humusqualitäten für Ackerböden in Bayern

Bodenartgruppe	C_{org} / N_t konventionell	C_{org} / N_t ökologisch
Sand	11,0 - 13,1	-
schwach lehmiger Sand	10,4 - 12,6	10,7 - 11,8
stark lehmiger Sand	9,9 - 12,1	10,1 - 12,4
sandiger Lehm	9,7 - 11,3	9,9 - 12,0
schluffiger Lehm	9,4 - 10,7	9,9 - 11,2
toniger Lehm	9,2 - 10,8	9,6 - 11,0
lehmiger Ton	9,1 - 10,9	-

Ausführliche Informationen zum Thema „Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern“ findet man unter: www.LfL.bayern.de/iab/bodenbearbeitung

Um die Tabellen 4 und 5 benutzen zu können, muss die Bodenart (Ton-, Schluff-, Sandanteil) bekannt sein.

Eine Liste der in Bayern zugelassenen Untersuchungslabore, die Humusuntersuchungen und Bodenartbestimmungen durchführen, findet man unter: www.LfL.bayern.de/labor_aktuell

Beispiel:

Ein Ackerboden (23 % Tonanteil, 20 % Schluffanteil = sandiger Lehm, siehe Tabelle 2) hat folgende Humuskennwerte: $C_{org} = 1,2 \%$, $N_t = 0,12 \%$, $C_{org} / N_t = 10$. Damit weist er noch standorttypische Werte auf. Auf Grund des Tonanteils sollte der Humusgehalt jedoch höher liegen.

Humusbilanz

Die Humusbilanzmethode für die Beratung kann von der Internetseite der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft kostenlos heruntergeladen werden. Damit bekommt man stets die aktuellste Version, da die Humusbilanzmethode ständig dem aktuellen Wissensstand angepasst wird (www.LfL.bayern.de/iab/bodenbearbeitung).

Hinweis: Die Humusbilanzmethode nach den Vorgaben von Cross-Compliance, die ebenfalls unter dieser Internetadresse heruntergeladen werden kann, ist für Beratungsempfehlungen in Bayern nicht geeignet.

Die Anwendung der Humusbilanz soll auf Fruchtfolgeebene schlagbezogen erfolgen. Es empfiehlt sich, eine schlagbezogene Humusbilanz rückwirkend für 8 - 10 Jahre nach Angaben der Schlagkartei zu berechnen. Die Humusbilanz auf Betriebsebene birgt die Gefahr der Fehlinformation durch Saldierung von Fruchtfolgen bzw. Schlägen mit Überschuss und Mangel.

Die Humusbilanzmethoden sind generell einfache Prognose - Modelle für den organischen Kohlenstoff, die weder den Einfluss der Bodenart (Ton-, Schluff-, Sandanteil) und der Mineralzusammensetzung, noch den des Klimas (Niederschlag, Temperatur) und der Bodenbearbeitungsintensität auf den organischen Kohlenstoff mit berücksichtigen. Diese Faktoren spielen bekanntlich eine wichtige Rolle beim Humusaufbau und Humusabbau. Deshalb sind die Humusbilanzmethoden im allgemeinen mit Fehlern behaftet. Eine regelmäßige Prüfung der Humusbilanzergebnisse ist deswegen notwendig. Sie erfolgt durch die regelmäßige Humusuntersuchung (C_{org} , N_t), die in einem Turnus von 6 - 10 Jahren durchgeführt werden soll. Die alleinige Anwendung der Humusbilanzmethode ohne begleitende Humusuntersuchung ist nicht ratsam. Selbst wenn mehrere Jahre in Folge positive Hu-

mussalden errechnet werden, ist ungewiss, ob die Humusversorgung ausreichend ist. Es besteht das Risiko, dass trotz positiver Humussalden der tatsächliche Humusgehalt abnimmt. Zudem gibt die Humusbilanz im Gegensatz zur Humusuntersuchung keine Auskunft über den Stickstoff im Boden. Der Stickstoff als Bestandteil des Humus ist für die Bodenfruchtbarkeit und den Umweltschutz von Bedeutung.

Maßnahmen, die den Humus erhalten und fördern

Folgende landwirtschaftliche Maßnahmen erhalten und fördern den Humusgehalt und die Humusqualität:

- Standortgerechte vielfältige Fruchtfolge mit einem ausgewogenen Verhältnis von humuszehrenden Fruchtarten (z. B. Zuckerrübe, Kartoffel, Mais, Raps, Sonnenblume, Getreide mit Strohabfuhr) und humusmehrenden (z. B. Klee gras, Luzerne, Körnerleguminosen, Zwischenfrüchte).
- Ausreichende Versorgung des Bodens mit organischer Substanz. Die Zufuhr von organischer Substanz erfolgt durch die bei der Ernte auf dem Feld verbleibenden Ernterückstände (Wurzeln, Stoppeln, Stroh, Sproßmasse), den gezielten Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung und durch Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle, Kompost).
- Gleichmäßige Verteilung und Einarbeitung von Pflanzenresten und organischen Düngern.
- Standort- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung. Eine hohe Bearbeitungsintensität verstärkt den Humusabbau.
- Vermeidung von schädlichen Bodenverdichtungen. Eine gute Bodenstruktur ist die Voraussetzung für die Sauerstoff- und Wasserversorgung und damit für eine optimale mikrobielle Aktivität.
- Beachtung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis bei Düngungsmaßnahmen.
- Standortgerechte Kalkversorgung. Die Bodenbakterien schränken ihre Aktivität mit zunehmender Versauerung ein. Die Kalkung hebt den pH-Wert an und fördert damit die mikrobielle Aktivität.

1.4 Düngeverordnung

Die neue Düngeverordnung ist seit 13. Januar 2006 mit Änderungen vom 30. September 2006 und 17. Januar 2007 in Kraft. Sie regelt die gute fachliche Praxis beim Düngen mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. Hier einige wichtige Inhalte, weitere Informationen erhalten Sie am Amt für Landwirtschaft und Forsten oder im Internet unter:

www.LfL.bayern.de/iab/duengung

Düngebedarfsermittlung

Vor der Aufbringung von wesentlichen Nährstoffmengen (mehr als 50 kg Stickstoff oder 30 kg P_2O_5 /ha und Jahr) ist der **Düngebedarf** festzustellen.

Bei der Düngebedarfsermittlung zur **Stickstoffdüngung** sind zu berücksichtigen:

- der Nährstoffbedarf bzw. N-Sollwert des Pflanzenbestandes,
- der Nährstoffgehalt des Bodens (nur Ackerland),
- die Nährstofflieferung der Vorkultur (nur Ackerland),
- die Nährstofflieferung aus Zwischenfrüchten sowie die Düngung nach der Hauptfrucht des Vorjahres (nur Ackerland),
- die Nährstofflieferung aus der organischen Düngung.

Der Stickstoffgehalt des Bodens ist auf Ackerflächen jährlich durch eine Bodenuntersuchung (N_{\min} , EUF) oder nach einer Empfehlung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zu ermitteln.

Bei der Düngebedarfsermittlung zur **Phosphatdüngung** sind zu berücksichtigen:

- die Nährstoffabfuhr des Pflanzenbestandes,
- der Nährstoffgehalt des Bodens,
- die Nährstofflieferung aus der organischen Düngung.

Der P_2O_5 -Gehalt des Bodens ist durch eine Bodenuntersuchung für jeden Schlag ab 1 ha mindestens alle 6 Jahre zu ermitteln.

Grundsätze der Anwendung

- Eine Ausbringung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln mit wesentlichen Nährstoffgehalten (mehr als 1,5 % Stickstoff oder 0,5 % P_2O_5 in der Trockensubstanz) darf nicht erfolgen, wenn der Boden wassergesättigt, gefroren oder durchgängig höher als fünf Zentimeter mit Schnee bedeckt ist.
 - Ein direkter Eintrag oder ein Abschwemmen in oberirdische Gewässer ist zu vermeiden. Dazu ist auf ebenen Acker- und allen Grünlandflächen ein Abstand von 3 Metern zwischen Böschungsoberkante und der durch die Streubreite bestimmten Ausbringungsfläche einzuhalten. Der Abstand reduziert sich auf 1 Meter beim Einsatz von Geräten, bei denen die Streubreite der Arbeitsbreite entspricht oder die über eine Grenzstreueinrichtung verfügen. Auf Ackerflächen, die innerhalb eines Abstandes von 20 Metern zur Böschungsoberkante eines Gewässers eine Hangneigung von durchschnittlich mehr als 10 % zu diesem Gewässer aufweisen (stark geneigte Flächen), dürfen innerhalb dieses Abstandes Düngemittel mit wesentlichen Nährstoffgehalten an Stickstoff oder Phosphat nur wie folgt ausgebracht werden:
 - Keine Ausbringung im Bereich 0 bis 3 Meter von der Böschungsoberkante.
 - Innerhalb des Bereiches zwischen 3 und 10 Metern zur Böschungsoberkante nur, wenn die Düngemittel direkt in den Boden eingebracht werden.
 - Innerhalb des Bereiches zwischen 10 und 20 Metern auf
 - unbestellten Ackerflächen nur bei sofortiger Einarbeitung,
 - bestellten Ackerflächen mit Reihenkultur (Reihenabstand von 45 cm und mehr) oder nach Anwendung von Mulch- oder Direktsaatverfahren nur bei entwickelter Untersaat oder bei sofortiger Einarbeitung.
- Für Festmist (ausgenommen Geflügelkot) gelten diese Regelungen für den gesamten Bereich zwischen 3 und 20 Metern.

Regeln für die Ausbringung

- Vor dem Ausbringen von organischen oder organisch-mineralischen Düngemitteln müssen die Gehalte an Gesamtstickstoff und Phosphat, bei Gülle, Jauche und sonstigen flüssigen organischen Düngemitteln oder Geflügelkot zusätzlich der Gehalt an Ammoniumstickstoff entweder durch Untersuchungen, vorgeschriebene Kennzeichnungen oder Faustzahlen bekannt sein.
- Gülle, Jauche, sonstige flüssige organische oder organisch-mineralische Düngemittel mit wesentlichen Gehalten an verfügbarem Stickstoff oder Geflügelkot sind bei der Ausbringung auf unbestelltes Ackerland unverzüglich einzuarbeiten.
- Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff, ausgenommen Festmist ohne Geflügelkot, dürfen zu den nachfolgend genannten Zeiten nicht aufgebracht werden:
 - Auf Ackerland vom 01. November bis 31. Januar.
 - Auf Grünland vom 15. November bis 31. Januar. Für Grünland kann die Sperrfrist auf die Zeit vom 01. Dezember bis 15. Februar verschoben werden.
- Auf Ackerland dürfen nach der Ernte der letzten Hauptfrucht vor dem Winter Gülle, Jauche und sonstige flüssige organische sowie organisch-mineralische Düngemittel mit wesentlichen Gehalten an verfügbarem Stickstoff oder Geflügelkot nur zu im gleichen Jahr angebauten Folgekulturen einschließlich Zwischenfrüchten bis in Höhe des aktuellen Düngebedarfes der Kultur oder als Ausgleichsdüngung zu auf dem Feld verbliebenem Getreidestroh aufgebracht werden. Insgesamt darf die Obergrenze von 40 kg Ammoniumstickstoff oder 80 kg Gesamtstickstoff je Hektar nicht überschritten werden.

Obergrenzen für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft

Über Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft, auch in Mischungen, dürfen im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Flächen des Betriebes maximal 170 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr ausgebracht werden. Zur Berechnung der Obergrenzen dürfen für Stickstoff tierart- und haltungsspezifische **Stall- und Lagerverluste** angerechnet werden. In Tabelle 6 sind die nach Abzug der Verluste verbleibenden anzurechnenden Mindestwerte in % aufgeführt. Es ist möglich, für intensives Grünland, Wechselgrünland und Feldgras auf besonderen Antrag und unter Einhaltung weiterer Auflagen (Einhaltung der Grenzen beim Nährstoffvergleich für Stickstoff und Phosphat sowie verlustarme Ausbringung, Erstellen eines Düngplanes) die Obergrenze auf 230 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr anzuheben. Die Ämter für Landwirtschaft und Forsten geben hierzu nähere Auskünfte.

Nährstoffvergleich

Betriebe mit mehr als 10 ha LF oder mehr als 1 ha Gemüse, Hopfen oder Erdbeeren oder einem jährlichen Nährstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von mehr als 500 kg Stickstoff müssen i. d. R. bis spätestens 31. März einen betrieblichen Nährstoffvergleich für Stickstoff und Phosphat für das abgelaufene Düngejahr erstellen.

Der betriebliche Nährstoffvergleich ist als Flächenbilanz oder als alle Schläge bzw. Bewirtschaftungseinheiten zusammenfassende, aggregierte Schlagbilanz zu erstellen und zu einem jährlich fortgeschriebenen, mehrjährigen Nährstoffvergleich zusammenzufassen.

Weitere Informationen zum Nährstoffvergleich enthält das Kapitel 1.5.

Aufzeichnungs- und Aufbewahrungspflichten

Es sind bis 31. März des auf das jeweils abgelaufene Düngejahr folgenden Kalenderjahres aufzuzeichnen und die nach der neuen DüV 2006 gemachten Aufzeichnungen 7 Jahre aufzubewahren:

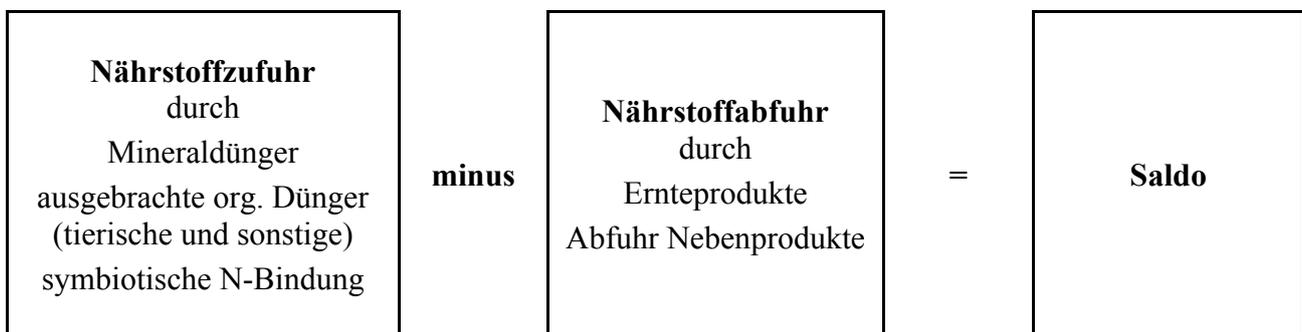
- für Stickstoff (nur Ackerland) die N_{\min} - bzw. EUF-Bodenuntersuchungsergebnisse oder die Empfehlungen der staatlichen Beratung einschließlich der zur Ermittlung angewandten Verfahren,
- für Phosphat die Ergebnisse der Standardbodenuntersuchung von Schlägen > 1 ha einschließlich der zur Ermittlung angewandten Verfahren,
- die in organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln enthaltenen Gehalte an Gesamtstickstoff und Phosphat, bei Gülle, Jauche, flüssigen organischen Düngemitteln und Geflügelkot zusätzlich der Gehalt an Ammoniumstickstoff einschließlich der zur Ermittlung angewandten Verfahren,
- die Ausgangsdaten und Ergebnisse der Nährstoffvergleiche.

Bei der Verwendung von Düngemitteln, die unter Verwendung von Fleischmehlen, Knochenmehlen oder Fleischnochenmehlen hergestellt wurden, sind weitere Aufzeichnungen notwendig, über die das Amt für Landwirtschaft und Forsten informiert.

1.5 Nährstoffbilanzierung

Ziel der Nährstoffbilanzierung ist es, einen Überblick über die dem Betrieb bzw. der Fläche zugeführten bzw. abgeführten Nährstoffe zu gewinnen. Bewegt sich die Bilanz innerhalb bestimmter Grenzen sind gravierende Fehler bei der Düngung kaum zu erwarten, sofern bei Phosphat und Kali die Nährstoffversorgung im anzustrebenden Bereich liegt. Hohe Bilanzüberschüsse weisen auf eine Nährstoffanreicherung oder vermeidbare Nährstoffverluste der Böden hin, können jedoch auch Indikator für einen nicht optimalen Einsatz von Wirtschaftsdüngern sein. Nach der Düngeverordnung sind Nährstoffvergleiche für Stickstoff und Phosphat als Flächenbilanz oder aggregierte Schlagbilanz zu erstellen und zu einem mehrjährigen Nährstoffvergleich zusammenzufassen. Empfohlen wird auch die Bilanzierung des Nährstoffes Kali. In Übersicht 1 sind die zu berücksichtigenden Rechengrößen aufgeführt.

Übersicht 1: Erforderliche Angaben für die Nährstoffbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe (Flächenbilanz)



Die N-Zufuhr über Niederschläge, Saatgut und asymbiotische N-Bindung wird den gasförmigen N-Verlusten durch Denitrifikation gleichgesetzt. Bilanzmäßig bleiben diese Größen daher außer Ansatz.

Die Höhe der N-Bindung durch Leguminosen verschiedener Arten ist im Anhang 3 aufgeführt.

Im Stall, bei der Lagerung und der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern entstehen gasförmige Verluste in Form von Ammoniak.

In Abhängigkeit von der Tierart und der Aufstallungsform sind nach der Düngeverordnung unterschiedliche Verlustraten zu berücksichtigen. In Tabelle 6 sind die nach Abzug der Verluste verbleibenden Mindestwerte in % der tierischen Ausscheidungen aufgeführt. Für Biogasgärreste können Lager- und Ausbringungsverluste in Höhe von 18,6 % angesetzt werden, folglich müssen 81,4 % des in die Biogasanlage eingebrachten Gesamtstickstoffs angesetzt werden.

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft bietet zur Berechnung der Nährstoffbilanz nach Düngeverordnung das Programm „Nährstoffbilanz Bayern“ kostenlos im Internet an: www.LfL.bayern.de/iab/duengung

Tabelle 6: Anzurechnende Mindestwerte an Gesamtstickstoff in Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (nach Düngeverordnung)

Tierart	Nach Abzug der Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste	
	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall
Rinder	70	60
Schweine	60	55
Geflügel		50
andere (Pferde, Schafe)		50
Weidegang, alle Tierarten ¹⁾	25	

1) Angerechnet werden nur die tatsächlichen Weidezeiten

Bewertung des Saldos

Nach der Düngeverordnung ist davon auszugehen, dass bei Überschreiten der in Tabelle 7 aufgeführten Bilanzwerte der Einsatz der Düngemittel nicht bedarfsgerecht erfolgt ist. Sollte sich bei der Bilanzierung eines Einzeljahres eine Überschreitung der Werte zeigen, wird empfohlen, nach den Ursachen zu suchen und entsprechende Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffüberschüsse einzuleiten. Die amtliche Beratung an den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten bietet hierzu Hilfestellung.

Tabelle 7: Obergrenzen für den betrieblichen Nährstoffüberschuss (nach Düngeverordnung)

Stickstoff im Ø der letzten 3 Düngejahre		Phosphat im Ø der letzten 6 Düngejahre
2006 bis 2008	90 kg/ha und Jahr	20 kg/ha und Jahr oder im Durchschnitt der Bodenuntersuchung nicht mehr als 20 mg P ₂ O ₅ /100 g Boden (CAL) 3,6 mg P/100 g Boden (EUF)
2007 bis 2009	80 kg/ha und Jahr	
2008 bis 2010	70 kg/ha und Jahr	
2009 bis 2011	60 kg/ha und Jahr	

Unvermeidbare N-Verluste in Abhängigkeit vom Standort

Jede landwirtschaftliche Bodennutzung ist grundsätzlich, auch bei Düngung nach guter fachlicher Praxis, mit N-Verlusten verbunden. Die Höhe dieser Auswaschungsverluste ist vom Standort abhängig. Auf leichten oder flachgründigen Böden ist insbesondere bei höheren Niederschlägen eine stärkere Auswaschungsgefährdung gegeben als bei lehmigen oder tiefgründigen. Eine wirtschaftliche Bodennutzung ist nur unter Inkaufnahme dieser „unvermeidbaren Verluste“ (Tabelle 8) möglich. Sie werden nicht mehr vom Saldo abgezogen, sondern sind in den Obergrenzen (nach der neuen Düngeverordnung) für den betrieblichen Nährstoffüberschuss bereits enthalten.

Tabelle 8: Standortsspezifische Stickstoffverluste bei Düngung nach guter fachlicher Praxis in Abhängigkeit von Boden (Ackerzahl) und Klima (Niederschlag) in kg/ha

Bodennutzung	Ackerzahl	Niederschlag (mm)		
		< 650	650 - 750	> 750
Acker	< 45	30	35	40
	45 - 65	25	30	35
	66 - 85	15	20	25
	> 85	5	10	15
Grünland	grundwasserbeeinflusste Böden	30		
	übrige Böden	20		

Quelle: Bundesarbeitskreis Düngung, 2003

2 Die Düngung von Ackerland

2.1 Mineralische Düngung

2.1.1 Kalk (CaO)

Kalk ist für Boden und Pflanze gleichermaßen notwendig, wobei die Wirkung des Kalks auf den Boden im Vordergrund steht. Kalk hebt den pH-Wert des Bodens an und fördert somit das Bodenleben, die Bodengare, die Humusbildung und die Nährstoffumsetzungen, bei hohen pH-Werten (> 7,2) aber auch die Festlegung von Spurenelementen. Zunehmende Versauerung von Mineralböden kann die Wirksamkeit von Pflanzennährstoffen, z. B. die des Phosphats, vermindern. Daneben kann bei sehr niedrigen pH-Werten (pH < 5,0) eine Aluminiumtoxizität auftreten. Der anzustrebende pH-Bereich ist nach Bodenart und Humusgehalt verschieden (Tabellen 9 bis 11).

Der Kalkbedarf ist abhängig vom Tongehalt des Bodens. Auf leichten Böden sind geringere Kalkmengen zur Anhebung (bzw. Erhaltung) des pH-Wertes erforderlich als auf schweren.

Auf schweren Böden zeigt Branntkalk eine besonders gute Wirkung auf die Bodenstruktur. Kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Magnesium-Kalk, Hüttenkalk oder Konverterkalk, Carbokalk sowie verschiedene Rückstandkalke (z. B. Schwarzkalk) sind auf allen Böden einsetzbar.

Tabelle 9: Anzustrebender pH-Bereich (pH-Klasse C) für Mineralböden (Ackerland, Humusgehalt ≤ 4 %, Humusgehalt = $C_{\text{org}} \times 1,72$)

Schlüssel	Bodenarten		anzustrebender pH-Bereich
	Kurzzeichen	Bezeichnung	
01	S	Sand	5,4 - 5,8
02	l'S	schwach lehmiger Sand	5,8 - 6,3
03	lS	stark lehmiger Sand	
04	sL	sandiger Lehm	6,2 - 6,8
05	uL	schluffiger Lehm (Lößlehm)	
06	tL	toniger Lehm	
07	lT	lehmiger Ton	6,6 - 7,2
08	T	Ton	

Tabelle 10: Gehaltsstufen für pH-Werte in Ackerböden (Humusgehalt ≤ 4 %)

Bodenart	pH-Klasse		
	sehr niedrig / niedrig A/B	optimal (anzustreben) C	hoch / sehr hoch D/E
Sand	< 5,4	5,4 - 5,8	> 5,8
schwach lehmiger Sand	< 5,8	5,8 - 6,3	> 6,3
stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, schluffiger Lehm (Löblehm)	< 6,2	6,2 - 6,5 6,6 - 6,8 (-)	> 6,8 6,6 - 6,8 (+)
toniger Lehm bis Ton	< 6,6	6,6 - 6,7 6,8 - 7,2 (-)	> 7,2 6,8 - 7,2 (+)

(-) kein freier Kalk (nach Salzsäure-Test)

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test)

Tabelle 11: Anzustrebende pH-Werte für humose, anmoorige Böden und Moor bei Ackernutzung und Erhaltungskalkung (dt CaO/ha) für 3 Jahre (Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

Bodenart des mineralischen Anteils	Humusgehalt in %					
	4,1 - 15,0		15,1 - 30,0		> 30	
	pH- Bereich	Erhal- tungs- kalkung	pH- Bereich	Erhal- tungs- kalkung	pH- Bereich	Erhal- tungs- kalkung
Sand	4,7 - 5,4	5	4,3 - 4,7	3		
schwach lehmiger Sand	5,0 - 5,9	8	4,6 - 5,1	4		
stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	5,3 - 6,4	13	4,9 - 5,6	6		
toniger Lehm bis Ton	5,7 - 6,7	17	5,3 - 5,9	7		
Hochmoor und saurer Niedermoor					4,3	keine

Die in Bayern ackerbaulich genutzten Niedermoore haben in der Regel pH-Werte über 5,5.

Kalkreiche Niedermoore weisen pH-Werte über 7,0 auf.

Die Wirkung von Kalkdüngern ist unterschiedlich:

- Je feiner die Vermahlung ist, um so schneller ist die Wirkung.
- Bei gleichem Vermahlungsgrad wirkt Ca-Oxid schneller als Ca-Carbonat und dieses schneller als Ca-Silikat (Tabelle 12).
- Magnesiumhaltige kohlensaure Kalke wirken in der Regel langsamer als Mg-freie Kalke.

Tabelle 12: Formen, Gehalte und Nebenbestandteile wichtiger Kalkdünger

Düngemittel	Form	Kalkgehalt in % als CaO	Nebenbestandteile
Branntkalk	Oxid	65 - 95	z. T. Mg
Kohlensaurer Kalk	Carbonat	42 - 53	z. T. Mg
Hüttenkalk	Silikat	40 - 50	Mg, Spurennährstoffe
Konverterkalk	Silikat	40 - 50	P, Mg, Spurennährstoffe
Rückstandkalk	Carbonat, Oxid, Hydroxid	> 30	Mg, Spurennährstoffe
Carbokalk	Carbonat	> 20	N, P, Mg

Viele handelsübliche Mineraldünger enthalten Kalk als Nebenbestandteil, andere beanspruchen bei ihrer Umsetzung die Kalkvorräte des Bodens. Für die wichtigsten Mineraldünger wurde der theoretische Kalkwert (Kalkbedarfswert) berechnet (Anhang 4).

Tabelle 13: Höhe der Gesundungs- und Erhaltungskalkung (Ackerland, Humusgehalt $\leq 4\%$,
Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

Bodenart	Gesundungskalkung (Gehaltsstufe A/B)		Erhaltungskalkung (Gehaltsstufe C)		keine Kalkung erforderlich (Gehaltsstufe D/E) bei pH-Wert
	bei pH-Wert	einmalige Höchstgabe dt CaO/ha	bei optimalem pH-Wert	Menge für 3 Jahre dt CaO/ha	
Sand	< 5,4	15	5,4 - 5,8	7	> 5,8
schwach lehmiger Sand	< 5,8	20	5,8 - 6,3	12	> 6,3
stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	< 6,2	60	6,2 - 6,5 u. 6,6 - 6,8 (-)	17	> 6,8 u. 6,6 - 6,8 (+)
toniger Lehm bis Ton	< 6,6	100	6,6 - 6,7 u. 6,8 - 7,2 (-)	20	> 7,2 u. 6,8 - 7,2 (+)

(-) kein freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung erforderlich

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung nicht erforderlich

Tabelle 14: Kalkdüngungsbedarf in dt CaO/ha von Ackerböden mit einem Humusgehalt von $\leq 4\%$ in Abhängigkeit von pH-Wert und Bodenart (Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

pH-Wert	Bodenart					
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton		
Bodenartengruppe	01	02	03 - 05	06 - 08		
< 4,0	45	77	117	160		
4,1	42	73	117	160		
4,2	39	69	117	160		
4,3	36	65	117	160		
4,4	33	61	117	160		
4,5	30	57	117	160		
4,6	27	53	111	152		
4,7	24	49	105	144		
4,8	22	46	100	136		
4,9	19	42	94	128		
5,0	16	38	88	121		
5,1	13	34	82	113		
5,2	10	30	76	105		
5,3	8	26	70	98		
5,4	7	22	65	90		
5,5	7	19	59	82		
5,6	7	15	53	75		
5,7	7	13	47	67		
5,8	7	12	41	59		
5,9	0	12	34	52		
6,0	0	12	27	44		
6,1	0	12	20	38		
6,2	0	12	17	33		
6,3	0	12	17	29		
6,4	0	0	17	25		
6,5	0	0	17	22		
6,6	0	0	(-) 17	(+) 0	20	
6,7	0	0	(-) 17	(+) 0	20	
6,8	0	0	(-) 17	(+) 0	(-) 20	(+) 0
6,9	0	0	0	(-) 20	(+) 0	
7,0	0	0	0	(-) 20	(+) 0	
7,1	0	0	0	(-) 20	(+) 0	
7,2	0	0	0	(-) 20	(+) 0	
> 7,2	0	0	0	0		

(-) kein freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung erforderlich

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung nicht erforderlich

Aus der Tabelle 14 ist zu entnehmen, wie viel dt CaO je Hektar erforderlich sind, um die Reaktion des Bodens in den gewünschten pH-Bereich anzuheben bzw. zu erhalten. Dabei dürfen die Höchstwerte je Einzelgabe nach Tabelle 13 nicht überschritten werden.

Bei optimalen pH-Werten ist eine **Erhaltungskalkung** notwendig, um die Verluste durch Entzug und Auswaschung auszugleichen. Sie kann entfallen, wenn innerhalb des anzustrebenden pH-Bereichs freier Kalk (+) vorhanden ist (Tabelle 13).

2.1.2 Stickstoff (N) und Stickstoffbedarfsermittlung

Stickstoff ist der Nährstoff mit den größten Ertrags- und Qualitätseinflüssen. Weit stärker als bei anderen Nährstoffen bewirkt sowohl ein Zuwenig als auch ein Zuviel Mindererträge und Qualitätseinbußen. Die hohe Mobilität, besonders die des Nitratstickstoffs, bringt es mit sich, dass dieser Pflanzennährstoff auch bei Anwendung aller verfügbaren Maßnahmen der guten fachlichen Praxis unvermeidbaren Auswaschungsverlusten unterliegt. Geht die Stickstoffzufuhr weit über den Pflanzenbedarf und den Ausgleich für die unvermeidbaren Verluste hinaus, sind negative Folgen für die Umwelt, insbesondere das Grundwasser, nicht zu vermeiden. Ziel einer ausgewogenen Stickstoffdüngung ist es, die für den wirtschaftlichen Optimalertrag notwendige N-Menge unter Berücksichtigung des aktuellen N-Angebotes des Bodens und der N-Nachlieferung aus verschiedenen Quellen zur Verfügung zu stellen.

Ein Pflanzenbestand deckt seinen Stickstoffbedarf im wesentlichen:

- aus dem zu Vegetationsbeginn in der Wurzelzone vorhandenen mineralischen Stickstoff (N_{\min}),
- aus dem während der Vegetationsperiode durch Abbau organischer Stoffe freiwerdenden Stickstoff,
- aus dem mit organischen und mineralischen Düngemitteln zugeführten Stickstoff,
- durch den von Knöllchenbakterien gebundenen Luftstickstoff (Leguminosen, Anhang 3).

Die Düngeverordnung schreibt für Ackerland vor der Ausbringung von mehr als 50 kg N/ha und Jahr eine jährliche Ermittlung des im Boden verfügbaren Stickstoffs vor. Alternativ können Untersuchungsergebnisse vergleichbarer Standorte herangezogen werden, wobei in beiden Fällen die Feststellung der im Boden pflanzenverfügbaren Stickstoffmenge über die N_{\min} -Methode erfolgt. Sie informiert über Menge und Verteilung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (Ammonium und Nitrat) im Wurzelraum (0 - 60 bzw. 0 - 90 cm). Die Bodenuntersuchung auf N_{\min} eignet sich für die Feinsteuerung der N-Düngung, da sie das jahrgangsspezifische N-Angebot des Bodens zu Vegetationsbeginn erfasst.

Der Rechengang zur Ermittlung des N-Düngebedarfs hängt davon ab, ob eine eigene Untersuchung vorliegt, oder ob auf Durchschnittswerte zurückgegriffen wird. Die unterschiedliche Vorgehensweise ist erforderlich, da im gemessenen N_{\min} -Wert des Einzelschlages bereits Teilmengen der N-Nachlieferung von Vorfrüchten, Zwischenfrüchten und organischer Düngung enthalten sind. Diese Einflussgrößen müssen bei der Verwendung von Durchschnittswerten vergleichbarer Standorte gesondert berücksichtigt werden.

Düngebedarfsermittlung für untersuchte Schläge

Für untersuchte Schläge leitet das Düngeberatungssystem für Stickstoff (DSN) nach dem in der Übersicht 2 aufgezeigten Schema eine Düngeempfehlung ab.

Übersicht 2: Ableitung des Stickstoffdüngedarfs

Getreide und Raps:

Höhe der 1. N-Gabe	=	N-Sollwert	-	N_{\min} -Vorrat	±	Zu- und Abschläge nach schlagspezifischen Gegebenheiten
-------------------------------	---	------------	---	--------------------	---	------------------------------------------------------------

Höhe der 2. N-Gabe	=	N-Sollwert	±	Zu- und Abschläge nach schlagspezifischen Gegebenheiten	±	Überhang oder Unterhang aus 1. N-Gabe
-------------------------------	---	------------	---	------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------

Höhe der 3. N-Gabe	=	N-Sollwert	±	Zu- und Abschläge nach schlagspezifischen Gegebenheiten
-------------------------------	---	------------	---	------------------------------------------------------------

Blattfrüchte und Sonstige:

Höhe der Gesamtgabe	=	N-Sollwert	-	N_{\min} -Vorrat	±	Zu- und Abschläge nach schlagspezifischen Gegebenheiten
--------------------------------	---	------------	---	--------------------	---	------------------------------------------------------------

Der N-Sollwert stellt die notwendige Menge an Nitrat- und Ammoniumstickstoff aus Boden- und Düng-N dar, um ein optimales Pflanzenwachstum zu erzielen. Dieser Wert wurde in einer Vielzahl von Feldversuchen ermittelt und beinhaltet dadurch auch eine mittlere N-Nachlieferung der Standorte. Nur wenn die N-Nachlieferung deutlich davon abweicht, muss dies durch Zu- und Abschläge berücksichtigt werden. In Tabelle 15 sind die Sollwerte für die wichtigsten Fruchtarten aufgeführt.

Tabelle 15: N-Sollwerte (kg/ha) für wichtige Fruchtarten

Fruchtart	Ertragsniveau dt/ha	1. Gabe Sollwert	2. Gabe Sollwert	3. Gabe Sollwert
Winterweizen	70 - 79	120	60	60
Triticale	60 - 79	120	40	50
Wintergerste				
2zeilig	60 - 69	130	30	40
6zeilig	60 - 69	110	30	60
Sommergerste	50 - 59	110	0	0
Hafer	40 - 59	100	30	0
Winterroggen	50 - 69	100	30	40
Winterraps	30 - 49	140	70	0
		Sollwert Gesamtdüngung		
Zuckerrüben	500 - 699		180	
Futterrüben	≥ 600		200	
Kartoffel je nach Sorte	400 - 499		140 bis 230	
Silomais	500 - 599		190	
Körnermais	90 - 109		190	
Sonnenblumen	≥ 30		120	

Zu- bzw. Abschläge erfolgen je nach Bodenart, Ackerzahl, Vorfrucht, Zwischenfrucht, Sorte, Ertragsniveau, Bestandsentwicklung, Einsatz von Düngern, Viehbesatz des Betriebes.

Wie die **Düngeempfehlung** im einzelnen zustande kommt, ist im Internet unter www.LfL.bayern.de/iab/duengung „Ableitung der Stickstoff-Düngeempfehlung für die wichtigsten landwirtschaftlichen Feldfrüchte“, nachzulesen. Ein weiteres System zur Düngebedarfsermittlung stellt die EUF-Methode dar.

Düngebedarfsermittlung für Schläge ohne Untersuchung

Liegen keine aktuellen Untersuchungsergebnisse für die Schläge vor, müssen alternativ Untersuchungsergebnisse vergleichbarer Standorte herangezogen werden. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft veröffentlicht jährlich die auf zahlreichen Untersuchungen basierenden Ergebnisse für verschiedene Kulturarten und Standorte (Wochenblatt, Erzeugerringrundschreiben, Internet: www.LfL.bayern.de/iab/duengung „N_{min}-Gehalte bayerischer Böden im Frühjahr“). Nachdem schlagspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen mit Einfluss auf die Stickstoffnachlieferung nur dem Betriebsleiter bekannt sind, sollten diese nach dem Berechnungsschema der Tabelle 16 für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit ermittelt werden.

Tabelle 16: N-Düngebedarfsermittlung für Acker ohne eigene N_{min}-Untersuchung

Hauptfrucht	Erntejahr 20.....				
	z. B. S-Mais				
Schlag	Hofacker				
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha
1. Sollwert (siehe Tab. 17)	190				
2. N_{min}-Gehalt (nach LfL)	- 70	-	-	-	-
3. Bestandsentwicklung (bei Winterungen) schwach normal gut +10 0 -10	0				
4. Bodenart¹⁾ leicht mittel/schwer humos anmoorig +10 0 -10 -20	0				
5. N-Nachlieferung aus org. Düngung²⁾ GV/ha <0,3 0,4-0,9 1,0-1,5 1,6-2,1 >2,1 0 -10 -20 -30 -40	-20				
6. Vorfrucht - Gruppe (siehe Tab. 19) A B C D E 0 -10 -20 -30 -40	0				
7. Vorfrucht - Ernterückstände Strohbergung Blattbergung ja nein ja nein 0 +10 0 -10	+10				
8. Zwischenfrucht (vor Hauptfrucht) Nichtleguminosen Leguminosen ohne abgefahren abgefahren Zwf. ja nein ja nein 0 0 -20 -30 0	0				
9. Anrechnung einer Herbsdüngung (nach Vorfruchternte bis Winter) mineralisch Gülle, Stallmist, ohne Fruchtwasser Kompost Düngung -20 -20 -10 0	0				
10. notwendige Düngung mineralisch + organisch	= 110				
	minus	minus	minus	minus	minus
11. org. Düngung (siehe Tab. 20/21)	- 66	-	-	-	-
12. notwendige mineralische Düngung	44				

- 1) Bei Böden mit einer Ackerzahl von unter 45 kann ein weiterer Zuschlag von 10 kg N/ha gegeben werden.
- 2) Die N-Nachlieferung wird aus der langjährigen organischen Düngung berechnet. Bei Betrieben mit zusätzlicher organischer Düngung z. B. Kompost, Klärschlamm, Biogasgärreste wird eine langjährige N(gesamt)-Düngung von 80 kg/ha mit ca. 1 GV/ha gleichgestellt.
 Bei sehr langer Ausbringung (> 25 Jahren) von ausschließlich Stallmist oder Kompost sollte die Höhe der N-Nachlieferung doppelt so hoch angesetzt werden.

Die Bedarfsermittlung geht vom ertragsabhängigen Sollwert der Tabelle 17 aus, für Kulturen ohne Sollwert (außer Leguminosen) ist der N-Entzug nach Anhang 1, 8 bzw. 9 zu berechnen, dabei sind für Gemüse ggf. noch deutliche Zu- bzw. Abschläge notwendig.

Bei Heil- und Gewürzpflanzen (siehe Anhang 9) liegen im Gegensatz zu Gemüse Nährstoffentzugsbestimmungen aus mehreren Jahren, aber nur von ein bis zwei Standorten vor. Wegen der großen Artenzahl wurden außerdem nur selten Düngeversuche durchgeführt. Die im Anhang 9 aufgelisteten Stickstoffentzüge können daher nur Anhaltswerte darstellen. In der Praxis sollte zu diesen Entzügen ein Puffer von 30 bis 50 kg N/ha in Abhängigkeit von der Entzugshöhe der jeweiligen Pflanzenart hinzugerechnet werden, damit dieser für die Qualität des Erntegutes wichtige Nährstoff nicht ins Minimum gerät. Außerdem können bei diesen Arten erhebliche Ertragsschwankungen auftreten, so dass die im Anhang 9 aufgeführten FM-Erträge starken Abweichungen unterliegen.

Bei der Bestimmung des Sollwertes für Kartoffeln sind die Zuschläge für Produktionsrichtungen und Sorten nach Tabelle 18 (jährlich aktualisiert im Internet: www.LfL.bayern.de/iab/duengung „Stickstoffbedarfsermittlung“) zu beachten. Von diesem Sollwert ist der von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft jährlich im Frühjahr veröffentlichte kulturart- und regionspezifische N_{\min} -Gehalt abzuziehen. Des Weiteren werden Zu- bzw. Abschläge für die Bestandsentwicklung bei Winterungen und die Bodenart berücksichtigt. Wird der Schlag bereits langjährig (10 Jahre und mehr) mit organischen Düngern (Wirtschaftsdünger, Kompost, Klärschlamm etc.) versorgt, erfolgt ein Abschlag in Abhängigkeit von der Höhe des GV-Besatzes. Vorfrüchte und Zwischenfrüchte hinterlassen leicht mineralisierbare organische Substanz im Boden, deren Stickstoffanteil für die Folgekultur zur Verfügung steht. Dieser Anteil wird in Tabelle 16 unter den Punkten 6. bis 8. berücksichtigt. Wurde bereits im Herbst nach Ernte der Vorfrucht eine Düngung ausgebracht, steht von dieser Gabe auch im Frühjahr noch pflanzenverfügbarer Stickstoff zur Verfügung (9.). Die Zuteilung der Vorfrüchte zu den Gruppen finden sich in Tabelle 19. Aus dem Ergebnis der Berechnung ergibt sich die erforderliche Stickstoffdüngungsmenge in kg/ha, die über Mineraldünger oder organische Dünger ausgebracht werden kann.

Bei der Anrechnung der im Frühjahr ausgebrachten organischen Dünger wird zwischen Stallmist und Gülle/Jauche unterschieden. Wie in Tabelle 20 und 21 beschrieben, wird beim Stallmist je nach Herkunft zwischen 15 und 50 % des **Gesamtstickstoffs**, und bei Gülle/Jauche je nach Frucht und Ausbringmonat zwischen 60 - 75 % des **pflanzenverfügbaren Stickstoffs** angesetzt. Bei diesem Ausnutzungsgrad sind die Ausbringungsverluste mit berücksichtigt.

Nach Abzug der anrechenbaren Stickstoffmenge aus der organischen Düngung ist der verbleibende Düngebedarf mit Mineraldünger auszugleichen. Weitere Erläuterungen zur N-Wirkung von organischen Düngern sind unter 2.2.1 nachzulesen.

Die Aufteilung auf einzelne Gaben erfolgt in Abhängigkeit von der Bestandsentwicklung, dem Witterungsverlauf und eventuell dem Produktionsziel. In Abhängigkeit von Anbauvereinbarungen oder Sorten können Abweichungen auftreten.

Durch den Witterungseinfluss ist die N-Nachlieferung und das Pflanzenwachstum jährlichen Schwankungen unterworfen. Das Anlegen eines sogenannten „**Düngefensters**“ bei Getreide liefert wertvolle Information über die Höhe der Bodennachlieferung und damit über den Zeitpunkt und ggf. die Menge der erforderlichen N-Gaben nach der Startstickstoffdüngung. Schnelltests (z. B. N-Tester) zur Beurteilung der notwendigen N-Gaben, ab Stadium 30 bei Getreide, sind mögliche Orientierungshilfen.

Tabelle 17: N-Sollwerte in Abhängigkeit vom Ertrag (kg N/ha)

Hauptfrucht	N-Sollwerte in Abhängigkeit vom Ertrag (dt/ha)										
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100 -109	110 -119	>=120
W-Weizen¹⁾	160	160	180	200	220	240	250	270	270		
S-Weizen	150	150	170	190	210	230	240	260	260		
Durum	160	160	180	200	220	240	250	270	270		
Dinkel	140	140	160	190	190	210	220	220	220		
W-Gerste	150	150	170	190	200	210	230	230	230		
S-Futtergerste	130	130	140	150	160	170	170	170	170		
S-Braugerste	90	90	100	110	120	130	130	130	130		
W-Roggen	120	120	140	170	170	180	190	190	190		
S-Roggen	140	140	140	140	150	160	160	160	160		
Triticale	140	140	160	180	210	210	220	230	230		
Hafer	110	120	130	130	140	150	150	150	150		
W-Raps	190	210	210	220	230	230	230	230	230		
S-Raps	160	160	160	170	180	180	180	180	180		
Sonnenblumen	110	120	120	120	120	120	120	120	120		
Lein	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
K-Mais					170	170	180	190	190	200	210
	Ertragsniveau in dt/ha										
	< 300	300 -399	400 -499	500 -599	600 -699	700 -799	800 -899	900 -999	>=1000		
S-Mais	170	170	180	190	200	210	220	230	230		
Kartoffeln²⁾	150	170	190	210	230	250	250	250	250		
Z-Rüben	160	160	160	180	180	190	200	200	200		
F-Rüben	180	180	180	190	200	200	200	200	200		
Sonstige	Sollwert = N-Entzug (siehe Anhang 1, 8 oder 9)										

1) Bei Qualitätsweizen ist ein Zuschlag von 20 - 40 kg N/ha notwendig

2) Verwertungs- und sortenspezifische Zu- und Abschläge sind noch zu berücksichtigen (siehe Tabelle 18)

Tabelle 18: Zu-/Abschläge in Abhängigkeit von der Kartoffelsorte

Sorte	Pflanz-	Speise-	Veredelung-	Stärkekartoffel	Sorte	Pflanz-	Speise-	Veredelung-	Stärkekartoffel
Agria	-50	-40	-30	.	Logo	-50	.	.	-20
Albatros	-50	.	.	0	Lolita	-50	-10	.	.
Amado	-50	.	.	-20	Marabel	-50	20	.	.
Amora	-50	.	30	.	Marella	-50	.	20	.
Arcade	-50	.	20	.	Marietema	-50	.	20	.
Asterix	-50	.	20	.	Markies	-50	.	-40	.
Binjie	-50	20	20	30	Marlen	-50	.	-10	.
Bonanza	-50	.	.	0	Maxi	-50	.	.	-10
Camilla	-50	0	20	.	Maxilla	-50	.	.	-10
Calla	-50	.	.	-30	Melina	-50	-10	.	.
Carmona	-50	.	30	.	Oktan	-50	.	.	-10
Christa	-50	10	.	.	Pallina	-50	.	.	-20
Colette	-50	0	.	.	Panda	-50	.	.	-20
Ditta	-50	0	.	.	Patrona	-50	.	.	-10
Donald	-50	.	30	.	Pirol	-50	.	20	.
Edelstein	-50	0	.	.	Ponto	-50	.	.	-10
Fambo	-50	.	30	0	Power	-50	.	.	10
Fasan	-50	.	0	.	Premiere	-50	.	30	.
Fausta	-50	.	.	-50	Producent	-50	.	.	-10
Felsina	-50	.	20	0	Quarta	-50	-10	.	.
Fontane	-50	.	20	.	Rita	-50	.	0	.
Hommage	-50	.	20	.	Saturna	-50	.	10	.
Innovator	-50	.	20	.	Selma	-50	-20	.	.
Jelly	-50	-30	.	.	Sibu	-50	.	.	-10
Jumbo	-50	.	.	-10	Solara	-50	-20	.	.
Karlina	-50	.	-10	0	Solist	-50	0	.	.
Krone	-50	-10	.	.	Sommergold	-50	.	.	10
Kuras	-50	.	.	-10	Triumpf	-50	-10	.	.
Lady Christl	-50	0	.	.	Tocata	-50	.	.	0
Lady Claire	-50	.	40	.	Tomba	-50	.	.	-10
Lady Rosetta	-50	.	20	.	Ulme	-50	.	.	-10
Laura	-50	-10	.	.	Velox	-50	0	.	.
					Victoria	-50	.	20	.

Tabelle 19: Einteilung der Vorfrüchte in Vorfruchtgruppen

Vorfruchtgruppe	Vorfrucht
A	Getreide, Sonnenblumen, Lein, S-Mais, Kartoffeln, Sonstige
B	Raps, Hopfen, K-Mais
C	Rotationsbrache, Futterbau, Rüben
D	Körnerleguminosen, Gemüse
E	Dauerbrache, Grünland

Tabelle 20: Stickstoffgehalte organischer Dünger **nach** Abzug Stall- und Lagerverluste

Mist:	Gesamt-N (N_t) (kg/t)
Rindermist	5,1
Pferdemist	4,6
Schweinemist	6,0
Putenmist (60 % TS)	24,8
Hühnermist (50 % TS)	17,5
Gülle, Jauche, Hühnerkot:	verfügbarer N (kg/t bzw. m³)
Rindergülle (7,5 % TS)	2,2
Schweinegülle (5 % TS)	2,3
Jauche	3,1
Hühnerkot (50 % TS)	14,0
Sonstige:	Gesamt-N (N_t) (kg/t bzw. m³)
Klärschlamm (25 % TS)	4,5
Kartoffelfruchtwasser	22

Tabelle 21: Anrechnung des Stickstoffs aus organischen Düngern (Ausbringungsverluste sind dabei berücksichtigt)

Hauptfrucht	Mist			Wirtschaftsdünger				sonstige org. Dünger		
	R,Pf % von Nt	S % von Nt	H,Put. % von Nt	Feb % vom verfügbaren N im Anwendungsjahr	März % vom verfügbaren N im Anwendungsjahr	April % vom verfügbaren N im Anwendungsjahr	Mai % vom verfügbaren N im Anwendungsjahr	Frucht- wasser % von Nt	Klär- schlamm % von Nt	Kompost N kg/ha
W-Weizen	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
S-Weizen	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
Durum	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
Dinkel	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
W-Gerste	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
S-Futtergerste	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
S-Braugerste	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
W-Roggen	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
S-Roggen	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
Triticale	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
Hafer	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
W-Raps	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
S-Raps	15	15	50	70	75	75	70	75	20	10
Sonnenblumen	15	15	50	60	60	75	70	75	20	10
Lein	15	15	50	60	70	75	70	75	20	10
K-Mais	15	15	50	60	70	75	75	75	20	10
S-Mais	15	15	50	60	70	75	75	75	20	10
Kartoffeln	15	15	50	60	70	75	75	75	20	10
Z-Rüben	15	15	50	60	70	75	75	75	20	10
F-Rüben	15	15	50	60	70	75	75	75	20	10
Sonstige	15	15	50	60	70	75	70	75	20	10

Berechnungsbeispiel: Rindergülldüngung von 40 m³ im April zu Mais
 $40 \text{ m}^3 * 2,2 \text{ kg/m}^3 \text{ (verfügbarer N)} * 75 \% \text{ (Ausbringung April)} = 66 \text{ kg N/ha}$

Anmerkung:

R = Rind, S = Schwein, Pf = Pferd, H = Hühner, Put = Pute

2.1.3 Phosphat (P₂O₅) und Kali (K₂O)

Der Düngebedarf für Phosphat und Kali richtet sich nach

- dem Nährstoffgehalt des Bodens,
- der Nährstoffabfuhr der angebauten Fruchtarten,
- den Standortfaktoren.

Der Nährstoffgehalt des Bodens wird durch die regelmäßige Bodenuntersuchung festgestellt. Nach der Düngeverordnung sind zwar nur Untersuchungen für Phosphat im Abstand von 6 Jahren vorgeschrieben, aus fachlicher Sicht wird jedoch auch die Untersuchung auf Kali im gleichen Abstand empfohlen. Im Untersuchungsbefund werden die Phosphat- und Kaligehalte in mg je 100 g Boden (für Moorboden in mg/100 ml) angegeben. Die Untersuchung erfolgt nach der modifizierten Calcium-Acetat-Laktat-(CAL)-Methode. Zur Bewertung der Nährstoffmengen im Boden werden die Messergebnisse in Gehaltsstufen in Abhängigkeit von den Bodenarten eingeteilt (Tabelle 22 und 23). Dieser Einstufung liegen umfangreiche Feldversuche zugrunde.

Tabelle 22: Gehaltsstufen für Phosphat in Ackerböden (CAL-Methode)

Gehaltsstufe	alle Bodenarten mg/100 g Boden	Anmoor mg/100 g Boden Moor mg/100 ml Boden
A sehr niedrig	< 5	< 3
B niedrig	5 - 9	3 - 6
C anzustreben (optimal)	10 - 20	7 - 14
D hoch	21 - 30	15 - 21
E sehr hoch	> 30	> 21

Umrechnungsfaktor: P = P₂O₅ x 0,436

Tabelle 23: Gehaltsstufen für Kali in Ackerböden (CAL-Methode)

Gehaltsstufe	leichte Böden (S, I'S) mg/100 g Boden	mittlere Böden (IS, uL) mg/100 g Boden	schwere Böden (tL, T) mg/100 g Boden	Anmoor mg/100 g Moor mg/100 ml Boden
A sehr niedrig	< 4	< 5	< 7	< 4
B niedrig	4 - 7	5 - 9	7 - 14	4 - 7
C anzustreben (optimal)	8 - 15	10 - 20	15 - 25	8 - 15
D hoch	16 - 25	21 - 30	26 - 35	16 - 25
E sehr hoch	> 25	> 30	> 35	> 25

Umrechnungsfaktor: K = K₂O x 0,830

Für die einzelnen Gehaltsstufen gelten folgende Düngungsziele, die durch Berücksichtigung der empfohlenen Zu- und Abschläge der Tabelle 24 erreicht werden können. Die Zuschläge für Kali in den Gehaltsstufen A und B sind abhängig von der Bodenart. Um Auswaschungsverluste zu minimieren, erhalten sorptionsschwache Böden gegenüber sorptionsstärkeren Böden einen verminderten Zuschlag.

A sehr niedrig und B niedrig	Der Nährstoffgehalt des Bodens soll zur Erzielung hoher und sicherer Ernten durch erhöhte Phosphat- und Kaligaben angehoben werden. Die Düngung in den Gehaltsstufen A und B ist nicht mehr differenziert, so dass in Stufe A die Zuschläge, um in Gehaltsstufe C zu gelangen, längere Zeit beizubehalten sind.
C anzustreben (optimal)	Das optimale Ertragspotential des Standortes soll gehalten werden. Dazu ist eine Düngung in Höhe der Nährstoffabfuhr im allgemeinen ausreichend. Die Gehaltsstufe C ist so bemessen, dass die Pflanzen auch bei ungünstigen Standortbedingungen noch ausreichend versorgt werden.
D hoch	Die Nährstoffzufuhr wird nur noch in Höhe der halben Abfuhr empfohlen. Die für eine Fruchtfolge ermittelte Düngemenge wird in erster Linie zu Blatt- bzw. Hackfrüchten verabreicht.
E sehr hoch	Es kann für mehrere Jahre auf eine Düngung ganz verzichtet werden. Die sehr hohe Nährstoffversorgung soll verringert werden.

Der obere Wert der Gehaltsstufe C stellt auch nach der Düngeverordnung eine Grenze dar. Liegt der Phosphatgehalt im Durchschnitt der Schläge (gewogenes Mittel) darüber, darf der Bilanzüberschuss des Nährstoffvergleiches im Durchschnitt der sechs letzten Düngejahre 20 kg P₂O₅/ha und Jahr nicht überschreiten. Die Düngeverordnung schreibt auf allen Schlägen > 1 ha eine Bodenuntersuchung auf Phosphat vor, wenn mehr als 30 kg P₂O₅/ha und Jahr ausgebracht werden.

Tabelle 24: Düngbedarf mit empfohlenen Zu- und Abschlägen auf der Basis der ermittelten Gehaltsstufe des Bodens

Gehaltsstufe	P ₂ O ₅ -Düngung alle Bodenarten	K ₂ O-Düngung	
		leichte Böden (S - I'S)	mittlere und schwere Böden (IS - T)
A sehr niedrig	Abfuhr + 60 kg/ha	Abfuhr + 40 kg/ha	Abfuhr + 75 kg/ha
B niedrig	Abfuhr + 60 kg/ha	Abfuhr + 40 kg/ha	Abfuhr + 75 kg/ha
C anzustreben (optimal)	Abfuhr	Abfuhr	Abfuhr
D hoch	½ Abfuhr	½ Abfuhr	½ Abfuhr
E sehr hoch	keine	keine	keine

Tabelle 25: Beispiel für eine Phosphat- und Kali- Düngedarfermittlung für eine 3-jährige Fruchtfolge

Schlagnummer: 1 Schlagname: Hofacker Bodenversorgung: **P₂O₅** D **K₂O** B

Berechnung Düngbedarf	2007		2008		2009		Summe der Jahre	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Hauptfrucht (+ abgefahrenes Nebenprodukt)	S-Mais		W-Weizen (Korn+Stroh)		W-Gerste (Korn)			
Ertrag dt/ha	550		80		70			
Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	0,16	0,45	1,04	1,72	0,8	0,6		
Abfuhr kg/ha	88	247	83	138	56	42	227	427
Zwischenfrucht abgefahren	Weidelgras							
Ertrag dt/ha	250							
Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	0,16	0,65						
Abfuhr kg/ha	40	163					40	163
Bodenuntersuchung Zu- und Abschläge, siehe Tabelle 24	1/2 Abfuhr	75	1/2 Abfuhr	75	1/2 Abfuhr	75	1/2 Abfuhr	225
Düngbedarf kg/ha	8=3+6+-7	64	42	213	28	117	134	815
Org. Düngung (Art)	Gülle		Gülle					
Menge t bzw. m ³ /ha	50		30					
Nährstoffgehalt kg/t bzw. m ³ (siehe Anhang 7)	1,4	5	1,4	5				
Zufuhr kg/ha	70	250	42	150			112	400
Min. Düngbedarf kg/ha	-6	235	0	63	28	117	22	415
Praxisempfehlung kg/ha*	22	315	--	--	--	100	22	415

* (Fruchtfolgedüngung mit praxisgerechten Mineraldüngermengen, dabei werden die Hack- bzw. Blattfrüchte bevorzugt)

Tabelle 26: Phosphat- und Kali- Düngebedarfsermittlung (Formular)

Schlagnummer: _____ Schlagname: _____ Bodenversorgung: P₂O₅ _____ K₂O _____

		20____		20____		20____		20____		Summe der Jahre	
		P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Berechnung Düngebedarf	Hauptfrucht (+ abgefahrenes Nebenprodukt)										
	Ertrag dt/ha	1									
	Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	2									
	Abfuhr kg/ha	3=1*2									
	Zwischenfrucht abgefahren										
	Ertrag dt/ha	4									
	Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	5									
	Abfuhr kg/ha	6=4*5									
	Bodenuntersuchung Zu- und Abschläge, siehe Tabelle 24	7									
	Düngebedarf kg/ha	8=3+6+7									
	Org. Düngung (Art)										
	Menge t bzw. m ³ /ha	9									
Nährstoffgehalt kg/t bzw. m ³ (siehe Anhang 7)	10										
Zufuhr kg/ha	11=9*10										
Min. Düngebedarf kg/ha	12=8-11										
Mineralische und org. Düngung											

Praxisempfehlung kg/ha*											
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

* (Fruchtfolge Düngung mit praxisgerechten Mineraldüngermengen, dabei werden die Hack- bzw. Blattfrüchte bevorzugt)

Tabelle 25 zeigt anhand eines Beispiels das Schema für die Düngebedarfsermittlung bei Phosphat und Kali. Ein leeres Formular für die eigenbetriebliche Kalkulation befindet sich in Tabelle 26 und im Internet unter: www.LfL.bayern.de/iab/duengung. Im Gegensatz zur Stickstoffdüngung muss bei Phosphat und Kali nicht jeder Frucht zeitnah die Düngemenge gegeben werden, die sie entzieht. Es ist ausreichend, die **Nährstoffabfuhr** über die Fruchtfolge zu ersetzen. Ausgangspunkt für die Bedarfsermittlung ist daher die ertragsabhängige **Nährstoffabfuhr** mit den Ernteprodukten im Rahmen einer Fruchtfolge. Verbleiben Ernterückstände (Stroh, Blatt) auf dem Feld, bleiben die darin enthaltenen Nährstoffmengen bei der Berechnung der Abfuhr außer Betracht. Danach werden die Zu- und Abschläge auf Basis der ermittelten Gehaltsstufe des Bodens berücksichtigt. Resultat sind die über die Düngung zuzuführenden Nährstoffmengen. Werden von diesen Werten die mit den organischen Düngern ausgebrachten Nährstoffe abgezogen, erhält man den mineralischen Ergänzungsbedarf. Die beste Nährstoffwirkung auf mittleren und schweren Böden erhält man unter Berücksichtigung einer fruchtartspezifischen Aufteilung, d. h. Blattfrüchte mit hohem Nährstoffbedarf erhalten höhere, Halmfrüchte geringere Düngemengen. Auf Sandböden sind bei Kali wegen der erhöhten Auswaschungsgefahr jährliche Gaben im Frühjahr anzuraten. Auch die Verabreichung des gesamten Nährstoffbedarfs einer Fruchtfolge in einer Gabe zur Blattfrucht ist möglich, insbesondere bei Phosphat.

Kaliumfixierung - Auf Auenböden süddeutscher Flusstäler ist eine weit verbreitete Kaliumfixierung (= Festlegung in den Schichtgittern bestimmter Tonminerale) festgestellt worden. Diese Kaliumbindung führt insbesondere nach Umbruch von Grünland zu starken Ertragsausfällen der folgenden Ackernutzung.

Die Ursachen hierfür liegen in einer jahrzehntelangen Unterversorgung des Grünlandes mit Kalium. Dadurch verarmten die Tonminerale so stark an Kalium, dass sich ihre Schichten aufweiteten. Das mit der Düngung zugeführte Kalium wird zunächst wieder in die leeren Zwischenschichten eingebaut. Der Grad der Kaliumfixierung (mg K/100 g Boden) kann durch eine Untersuchung auf Kaliumfixierung festgestellt werden. Im allgemeinen kann man davon ausgehen, dass Werte < 25 mg eine niedrige, Werte zwischen 25 und 50 mg eine mittlere und Werte > 50 mg eine hohe bis sehr hohe Kaliumfixierung bedeuten. Da bei Kaliumfixierung das K den Pflanzen nicht zur Verfügung steht ist in diesen Fällen zum Ausgleich eine verstärkte Kalium-Grunddüngung vorzunehmen:

Übersicht 3: Kaliumfixierung

Kaliumfixierung gering	=	Kalidüngeempfehlung (ohne Zuschlag)	
Kaliumfixierung mittel	=	Kalidüngeempfehlung	+ 200 kg K ₂ O/ha und Jahr
Kaliumfixierung hoch, sehr hoch	=	Kalidüngeempfehlung	+ 300 kg K ₂ O/ha und Jahr

Bei Kaliumfixierung ist die Kalidüngemenge zum Pflanzenwachstum (Frühjahr) zu geben. Ein Rückgang der Kaliumfixierung ist erst nach mehrjähriger erhöhter Kaliumdüngung zu erwarten.

Die in den Ernteprodukten der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen enthaltenen durchschnittlichen Phosphat- und Kalimengen sind aus Anhang 1 zu entnehmen. Sie können je nach Standort und Jahr schwanken.

2.1.4 Magnesium und Schwefel

Magnesium (Mg)

Die in den Ernteprodukten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen enthaltene Magnesiummenge liegt zwischen 20 und 60 kg MgO/ha. Die Magnesiumgehalte der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sind in Anhang 1 aufgeführt. Besonders Hackfrüchte, Mais und viele Sonderkulturen haben einen hohen Magnesiumbedarf, der mit der organischen Düngung (Stallmist und Gülle) und der Bodennachlieferung bei niedrigem Magnesiumgehalt des Bodens nicht gedeckt werden kann. Zu beachten ist darüber hinaus, dass insbesondere auf leichten Standorten mit einer Mg-Auswaschung gerechnet werden muss. Mg-Mangelstandorte sind leichte und meist saure Böden. Mg-Mangel kann auf Mg-armen Böden auch dann auftreten, wenn im Boden sehr hohe Kaligehalte vorliegen. In diesem Fall ist eine Verbesserung der Mg-Versorgung auch durch eine Verringerung der Kalidüngung zu erwarten.

Die Beurteilung des Vorrates an Magnesium im Boden (Tabelle 27) richtet sich nach der Bodenart.

Tabelle 27: Gehaltsstufen für CaCl₂-lösliches Magnesium und Bemessung der Mg-Düngung

Gehaltsstufe	Mg-Gehalte (mg/100 g Boden)		Mg-Düngung kg MgO/ha
	(S, P _S)	(IS - T)	
A	< 3	< 5	Abfuhr + 60
B	3 - 6	5 - 9	Abfuhr + 30
C	7 - 10	10 - 20	Abfuhr
D	11 - 49	21 - 49	0
E	> 49	> 49	0

Bei Mg-Mangel sollte zumindest ein Teil der Mg-Düngemenge in wasserlöslicher Form (s. Deklaration) eingesetzt werden. Die Magnesiumdüngung kann auf kalkbedürftigen Böden über Magnesiumkalke, z. B. über kohlen-sauren Mg-Kalk (7 - 19 % MgO) oder Mg-Branntkalk (15 - 30 % MgO) erfolgen. Auf nicht kalkbedürftigen Böden sind voll wasserlösliche Mg-Dünger, z. B. Magnesiumsulfat in Form von Kieserit oder Dünger mit Mg als Nebenbestandteil, z. B. Patentkali, Kornkali, Magnesiakainit bzw. Mg-haltige P- und PK-Dünger zu empfehlen. Blattdüngung ist mit Bittersalz oder Mg-Chelat möglich.

Die Magnesiumgehalte der wichtigsten mineralischen Dünger sind in Anhang 4 zu finden.

Schwefel (S)

Schwefelmangel tritt insbesondere auf flachgründigen und leichten Böden bei schwefelbedürftigen Kulturen wie z. B. Raps und Leguminosen auf. Der Schwefeleintrag über Immission ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Er betrug 15 - 20 kg S/ha im Jahr 1985 und im Jahr 2000 nur noch ca. 6 kg S/ha und Jahr. Dieser Eintrag vermag den S-Bedarf der Pflanzen nicht zu decken.

Eine Bodenuntersuchung auf wasserlöslichen oder austauschbaren Schwefel hat wegen der leichten Verlagerung von Schwefel im Boden nur eine geringe Aussagekraft. Ähnliches gilt auch für die Blattanalyse, die erst zu einem relativ späten Entwicklungsstadium möglich ist, so dass ein akuter S-Mangel durch eine gezielte Düngung kaum mehr berücksichtigt werden kann. Richtwerte für ausreichende S-Gehalte in ausgewählten Kulturpflanzen, sowie Probenahmetermin und zu beprobendes Pflanzenteil sind in Tabelle 28 aufgeführt. Bei Werten, die niedriger als die in Tabelle 28 angegebenen liegen, ist mit einem beginnenden S-Mangel zu rechnen und daher eine S-Düngung zu empfehlen.

Allgemein kann auf Schwefelmangelstandorten ein Düngbedarf von 20 - 40 kg S/ha unterstellt werden, was in etwa der Schwefelabfuhr durch die Ernten gleichkommt. Je nach Standortbedingung wird es auf sandigen oder flachgründigen Böden häufiger, auf tiefgründigen Lößböden in größeren Zeitabständen zweckmäßig sein, den Kulturen eine Schwefeldüngung in Höhe der Schwefelabfuhr zu verabreichen. Auf Standorten, auf denen bei Raps oder Wintergerste ein Schwefeldüngeeffekt beobachtet wurde, sollte zu allen anderen Kulturen sicherheitshalber auch Schwefel gedüngt werden. Die Schwefeldüngung sollte wegen der leichten Verlagerung von S im Frühjahr erfolgen.

Tabelle 28: Richtwerte für ausreichende S-Gehalte in ausgewählten Kulturpflanzen, sowie Probenahmetermine und zu beprobendes Pflanzenteil (VDLUFA-Standpunkt)

Pflanzenart	Probenahmetermin	Pflanzenteil	Richtwerte für ausreichende Gehalte % S i. d. TS
Winterraps	kurz vor Knospenstadium	gerade voll entwickelte Blätter	> 0,55
Wintergetreide	Schossbeginn/ 1-Knotenstadium	gesamte oberirdische Pflanze	> 0,30 (vorläufig)
Zuckerrübe	Bestandsschluss	Blattspreiten aus mittlerem Blattkranz	> 0,30 (vorläufig)
Grünland	vor dem ersten Schnitt	gesamter Aufwuchs	> 0,25 (vorläufig)

Die erforderliche Schwefeldüngemenge für ausgewählte Kulturen ist in Tabelle 29 wiedergegeben.

Die Schwefeldüngung kann über Einzel- und Mehrnährstoffdünger erfolgen, die Schwefelgehalte der wichtigsten Mineraldünger sind im Anhang 4 aufgelistet.

Tabelle 29: Schwefeldüngerempfehlung zu Ackerkulturen (VDLUFA-Standpunkt, verändert)

Fruchtart	Düngemenge in kg S/ha	Düngezeitpunkt
Getreide	10 - 20	Vegetationsbeginn bis 1-Knotenstadium
Winterraps	20 - 40	Vegetationsbeginn ¹⁾
Zuckerrübe	10 - 20	zur Saat bis 8-Blatt-Stadium
Kartoffel	10 - 20	zur Pflanzung bis vor dem letzten Häufeln
Mais	10 - 20	zur Saat bis 6-Blatt-Stadium
Kohl	30 - 50	zur Pflanzung
sonstige Gemüsearten	20 - 40	zur Saat bzw. zur Pflanzung
Kleegras (120 dt/TM)	30 - 40	Vegetationsbeginn

1) evtl. Teilgabe im Herbst

Im Gegensatz zum reinen Marktfruchtbetrieb tritt im Futterbau- bzw. Veredelungsbetrieb seltener S-Mangel auf, da über Futtermittel beachtliche S-Mengen in den Betrieb gelangen. Die S-Wirkung aus wirtschaftseigenen Düngern ist langsam, da der Schwefel überwiegend organisch gebunden ist und dieser erst über Mineralisation in eine pflanzenverfügbare Form umgewandelt wird. Im Anwendungsjahr tragen organische Dünger daher kaum zur S-Versorgung bei.

2.1.5 Spurennährstoffe (Bor, Kupfer, Mangan, Zink)

Akuter Spurenelementmangel ist selten und beschränkt sich meist auf Extremstandorte wie Sand- und Moorböden. Latente Mängel können auf Böden mit hohem pH-Wert, besonders in Trockenperioden, auftreten. Bei Verdacht ist eine Untersuchung der Böden auf Spurenelemente, in Einzelfällen auch eine Pflanzenanalyse zu empfehlen. Zeigen diese Untersuchungen einen ungenügenden Vorrat oder eine ungenügende Versorgung an, ist eine Düngung mit Spurennährstoffen erforderlich. Bisher erfolgte die Bodenuntersuchung auf Spurenelemente mit einer Vielzahl von Extraktionsverfahren. Für jeden Nährstoff wurde eine bestimmte Extraktionslösung eingesetzt (Bor: heißwasserlöslich, Cu: -EDTA, Mn: -nach Schachtschabel, Zn: -EDTA). Bei der seit 2003 eingeführten CAT-Methode wird einheitlich als Extraktionsmittel $\text{CaCl}_2 + \text{DTPA}$ für die Bestimmung der Spurennährstoffgehalte verwendet, nur diese Untersuchungsergebnisse können mit Hilfe der nachfolgenden Tabellen beurteilt werden!

Die über die Ernteprodukte vom Feld abgefahrenen Mengen an Spurennährstoffen sind aus Tabelle 30 zu entnehmen.

Tabelle 30: Entzug an Spurenelementen in g/ha (verschiedene Autoren)

Kultur	Bor	Mangan ^{*)}	Zink	Kupfer
Getreide, 80 dt/ha				
Korn,	25 - 35	300 - 600	100 - 200	30 - 40
Korn und Stroh	40 - 50	500 - 800	300 - 400	50 - 60
Zuckerrüben, 600 dt/ha				
Rübe	250 - 350	300 - 400	150 - 200	50 - 60
Rübe und Blatt	450 - 550	600 - 700	250 - 350	80 - 90
Raps, 35 dt/ha				
Korn	250 - 500	1300 - 2500	400 - 700	30 - 60
Mais, 140 dt TM/ha				
Gesamtpflanze	130 - 250	2400 - 3600	310 - 380	100 - 200
Kartoffeln, 400 dt/ha				
Knolle	60 - 160	50 - 60	80 - 160	60

*) Bei guter Mangan-Verfügbarkeit können die Entzüge deutlich über dem Düngbedarf liegen.

Bor (B)

Hohen Borbedarf haben vor allem Rüben, Luzerne und Raps sowie die Sonderkulturen Rebe und Tabak. Bormangel (z. B. Herz- und Trockenfäule der Zucker- und Futterrübe, insbesondere nach hoher Aufkalkung) tritt besonders in trockenen Jahren und auf kalkreichen, stark tonhaltigen oder auch sandigen Böden auf. Getreide benötigt wenig Bor. Mangel ist daher nicht zu befürchten. Bor ist in der Pflanze für den Aufbau der Zellwände und für die Zellteilung notwendig. Es ist wichtig für die Ausbildung wachsender, junger Zellen. Daneben ist Bor für verschiedene Stoffwechselprozesse (z. B. Kohlenhydratstoffwechsel, Eiweißhaushalt, Hormonstoffwechsel) und die Zuckerbildung von Bedeutung. Bor ist in der Pflanze praktisch nicht verlagerbar. Bor liegt im Boden als Anion vor und ist auswaschungsgefährdet. Die Düngung richtet sich nach dem Borgehalt des Bodens und der Bodenart (Tabelle 31).

Tabelle 31: Richtwerte für Borgehalte (mg/kg Boden) in Mineralböden auf Ackerland (CAT-Methode)

Gehaltsstufe	Bodenart			
	S	IS	IS	sL - T
pH-Wert \leq 6,0 ^{*)}				
A	< 0,10	< 0,12	< 0,15	< 0,20
C	0,10 bis 0,30	0,12 bis 0,40	0,15 bis 0,50	0,20 bis 0,60
E	> 0,30	> 0,40	> 0,50	> 0,60
pH-Wert > 6,0				
A	< 0,15	< 0,20	< 0,25	< 0,35
C	0,15 bis 0,40	0,20 bis 0,60	0,25 bis 0,80	0,35 bis 1,0
E	> 0,40	> 0,60	> 0,80	> 1,0

*) Die CAT-Methode ist für die Untersuchung von Böden mit einem pH-Wert < 5 auf den Borgehalt nicht geeignet. Es wird daher auf diesen Böden empfohlen, erst ein Jahr nach erfolgter Aufkalkung die Bodenuntersuchung nach der CAT-Methode durchzuführen.

Tabelle 32: Empfohlene Bordüngung in Abhängigkeit vom Borgehalt des Bodens (Bodendüngung)

Gehaltsstufe	empfohlene Bordüngemenge (kg B/ha) für			
	leichte Böden		mittlere und schwere Böden	
	Mais, Raps, Kohl	Rüben, Luzerne	Mais, Raps, Kohl	Rüben, Luzerne
A	0,4 - 0,8	1,0 - 1,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,5
C	0,5	0,5	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0
E	0	0	0	0

Die Gefahr einer Überdüngung mit Bor ist groß (Bortoxizität, z. B. bei Weizen, Gerste), deshalb ist eine Düngung nur zu borbedürftigen Früchten in Abhängigkeit vom pH-Wert unter einem Borgehalt im Boden von weniger als 0,30 - 0,60 mg B/kg Boden bzw. 0,40 - 1,0 mg B/kg Boden angebracht (Tabelle 32). Neben borhaltigen Einzel- und Mehrnährstoffdüngern stehen reine Bordünger wie z. B. Borax (11 % B) oder Solubor (17,5 % B) zur Verfügung. Letztere eignen sich auch zur Behebung von akutem Bormangel mittels einer Blattdüngung (200 - 400 g B /ha in 400 l Wasser). Auf-

grund der unmittelbar höheren B-Aufnahme sind bei einer gezielten Blattapplikation gegenüber der B-Düngung zum Boden (Tabelle 32) geringere B-Mengen ausreichend.

Kupfer (Cu)

Kupfermangel tritt besonders auf Sandböden sowie auf Hochmoorböden, z. T. auch auf kalkreichen Niedermoorböden, vor allem bei hohem pH-Wert oder starker Aufkalkung auf. Kupfer ist an der Fotosynthese und an verschiedenen Stoffwechselprozessen beteiligt. Es ist Bestandteil von Enzymen und für die Ausbildung der Pollen und der Pollenschläuche (mangelnde Fruchtbarkeit), sowie der Lignifizierung des Gewebes (schlaaffe Blatthaltung, kein festes Gewebe) wichtig.

Tabelle 33: Richtwerte für Kupfergehalte (mg/kg Boden) in Ackerböden (CAT-Methode) und Düngeempfehlung in kg Cu/ha (Bodendüngung)

Gehaltsstufe	leichte Böden und stark humose Böden (S - I'S)	mittlere und schwere Böden (IS - T)	empfohlene Düngegaben kg Cu/ha
A	< 0,8	< 1,2	5 - 10
C	0,8 - 2,0	1,2 - 4,0	1 - 3
E	> 2,0	> 4,0	0

Auf leichten Böden sind niedrigere, auf schweren Böden höhere Mengen zu geben, aber nicht mehr als 10 kg Cu/ha (Tabelle 33). Damit wird eine Bevorratung für 4 - 5 Jahre erreicht. Die Cu-Düngung kann durchgeführt werden in Form von Cu-Sulfat (25 - 36 % Cu) oder Cu-Legierungen. Bei mittleren Cu-Gehalten des Bodens genügt die Anwendung von kupferhaltigen Düngern (z. B. Stickstoffmagnesia mit 0,2 % Cu). Für die Blattdüngung eignen sich besonders Cu-Chelatdünger (bis 15 % Cu, ca. 0,3 kg Cu-Chelat/ha in 400 l Wasser), aber auch Cu-Sulfat (stark ätzend). Cu-Oxide und Cu-Hydroxide sind schwer löslich und damit als Blattdünger nicht geeignet. Blattspritzungen sind frühzeitig zu applizieren (z. B. bei Getreide bereits zur Bestockung). Nach Auftreten der ersten Mangelsymptome während des Schossens bzw. Ährenschiebens ist keine Abhilfe mehr möglich. Da Kupfer eine starke Verdrängungswirkung von Mangan zur Folge hat, sollte eine Cu-Düngung immer mit einer Mangandüngung kombiniert werden.

Mangan (Mn)

Manganmangel kommt hauptsächlich auf kalk- und humusreichen Böden vor, z. B. auf gekalkten, leichten Böden, Niedermoorböden und kalkreichen Wiesenböden nach Umbruch. Trockenheit verstärkt den Mangel. Auf Böden mit sehr guter Durchlüftung, d. h. bei hohem Sauerstoffgehalt im Boden, kann es verstärkt zu Mn-Mangel kommen. Die Verfügbarkeit des Mangans steigt mit sinkendem pH-Wert des Bodens, so dass in Abhängigkeit davon unterschiedliche Gehalte an Mangan erforderlich sind (Tabelle 34). Die Funktion des Mangans in der Pflanze liegt in der Aktivierung von Enzymen. So ist Mangan an der Fotosynthese und Chlorophyllbildung, am Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel und an der Synthese von Vitamin C beteiligt. Mangan ist in der Pflanze nicht verlagerbar und nur in zweiwertiger Form aufnehmbar.

Tabelle 34: Richtwerte für Mangangehalte (mg/kg Boden) in Ackerböden (CAT-Methode)

Gehalts- stufe	leichte Böden (S - I'S) pH-Wert					mittlere und schwere Böden (IS - T) ohne pH-Begrenzung
	< 5,0	5,0 - 5,5	5,6 - 6,0	6,1 - 6,5	> 6,5	
A	< 3	< 6	< 10	< 25	< 30	< 30
C	3 - 8	6 - 15	10 - 30	25 - 50	30 - 60	30 - 60
E	> 8	> 15	> 30	> 50	> 60	> 60

Häufig, insbesondere aber auf zur Festlegung neigenden Böden, wie z. B. stark karbonathaltigen Niedermoorböden, ist Manganmangel durch Bodendüngung nicht zu beheben. Dagegen bringen jährliche Blattspritzungen (z. T. mehrfach wiederholt) mit maximal 1,5%iger Lösung von Mangansulfat (4 - 6 kg in 400 l Wasser) bzw. Manganchelat (1 - 2 l/ha bzw. 0,75 - 1,0 kg/ha bei festen Chelaten) meist gute Ergebnisse. Der Einsatz physiologisch saurer Dünger (z. B. schwefelsaures Ammoniak, Ammonsulfatsalpeter etc.) verbessert die Mn-Verfügbarkeit. In Gehaltsklasse A und C ist auf nicht zur Festlegung neigenden Böden eine Bodendüngung mit 10 - 30 kg Mn/ha zu empfehlen, z. B. in Form von Manganoxiden (48 % Mn).

Zink (Zn)

Die Löslichkeit von Zink geht mit steigendem pH-Wert und bei sehr hohen Phosphatgehalten im Boden zurück. Zinkmangel kann daher auf neutralen bis alkalischen, carbonatreichen Böden, aber auch nach einer Kalkung auftreten. Bei sehr hohen Phosphatgehalten wird Zink festgelegt. Die Bedeutung von Zink liegt in seiner Funktion als Bestandteil zahlreicher Enzyme, in seinem Einfluss auf den Atmungsstoffwechsel sowie die Fotosynthese. Zink ist wichtig für die Auxinsynthese und die Zellteilung. Daher wird bei Zinkmangel meist ein gestauchter Wuchs beobachtet. In der Tabelle 35 sind Richtwerte für den Zinkgehalt in Ackerböden angegeben.

Tabelle 35: Richtwerte für Zinkgehalte (mg/kg Boden) in Ackerböden (CAT-Methode) und Düngempfehlung in kg Zn/ha

Gehalts- stufe	mg Zn/kg (alle Bodenarten)	Bodendüngung kg Zn/ha für 3 - 4 Jahre	Blattdüngung kg Zn/ha
A	< 1,1	7 - 10 ¹⁾	0,3
C	1,1 - 3,0	5 - 7	0,3
E	> 3,0	0	0

1) Die geringere Menge für leichte Böden, die höhere Menge für mittlere und schwere Böden

Sonstige Nährstoffe

Auf besonderen Standorten, z. B. kalkreichen Tonböden und humusreichen Böden, kann Eisen-(Fe), auf tonhaltigen sauren Böden Molybdänmangel (Mo) auftreten. Eine Untersuchung wird nur im Falle eines begründeten Verdachtes empfohlen. Die hohen Natrium (Na)-Ansprüche von Zuckerrüben und Raps lassen auf Standorten mit niedrigen Na-Gehalten (unter 10 mg Na/kg Boden) die Verwendung natriumhaltiger Einzeldünger angeraten erscheinen.

2.2 Organische Düngung

Im Gegensatz zu mineralischen Düngern enthalten organische Dünger nicht nur Pflanzennährstoffe, sondern auch organische Substanz. Diese dient als Nahrung für die Bodenlebewesen, erhöht somit die biologische Aktivität der Böden und ist Ausgangsstoff für die Humusbildung (Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit). Der Humus ist die Voraussetzung für Bodenfruchtbarkeit, indem er die Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen positiv beeinflusst (siehe 1.3 Humusversorgung).

Neben der Zufuhr an organischer Substanz stellt die organische Düngung eine wichtige Quelle für Pflanzennährstoffe dar. Die Vielzahl an Haupt- und Spurennährstoffen machen organische Dünger zu wertvollen Mehrnährstoffdüngern. Die gezielte Rückführung von organischer Substanz und von Nährstoffen auf landwirtschaftliche Flächen ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll und notwendig. Die bedeutendsten organischen Dünger sind die Wirtschaftsdünger. Dazu zählen die tierischen Ausscheidungen wie Gülle, Jauche und Stallmist sowie Stroh und ähnliche Nebenerzeugnisse aus der landwirtschaftlichen Produktion. Auch Gärreste aus Biogasanlagen zählen zu den Wirtschaftsdüngern, soweit sie nur tierische Wirtschaftsdünger, landwirtschaftliche Nebenerzeugnisse sowie gezielt für die Biogasanlage erzeugte pflanzliche Materialien enthalten (Nachwachsende Rohstoffe). Weitere organische Dünger sind Bioabfälle (z. B. Grüngut aus Landschaftspflegemaßnahmen, Komposte), Klärschlämme und Biogasgärreste mit weiteren Bestandteilen als den oben genannten.

Die verschiedenen Bindungsformen der Nährstoffe in den organischen Düngern führen zu Unterschieden in der zeitlichen Verfügbarkeit. Da die Verwertung der Nährstoffe zusätzlich von der Ausbringungstechnik, der Witterung und der gedüngten Kultur abhängig ist, können sich größere Schwankungen in der Wirkung organischer Dünger ergeben.

2.2.1 Nährstoffverfügbarkeit

Stickstoffwirkung

Der Stickstoff der organischen Düngemittel besteht im wesentlichen aus zwei Fraktionen: eine ist in der organischen Substanz gebunden, die andere liegt als leicht verfügbares Ammonium (NH_4) vor. Dabei besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem C/N-Verhältnis und der N-Verfügbarkeit. Dünger mit einem engen C/N-Verhältnis (Gülle, Jauche, Biogasgärreste) weisen eine wesentlich schnellere Stickstoffverfügbarkeit auf, als Dünger mit einem weiten C/N-Verhältnis (Kompost, Stallmist).

Die Verfügbarkeit des in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffs ist unterschiedlich. Ein kleiner Teil wird relativ schnell mineralisiert und steht den Kulturen noch im Ausbringungsjahr zur Verfügung. Zusammen mit dem bereits erwähnten Ammoniumanteil wird dieser Anteil des Stickstoffs als **im Anwendungsjahr verfügbarer Stickstoff (N_{schnell})** bezeichnet. Dieser verfügbare Stickstoff in organischen Düngern kann nicht zu 100 % von den Pflanzen genutzt werden, da mit Verlusten, insbesondere bei der Ausbringung (Ausbringungsverluste) gerechnet werden muss. Je nach Ausbringungszeitpunkt und -bedingungen können deshalb bei der Düngebedarfsermittlung nur ca. 60 - 75 % des verfügbaren Stickstoffs (N_{schnell}) angerechnet werden (Tabelle 21).

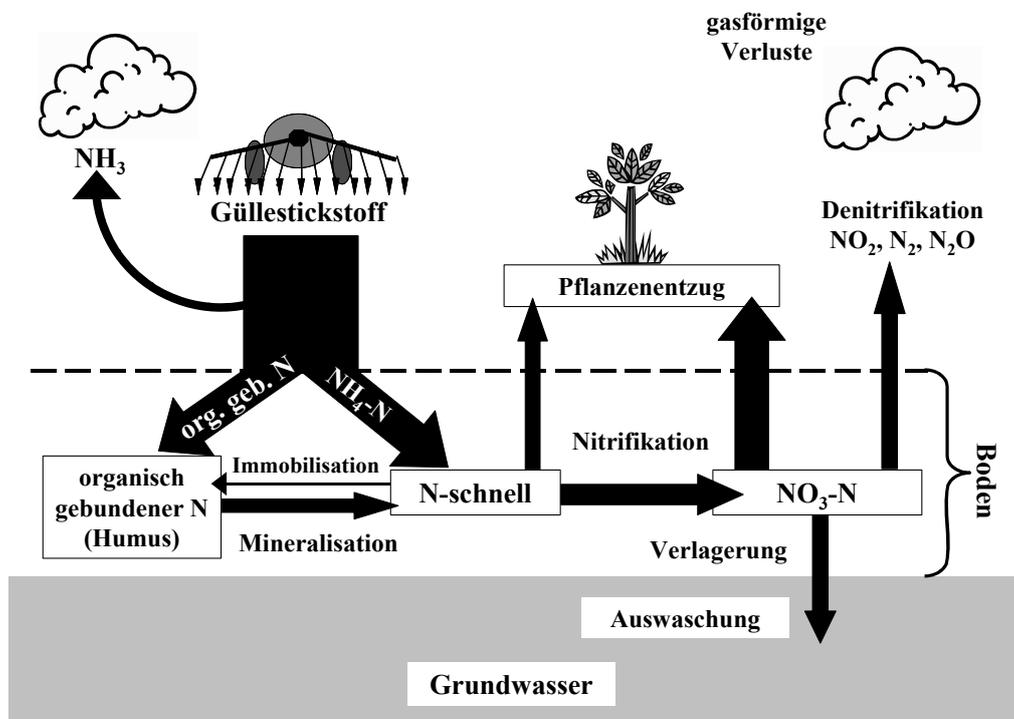
Die jeweiligen Anteile des N_{schnell} sind bei den verschiedenen Wirtschaftsdüngern unterschiedlich (Tabelle 36). Während zum Beispiel in der Jauche ca. 95 % im Anwendungsjahr verfügbarer Stickstoff vorhanden sind, enthält der Stallmist nur ca. 15 - 25 % verfügbaren Stickstoff. Die zur Berechnung der anrechenbaren organischen Stickstoffwirkung notwendigen verfügbaren N-Gehalte (N_{schnell}) der wichtigsten organischen Düngern sind im Anhang 7 aufgelistet.

Tabelle 36: Anteil des NH₄-N und des N_{schnell} am Gesamt-N verschiedener Wirtschaftsdünger

organische Dünger	Anteil NH ₄ -N in % vom Gesamt-N	Anteil N _{schnell} in % vom Gesamt-N
Jauche	> 90	> 95
Gülle	50 - 70	60 - 80
Stallmist	10 - 20	15 - 25
Geflügelkot, -mist	30 - 50	60 - 80
Kompost	0 - 10	0 - 15
Biogasgärrest	60 - 80	60 - 85

Der stärker in der **organischen Substanz** gebundene **Stickstoff** wird sehr langsam mineralisiert, je nach Witterung und Bodenbearbeitungsintensität ist mit Freisetzungsraten von 1 - 3 % des Gesamtstickstoffs pro Jahr zu rechnen. Eine fortlaufende Zufuhr organischer Dünger führt zu einer Humusanreicherung im Boden, mit der Folge einer langsam ansteigenden N-Freisetzung. Bei der Düngebedarfsermittlung (siehe Tabelle 16) wird diese Nachlieferung unter Punkt 5 in Abhängigkeit vom Tierbesatz berücksichtigt. Bei langfristiger regelmäßiger Anwendung von organischen Düngern kann somit in der Summe von einer Verwertbarkeit der ausgebrachten Stickstoffmenge von 50 bis 80 % ausgegangen werden. Die Wege des Stickstoffs aus organischen Düngern sind in Übersicht 4 am Beispiel der Gülle dargestellt.

Übersicht 4: Wege des Stickstoffs aus organischen Düngern am Beispiel Gülle



Quelle: In Anlehnung an „Die Landwirtschaft, Pflanzliche Erzeugung, 2006“

Phosphat- und Kaliwirkung

Die in den organischen Düngern enthaltenen Phosphat- und Kalimengen sind in ihrer Wirkung langfristig denen der mineralischen Dünger gleichwertig und somit bei der Düngeplanung voll anzusetzen. Viehstarke Betriebe mit hohem Futtermittelzukauf und geringem Verkauf von Ernteprodukten weisen in der Regel einen P-Überhang auf, langfristig ist in diesen Betrieben ohne Abgang organischer Dünger mit einer P-Überdüngung zu rechnen. Diese Betriebe sollten möglichst auf die mineralische P-Düngung (Maisunterfußdüngung) verzichten. Ähnliches gilt für Biogasbetriebe mit hohem Zukauf an Produkten zur Biogasvergärung.

In Rinder- und Schweinegülle liegen ca. 80 %, in Hühnergülle und Geflügelkot ca. 60 % des Gesamt-P als anorganisches Phosphat vor. Der Rest ist organisch gebundenes Phosphat. Die Wirkung des anorganischen Teils entspricht etwa der von leicht löslichem, mineralischem Düngerphosphat. Das organisch gebundene Phosphat (Phytin-Phosphat) wird erst nach länger dauerndem mikrobiologischem Aufschluss pflanzenverfügbar.

Rindergülle ist kalireich, Schweine- und Hühnergülle kaliarm. Gülle-Kali ist weitgehend wasserlöslich und damit in der Wirksamkeit bei gleichem Ausbringungszeitpunkt Mineraldünger-Kali gleichzusetzen.

Neben den Hauptnährstoffen N, P, K weisen die organischen Dünger auch erhebliche Mengen an Ca, Mg und Spurennährstoffen auf.

2.2.2 Ermittlung und Anrechnung der Nährstoffgehalte in flüssigen organischen Düngern

Der Nährstoffgehalt organischer Dünger aus der Tierhaltung ist abhängig von der Tierart, der Art der Fütterung und der Leistung. In Anhang 6 sind die Nährstoffausscheidungen verschiedener Tierarten bei typischen Futterrationen angegeben. Diese Werte sind Grundlage für alle Berechnungen nach Düngeverordnung oder auch für Stellungnahmen. Zur Bestimmung der Stickstoffobergrenze von 170/230 kg N/ha aus tierischen Wirtschaftsdüngern sind die in Tabelle 37 angegebenen Stall- und Lagerverluste zu berücksichtigen. Für die Berechnung der Nährstoffbilanz können zusätzlich die Ausbringungsverluste abgezogen werden (Berücksichtigung der Gesamtverluste).

Tabelle 37: Maximal anrechenbare gasförmige N-Verluste aus Wirtschaftsdüngern in % des Gesamtstickstoffs

Tierart	Stall- und Lagerverluste % der Ausscheidung		Ausbringungsverluste % der ausgebrachten N-Menge		Gesamtverluste % der Ausscheidung	
	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall
Rinder	15	30	17,6	14,3	30	40
Schweine	30	35	14,3	15,4	40	45
Geflügel		40		16,7		50
andere (Pferde, Schafe)		45		9,1		50
Weidegang, alle Tierarten					75	
Biogasgärreste	5 ^{*)}		14,3 ^{**)}		18,6	

*) Dieser Wert gilt für Stickstoff aus nicht tierischen Wirtschaftsdüngern

***) Dieser Wert gilt bei Zukauf von Biogasgärresten unabhängig von Ausgangsstoffen

Beispiele (verwendete Werte siehe Anhangstabellen 1, 6 und 7):

- 20 Milchkühe, Grünlandbetrieb bis 6700 kg Milch, Aufstallung mit Gülle:
für die Berechnung der 170/230 kg N/ha Grenze (Berücksichtigung von 15 % Stall- und Lagerverlusten):
 $20 \times 111,1 \text{ kg N/Kuh} \times 85 \% = 1888,7 \text{ kg N}$
für die Berechnung der Nährstoffbilanz (30 % Gesamtverluste):
 $20 \times 111,1 \text{ kg N/Kuh} \times 70 \% = 1555,4 \text{ kg N}$
- Aufnahme von 100 m³ Milchviehgülle (Grünland) in den Betrieb:
für die Berechnung der 170/230 kg N/ha Grenze (Stall- und Lagerverluste bereits im abgebenden Betrieb berücksichtigt):
 $100 \text{ m}^3 \times 3,8 \text{ kg N/m}^3 = 380 \text{ kg N}$
für die Berechnung der Nährstoffbilanz (Berücksichtigung von 17,6 % Ausbringungsverlusten):
 $100 \text{ m}^3 \times 3,8 \text{ kg N/m}^3 \times 82,4 \% = 313,1 \text{ kg N}$
- Zukauf von 5 ha Silomais (28 % TS, 550 dt/ha) für Biogasanlage:
für die Berechnung der Nährstoffbilanz (Gesamtverluste von 18,6 %):
 $0,38 \text{ kg N/dt} \times 550 \text{ dt/ha} \times 5 \text{ ha} \times 81,4 \% = 850,6 \text{ kg N}$
- Zukauf/Aufnahme von Biogasgärresten (200 m³ mit 5,2 kg N/m³):
für die Berechnung der Nährstoffbilanz (Berücksichtigung von 14,3 % Ausbringungsverlusten):
 $200 \text{ m}^3 \times 5,2 \text{ kg N/m}^3 \times 85,7 \% = 891,3 \text{ kg N}$

Für die Düngeplanung einzelner Kulturen und Schläge können die in Anhang 7 angegebenen verfügbaren Stickstoffgehalte (N_{schnell}) verschiedener Güllen und Geflügelkot zum Zeitpunkt der Ausbringung herangezogen werden. Es wird empfohlen, sich in Abhängigkeit von der Kulturart (z. B. Qualitätsweizen) noch einen Freiraum zur gezielten ertrags- oder qualitätsbezogenen Nährstoffversorgung mit Mineraldüngern zu erhalten.

Die Ausnutzung des Stickstoffs in flüssigen organischen Düngern (Gülle, Jauche, Biogasgärreste) hängt entscheidend von Zeitpunkt und Art der Ausbringung, Höhe der gasförmigen Verluste (Applikationstechnik), Fruchtart, Witterung, Stroh- und Gründüngung bzw. Zwischenfruchtanbau ab (Tabelle 21). Im allgemeinen ist die N-Wirkung um so höher, je näher der Zeitpunkt der Ausbringung am Bedarf der Pflanzen liegt. Die beste Verwertung wird bei Ausbringung im Frühjahr erreicht, Herbstgaben auf Ackerland dürfen nur auf Flächen erfolgen, auf denen Getreidestroh verblieben ist oder Zwischenfrüchte bzw. Folgekulturen mit Düngebedarf bestellt sind oder werden. Empfohlene Ausbringtermine und -mengen sind in Tabelle 38 (Güllekalender) ausgewiesen.

Bei der Ausbringung von flüssigen organischen Düngern entstehen gasförmige Verluste in Form von Ammoniak (NH_3), das bei der Ausbringung von Ammoniumstickstoff (NH_4) gebildet wird. Diese lassen sich durch eine bodennahe Ausbringung mit Schleppschlauch- oder Injektionsgeräten und einer raschen Einarbeitung vermindern. Die Ausbringung bei kühler Witterung, Windstille und bedecktem Himmel hält die Verlustrate zusätzlich gering.

Gülleanfall und Lagerraum

Die TS-Gehalte der Gülle und davon abhängig auch die Nährstoffgehalte schwanken in der Praxis (z. B. durch Wasserzumischung) stark. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf den Gülleanfall je Tier (Anhang 6b) und den Nährstoffgehalt pro m^3 . Eine Verdünnung führt zu sinkenden Inhaltsstoffgehalten (TS, Nährstoffe) und zu höheren Güllemengen, aber auch geringeren Ammoniakverlusten.

Eine optimale Verwertung der Gullenährstoffe hängt wesentlich vom richtigen Ausbringzeitpunkt und damit von ausreichendem Lagerraum ab. In der Regel ist eine Gülleausbringung von Oktober bis Mitte Februar mit höheren N-Auswaschungsverlusten verbunden. Um in diesem Zeitraum keine Gülle ausbringen zu müssen, ist grundsätzlich eine Lagerkapazität für mindestens 6 Monate nötig, die durch die „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS)“ vom 18. Januar 2006 für alle Betriebe ab 2009 verbindlich vorgeschrieben ist. Mit Hilfe der in Anhang 6b und 6c aufgeführten Tabellen kann der Gülleanfall und der daraus notwendige Lagerraum ermittelt werden. Zusätzlich müssen Kapazitäten für weitere Einleitungen (z. B. Regenwasser) eingeplant werden. In Abhängigkeit vom Betriebstyp und der Fruchtfolge kann auch eine Lagerkapazität über 6 Monate sinnvoll sein.

Tabelle 38: Güllekalender

Empfohlene Ausbringzeiten und -mengen an flüssigen org. Düngern (m³/ha)

Früchte	Empfohlene max. Menge ⁵⁾ m ³ /ha u. Jahr	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Silomais, Körnermais	60										30-60	20-30 ¹⁾	
Futterrüben	50									20-50			
Kartoffeln	30									20-30			
Winterraps	50		20							20-40			
Winterweizen, Triticale	60									20-60 ³⁾			
Wintergerste	50		20							20-40			
Sommerweizen	50									20-50 ²⁾			
So-Gerste (Futter), Hafer	25									20-25			
Kleegras	45		15-25							15-25			15-25
Feldfutter (Hauptfr., ohne Legum.)	80		20-25	20-25 ³⁾						20-40			20-25
Zwischenfrucht ⁴⁾	20		20										
Zwischenfrucht abgefahren	40		15-25							15-25			
Getreidestroh ⁵⁾	20		20										
Grünland	80		15-25 ⁶⁾	15-25 ⁶⁾						15-25 ⁶⁾		15-25 ⁶⁾	

*) Die empfohlene Aufwandmenge pro ha und Jahr gilt für ein Ertragsniveau von z. B. 80 dt/ha Weizen.

1) bis 6): Nebenstehende Hinweise zur Ausbringung beachten:

- 1) Zwischen die Reihen einarbeiten
- 2) Zweimalige Gabe möglich
- 3) Nur bei überwinternden Pflanzenbeständen
- 4) Zwi-frucht überwintern oder möglichst spät einarbeiten
- 5) Strohdüngung ohne Zwi-frucht meist nicht empfehlenswert
- 6) Einzelgabe von 25 m³/ha und max. Gesamtgülemenge nur bei intensiver Bewirtschaftung

Empfohlene Ausbringzeit bei durchschn. Standortbedingungen

15-25 Empfohlene Menge (m³/ha) an flüssigen org. Düngern mit 3,5 kg Ges.-N/m³ ohne Berücksichtigung von NH₄-Verlusten nach der Ausbringung

Ausbringverbot vom 01. Nov. bis 31. Jan., bei Grünland vom 15. Nov. bis 31. Jan.

Biogasgärreste entstehen aus den verschiedensten Ausgangssubstanzen, die während des Gärprozesses in Abhängigkeit von Verweildauer und Temperatur unterschiedlichen Abbauraten unterliegen. Es ist daher nicht möglich, durchschnittliche Nährstoffgehalte anzugeben. Um eine sinnvolle Düngeplanung durchführen zu können und um der Forderung der Düngeverordnung gerecht zu werden, nach der die Gesamtstickstoff- sowie die Ammonium- und Phosphatgehalte eingesetzter flüssiger organischer Dünger vor der Anwendung bekannt sein müssen, ist mindestens eine Nährstoffuntersuchung pro Jahr durchzuführen. Tendenziell lässt sich feststellen, dass zum Einen Gärreste einen Trockensubstanzgehalt zwischen 4 und 6 % haben und zum Anderen durch die Vergärung 60 bis 80 % des Stickstoffs in die Ammoniumform umgewandelt wird sowie der pH-Wert steigt (ca. pH 8). Dadurch nimmt die Gefahr gasförmiger Verluste zu, Maßnahmen zur verlustarmen Ausbringung sind daher noch wichtiger als bei Gülle. Biogasgärreste können in ähnlicher Höhe wie Gülle ausgebracht werden. Betriebe, die einen erheblichen Teil der Einsatzstoffe zukaufen, müssen Gärreste abgeben, um eine Überversorgung zu vermeiden und die durch die Düngeverordnung vorgegeben Grenzen bei der Nährstoffbilanzierung einhalten zu können.

2.2.3 Ermittlung und Anrechnung der Nährstoffgehalte in festen organischen Düngern

In festen organischen Düngern überwiegt der organisch gebundene Stickstoff, dementsprechend gering ist bei den meisten dieser Dünger die N-Wirkung im Anwendungsjahr. Während bei Stallmist 15 - 25 % unmittelbar von den Pflanzen nutzbar sind, liegt dieser Anteil bei Komposten nur bei durchschnittlich 5 % des Gesamtstickstoffgehaltes (siehe Anhang 7). Die restlichen N-Mengen gehen in den Bodenhumus ein.

Stallmist

Je nach Tierart, Einstreumenge, Haltungsform und Leistung kann bei ganzjähriger Stallhaltung mit dem in Anhang 6c aufgeführten Anfall gerechnet werden. Bei einer üblichen Stallmistgabe von 30 t/ha Rindermist mit ca. 150 kg Gesamtstickstoff kommen im ersten Jahr nur etwa 35 kg N zur Wirkung. In den Folgejahren reduziert sich die N-Freisetzung auf die für Humus bekannte Nachlieferungsrate von 1 - 3 %. Im Gegensatz zu Rindermist ist bei Geflügelmist mit einer schnelleren N-Verfügbarkeit zu rechnen, da der Stickstoff überwiegend in Form von Harnsäure vorliegt, die im Boden sehr schnell zu Harnstoff und weiter zu Ammonium und Nitrat umgesetzt wird.

Kompost

Je nach den verwendeten Ausgangsprodukten unterscheiden sich die Nährstoffgehalte deutlich. Durchschnittliche Gehalte sind in Anhang 7 enthalten. Derartige Angaben können nur als Anhaltspunkte dienen, auszugehen ist immer von den Untersuchungsergebnissen.

Die Höhe der Stickstoffwirkung im Anwendungsjahr liegt durchschnittlich bei 5 - 10 % des Gesamtstickstoffgehaltes und ist entscheidend vom Verrottungsgrad abhängig. Erst nach mehrjähriger Anwendung bzw. nach einigen Jahren ist mit einer nennenswerten Freisetzung an Stickstoff aus der Kompostdüngung zu rechnen.

Die mineralische N-Düngung kann dann um den entsprechenden Betrag gekürzt werden.

Unkompostierte Grünabfälle

Die Ausbringung unkompostierter Grünabfälle ist nach der Bioabfallverordnung, z. B. für Landschaftsmähgut, Gartenabfälle und Gehölzrückstände, unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Bei stickstoffarmem Material (Gehölzrückstände) kann es zu Beginn der Verrottung zu einer deutlichen Stickstofffestlegung kommen. Stickstoffreiche, leicht abbaubare Materialien (z. B. jüngeres Mähgut) geben jedoch bereits im ersten Jahr etwa 20 % des Stickstoffs frei. Der Rest ist wiederum als fest organisch gebunden zu betrachten.

Werden Grünabfälle kompostiert, ist grundsätzlich davon auszugehen, dass es zu Stickstoffverlusten kommt (Heißrottephase).

Bioabfälle

Abfälle tierischer und pflanzlicher Herkunft werden als Bioabfälle bezeichnet. Auch Komposte und Grünabfälle zählen dazu. Die landwirtschaftliche Verwertung ist in der Bioabfallverordnung geregelt, allerdings sind auch die Düngemittelverordnung und die Düngeverordnung zu beachten. Begrenzungen bestehen hinsichtlich Schadstoffgehalten, maximalen Ausbringungsmengen und der möglichen Nährstoffzufuhr, die durch die gute fachliche Praxis (Düngeverordnung) geregelt ist.

Weitere Bioabfälle

Eine landwirtschaftliche Verwertung ist auch für Abfälle aus der Tierkörperbeseitigung vorgesehen (z. B. Fleischknochenmehl). Diese Abfälle müssen gesondert behandelt sein (z. B. Erhitzung $> 135\text{ °C}$). Zu beachten ist hier speziell die relativ gute Stickstoffwirkung (leicht abbaubares Eiweiß) und der hohe Phosphat- und Kalziumgehalt.

Weitere Abfälle, die nicht durch die Bioabfallverordnung erfasst sind, können nach dem Abfallrecht (Einzelfallregelung) einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden. Jedoch muss dies jeweils beim zuständigen Landratsamt beantragt werden. Die Abschätzung der Nährstoffwirkung erfolgt durch das Amt für Landwirtschaft und Forsten.

Klärschlamm

Aufgrund seiner Herkunft enthält der Klärschlamm eine Fülle unerwünschter Stoffe, deren Wirkung auf Boden und Umwelt bisher nicht umfassend bekannt ist. Deshalb ist die landwirtschaftliche Verwertung kritisch zu beurteilen. Klärschlamm enthält allerdings auch wertvolle Pflanzennährstoffe und organische Substanz.

Rechtlich ist die Verwertung von Klärschlamm unter Berücksichtigung der Vorgaben der Klärschlammverordnung, der Düngemittelverordnung und der Düngeverordnung erlaubt.

Die rasche Stickstoffwirkung ist wie bei den anderen organischen Düngern im wesentlichen vom Ammoniumgehalt abhängig. Dieser ist bei flüssigem Klärschlamm am höchsten ($\geq 30\%$ vom Gesamt-N). Entwässerter Klärschlamm enthält nur wenig Ammonium-N (ca. 10 % des Gesamt-N). Der Gehalt an Ammonium-N und Gesamtstickstoff ist auf Grund der vorgeschriebenen Untersuchung bekannt. Bei höherem Ammoniumgehalt ist auch die Gefahr von gasförmigen Verlusten hoch. Nach der Düngeverordnung ist flüssiger Klärschlamm wie Gülle zu behandeln und z. B. auf unbestelltem Ackerland unverzüglich einzuarbeiten. Klärschlämme enthalten relativ viel Phosphat. Die Verfügbarkeit ist nur bei einer Fällung (Klärschlammbehandlung) mit eisenhaltigen Mitteln eingeschränkt. Weitere Informationen sind der LfL-Information „Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm“ zu entnehmen. In Internet unter: www.LfL.bayern.de/iab/duengung „Organische Düngung“.

3 Die Düngung von Dauergrünland

3.1 Vorbemerkung

Unter den heutigen ökonomischen Rahmenbedingungen ist die Grünlanddüngung meist nicht mehr auf Höchsterträge ausgerichtet, sondern darauf, einen standort- und nutzungsangepassten Ertrag zu erzielen, der zudem den Qualitätsansprüchen der jeweiligen Futtermittelhersteller gerecht wird.

Die im Dauergrünland vorkommenden Pflanzenarten bzw. Pflanzengesellschaften unterscheiden sich in ihrem Futterwert, haben unterschiedliche Ansprüche an den Standort und reagieren teilweise sehr unterschiedlich auf Düngung und Nutzung.

Generell gilt, dass mit zunehmender Düngungs- und Nutzungsintensität immer mehr Pflanzenarten aus dem Bestand verdrängt werden. Insbesondere wird durch zunehmende Stickstoffdüngung der Anteil an Leguminosen reduziert.

Die Gefahr, dass unerwünschte grobstängelige Kräuter, z. B. Ampferarten, Bärenklau und Wiesenkerbel zunehmen, steigt, wenn stark gedüngtes Grünland nicht häufig genug genutzt wird. Bei häufiger Nutzung, aber zu geringer Düngung nehmen die hochwertigen Gräser, z. B. Deutsches Weidelgras und Wiesenrispe ab und die so genannten Lückenbüßer, z. B. Spitzwegerich und Löwenzahn nehmen ihren Platz ein.

Eine fachgerecht durchgeführte Grünlanddüngung sichert nachhaltig den Ertrag und die Futterqualität. Ihre Kernpunkte sind:

- **die Anpassung von Düngung und Nutzungshäufigkeit an die Standortverhältnisse,**
- **die Abstimmung von Düngung und Nutzungshäufigkeit aufeinander.**

Dadurch stellt sich zwischen den Pflanzenarten im Bestand ein gewisses Gleichgewicht ein. Unerwünschte Bestandsentwicklungen, Nährstoffverarmung der Böden und Belastungen für den Naturhaushalt durch Überdüngung werden vermieden.

Grünland und Ackerland unterscheiden sich in wesentlichen Punkten:

- Auf dem Dauergrünland wird der Boden nicht be- und der Dünger nicht eingearbeitet.
- Grünland ist in der Regel eine Dauerkultur, die aus vielen Gräser-, Kräuter- und Leguminosenarten bestehen kann.
- Die ersten Zentimeter des Bodens sind auf dem Grünland wesentlich intensiver durchwurzelt als auf dem Ackerland. Hier, in der oberen Narbenschicht (0 - 10 cm), findet der Nährstoffumsatz hauptsächlich statt.
- Die Erträge, Nährstoffgehalte und Nährstoffentzüge streuen auf den Flächen des Grünlandes wesentlich stärker als auf Ackerflächen.

Über die wirtschaftseigenen Dünger - vor allem Gülle - erfolgt jährlich ein mehrmaliger Nährstoffrückfluss auf die Grasnarbe. Im Grünland-Futterbaubetrieb mit Rinderhaltung liegt ein fast geschlossener Nährstoffkreislauf vor. Über Milch und Fleisch verlassen - mit Ausnahme von Stickstoff - nur etwa 10 % der von den Tieren aufgenommenen Nährstoffmengen den Betrieb, 90 % verbleiben im innerbetrieblichen Kreislauf. Mit wachsendem Anteil des Grünlandes an der Gesamtbetriebsfläche sowie steigendem Viehbesatz und damit erhöhtem Nährstoffimport in den Betrieb, schließt sich der innerbetriebliche Nährstoffkreislauf immer mehr. Die wirtschaftseigenen Dünger decken häufig fast alleine den Nährstoffbedarf der Grasnarbe, sofern sie kontinuierlich und gleichmäßig verteilt auf die Flächen zurückgeführt werden.

3.2 Düngebedarfsermittlung für N, P₂O₅, K₂O und MgO

Für die Düngebedarfsermittlung werden aus Versuchen ermittelte Durchschnittswerte der Nährstoffabfuhr bei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten und Pflanzengesellschaften sowie mittlere anrechenbare Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern verwendet.

Die Ermittlung des Düngebedarfes von Wiesen, Weiden und Mähweiden umfasst vier Hauptpunkte mit Teilschritten, die in Tabelle 39 - unter Verweis auf entsprechende Faustzahlen (siehe jeweilige Tabellen) - zusammengefasst sind und nachfolgend näher erläutert werden. Ferner ist zur Veranschaulichung in Tabelle 44 ein Beispiel aufgeführt.

Tabelle 39: Prinzip der Düngebedarfsermittlung für Grünlandflächen *

Vorgehensweise		Nährstoff	
		N	P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO
1.1	Nährstoffabfuhr in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp	Tab. 40	
1.2	Berücksichtigung von ggf. ungünstigen Standortbedingungen, die den Ertrag und damit die Nährstoffabfuhr vermindern	Tab. 41	
1.3	Berücksichtigung von abweichenden Nutzungsarten der Fläche gegenüber der in Bayern vorherrschenden Hauptnutzungsrichtung (Silage)	Tab. 42	
=> 1	Netto-Nährstoffabfuhr (N, P₂O₅, K₂O, MgO)		
2.1	Berücksichtigung der standortabhängigen N-Lieferung	Tab. 43	X
=> 2	N-Düngebedarf		
3.1	Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenuntersuchung **	X	Tab. 50
=> 3	P₂O₅ -, K₂O- und MgO-Düngebedarf		
4.1	Berücksichtigung der mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten anrechenbaren Nährstoffmengen	Tab. 46, Tab. 47, Tab. 48, (Anhang 7)	
=> 4	Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung		

* Die Düngebedarfsermittlung von (Mäh-) Weiden erfolgt nach dem selben Prinzip wie Wiesen

** Standard-Bodenuntersuchung umfasst pH, P₂O₅ und K₂O;
Mg-Untersuchung nur sinnvoll, wenn magnesiumarmer Standort vermutet wird

Tabelle 40: Nährstoffabfuhr des Grünlandes in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp, Nettoerträge und Nettoabfuhr bei Silagenutzung mit max. 20 % Heuanteil

Anzahl der Nutzungen	Wiesentyp	TM-Ertrag (dt/ha)	Nährstoffabfuhr (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Bestände mit max. 3 möglichen Nutzungen	1 Streuwiesen	40	25	10	30	5
	1 sehr ertragsarme Standorte*	30	40	20	50	10
	1 ohne Angabe des Wiesentyps	40	50	25	60	10
	2 sehr ertragsarme Standorte*	50	70	30	110	10
	2 ohne Angabe des Wiesentyps	55	100	40	140	20
	3 obergrasreiche Wiesen allgemein	75	160	55	190	30
	3 typische Glatthaferwiesen	75	150	55	190	30
	3 Glatthaferwiesen in wechsellrockener Auenlage	70	135	45	160	25
	3 Berg-Goldhaferwiesen	70	165	55	170	30
	3 Wiesenfuchsschwanzwiesen	80	170	65	220	35
intensivierungsfähige Pflanzenbestände	3 Voralpine kräuterreiche Wiesen und Mähweiden	70	170	80	210	60
	3 Bestände mit hohem Anteil Weidelgras, Wiesenrispe **	85	180	85	260	40
	3 ohne Angabe des Wiesentyps	75	165	70	220	40
	4 Wiesenfuchsschwanzwiesen	85	215	75	240	35
	4 Voralpine kräuterreiche Wiesen und Mähweiden	80	235	90	270	65
	4 Bestände mit hohem Anteil Weidelgras, Wiesenrispe	100	265	100	310	45
	4 ohne Angabe des Wiesentyps	90	245	90	270	45
	5 Wiesenfuchsschwanzwiesen	100	285	90	300	45
	5 Voralpine kräuterreiche Wiesen und Mähweiden	90	300	105	310	70
	5 Bestände mit hohem Anteil Weidelgras, Wiesenrispe	110	320	110	375	50
5-6 Bestände mit hohem Anteil Weidelgras, Wiesenrispe***	120	350	120	400	60	
5 ohne Angabe des Wiesentyps	110	310	110	330	55	

* Trockenwiesen, flachgründige Standorte, bei fehlender oder nur geringer Düngung - z. B. trockene Glatthaferwiesen

** bei dreimaliger Nutzung Umwandlung in kräuterreiche Bestände, Weidelgraswiesen/-weiden werden in der Regel 4-6 mal genutzt

*** oft reich an Bastard Weidelgras

Ermittlung der Nettonährstoffabfuhr von der Fläche (Punkt 1 Tabelle 39)

zu Punkt 1.1

Zunächst ist nach den Angaben in Tabelle 40 die Nährstoffabfuhr zu ermitteln. Nach den Ergebnissen langjähriger regionaler Feldversuche in Bayern können sich Pflanzenbestände auch bei identischer Nutzungsintensität im Ertrag sowie in der Nährstoffzusammensetzung des Erntegutes deutlich voneinander unterscheiden. Deshalb ist es für eine möglichst genaue Erfassung der standortspezifischen mittleren Nährstoffabfuhr sinnvoll – sofern Kenntnis über die Art des Pflanzenbestandes besteht – neben der Nutzungsintensität (fett hervorgehoben in Tabelle 40) auch den Wiesentyp zu berücksichtigen. Ist eine Einteilung in Wiesentypen nicht möglich, muss nach der Düngeverordnung mindestens die angestrebte Nutzungsintensität berücksichtigt werden.

zu Punkt 1.2

Die Werte in Tabelle 40 gelten für die Fälle, in denen das Ertragspotenzial und damit die angestrebte Nutzungsintensität in der Regel ausgeschöpft werden können.

Im Einzelfall werden aber Ertrag und Nährstoffabfuhr durch folgende Einflüsse gemindert:

- größere Lücken im Pflanzenbestand,
- mindere Bestandesgüte durch hohe Anteile an Gemeiner Rispe und Güllekräuter wie Ampfer, Bärenklau und Wiesenkerbel,
- witterungsbedingte Mindererträge eines Schnittes, z. B. durch Trockenheit.

In Fällen mit vorhersehbar schlechteren Bedingungen im Nutzungsjahr, ist von den Werten der Tabelle 40 durch Multiplikation mit dem Faktor 0,85 (siehe Tabelle 41) ein Abschlag von 15 % vorzunehmen.

Tabelle 41: Korrekturfaktor für schlechte Bedingungen im Nutzungsjahr (anwendbar für Ertrag, N, P₂O₅, K₂O, MgO)

Grund für den Abschlag	Faktor
Lückigkeit > 25%	0,85
Anteil Gemeine Rispe, Unkräuter > 25%	
Trockenheit *	

* Lagen, in denen die angestrebten Erträge wegen Trockenheit nicht erreicht werden

zu Punkt 1.3

In Bayern herrscht Silagenutzung mit maximal 20 % Heuanteil vor. Weicht die jeweilige Nutzungsart stark davon ab, so sind in einem weiteren Teilschritt die Korrekturfaktoren der Tabelle 42 zu verwenden.

In Abhängigkeit von der Nutzungsart entstehen unterschiedlich hohe Werbungs- oder Trittsverluste. So sind die Bröckelverluste bei Grünnutzung ohne Anwelken des Erntegutes geringer als bei Silage- oder Heunutzung. Deshalb wird bei vorwiegender Grünnutzung eine um 5 % höhere Nährstoffabfuhr angesetzt.

Bei Mähweiden und Weiden verbleiben durch niedergetretene und/oder nicht abgefressene Pflanzen größere Nährstoffmengen auf der Fläche als bei Schnittnutzung und senken somit in der Regel den Nettoertrag und die Nährstoffabfuhr. Andererseits gelangen während des Weidens auch Nährstoffe über die Weidetiere direkt auf die Fläche zurück und stellen somit keine Abfuhr dar. Die je nach Nutzungsart unterschiedliche Nährstoffabfuhr wird zur Berechnung der Nettoabfuhr über entspre-

chend unterschiedliche Korrekturfaktoren berücksichtigt (Tabelle 42). Falls der Nettoertrag zusätzlich ermittelt werden soll, ist auch hier ein Wert ausgewiesen.

Tabelle 42: Korrekturfaktoren für die Nährstoffabfuhr und den Ertrag des Grünlandes in Abhängigkeit von Nutzungsart

Nutzungsart	Faktoren		
	N	P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO	Ertrag
Wiesennutzung			
Silage mit max. 20 % Heuanteil (Regelfall)		1	
vorwiegend Heu (Bodentrocknung)		0,95	
vorwiegend Grünnutzung (Eingrasen)		1,05	
Mähweiden und Weiden *			
Mähweiden mit vorwiegender Schnittnutzung	0,90	0,85	0,95
bei Schnitt- und Weidenutzung 50 % : 50 %	0,75	0,60	0,90
Weiden; Mähweiden mit vorwiegender Weidenutzung	0,60	0,40	0,80

* Trittsverluste und Nährstoffrücklieferung bei Mähweiden und Weiden sind hier bereits enthalten

Ermittlung des N-Düngebedarfs (Punkt 2 Tabelle 39)

Die Höhe des gesamten N-Düngebedarfs über Wirtschaftsdünger und/oder Mineraldünger erhält man, indem man von der ermittelten N-Nettoabfuhr (siehe Punkt 1, Tabelle 39) die standortabhängige N-Nachlieferung abzieht.

zu Punkt 2.1

Die bei der Düngebedarfsermittlung anzurechnende standortabhängige N-Nachlieferung ergibt sich nach Tabelle 43 hauptsächlich aus der Höhe des Kleeanteils im Aufwuchs, da über Leguminosen durch die Symbiose (Lebensgemeinschaft) mit an deren Wurzeln lebenden Knöllchenbakterien dem Grünlandbestand Luftstickstoff zur Verfügung gestellt wird. Mindestens anzusetzen sind 30 kg N/ha und Jahr. Dabei wird ein durchschnittlicher Kleeanteil von unter 10 % unterstellt, was erfahrungsgemäß für viele intensiv genutzte und regelmäßig gedüngte (obergrasreiche) Grünlandflächen zutrifft.

Einen – langjährig – wesentlich höheren Kleeanteil haben häufig extensiv bewirtschaftete Flächen mit Stallmistdüngung, aber geringen Jauche- und Güllegaben, sowie Flächen, die gut mit PK versorgt sind und nicht zusätzlich mit mineralischem Stickstoff gedüngt werden. Auch nach Neuansaat bzw. Nachsaaten mit Saatgutmischungen, die in der Regel Klee als Mischungspartner zu Gräsern enthalten, können sich höhere Kleeanteile im Bestand über mehrere Jahre etablieren.

Auf derselben Fläche kann der Kleebesatz sowohl zwischen einzelnen Jahren als auch innerhalb eines Jahres stark schwanken. Deshalb wird empfohlen, eine standortabhängige N-Nachlieferung von 50 bzw. 80 kg N/ha (siehe Tabelle 43) nur dann zu verwenden, wenn die betreffende Fläche tatsächlich über mehrere Jahre sehr kleeereich ist.

Auf Flächen mit sehr hohen Humusgehalten ist auch die standortabhängige N-Nachlieferung erhöht. Viele Grünlandpflanzen neigen bei einem hohen N-Angebot zu Luxuskonsum. Dadurch können die

Rohproteingehalte im Futter so stark ansteigen, dass die Rationsgestaltung erschwert und die Tiergesundheit beeinträchtigt werden kann.

Nach Tabelle 43 sind bei sehr stark humosen Standorten 50 kg N/ha und bei anmoorigen Böden/Moorböden 80 kg N/ha als gesamte N-Nachlieferung anzusetzen. Mehr als 80 kg N/ha Nachlieferung aus dem Abbau der Huminstoffe zu unterstellen, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass langfristig die N-Abfuhr mit dem Erntegut größer als die N-Zufuhr mit der Düngung und für den Aufbau von Huminstoffen nicht genügend Stickstoff verfügbar ist. Dadurch würden die Humusgehalte nicht stabil bleiben, sondern unerwünscht absinken.

Tabelle 43: Standortabhängige N-Nachlieferung

Standortfaktoren	kg N/ha
Böden mit weniger als 8 % Humus *	
- Kleeanteil < 10 % (Regelfall)	30
- Kleeanteil 10 - 20 % (langjähriges Mittel)	50
- Kleeanteil > 20 % (langjähriges Mittel)	80
sehr stark humose Böden mit 8 - 15 % Humus	50
anmoorige Böden, Moorböden mit mehr als 15 % Humus **	80

* bzw. weniger als 0,5 % Gesamt-N im Boden (0 - 10 cm)

** mehr als 0,9 % Gesamt N

Hinweise

N-Einträge aus der Luft durch Niederschläge und Deposition sowie N-Austräge durch Denitrifikation oder Sickerwasser, gehen in die Berechnung der N-Nachlieferung des Standortes nicht ein. Vereinfachend, aber für eine praktische Düngeermittlung hinreichend genau, wird angenommen, dass sich diese Prozesse in ihrer Summenwirkung ausgleichen.

Im Gegensatz zum Ackerbau ist die Untersuchung des Gehalts an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) für die Düngung des Grünlandes keine geeignete Bemessungsgrundlage, da dieser kurzfristig in weiten Bereichen schwankt und zudem keine Aussagen über das Ertragsverhalten der einzelnen Ernten bzw. Nutzungen im Jahresverlauf zulässt.

Ermittlung des P_2O_5 -, K_2O - und MgO -Düngebedarfs (Punkt 3 Tabelle 39)

Im Gegensatz zum (mineralisierten) Stickstoff ist es für die Nährstoffe P_2O_5 , K_2O und MgO fachlich sinnvoll, eine Bodenuntersuchung durchzuführen und das Ergebnis in die Düngebedarfsermittlung mit einzubeziehen (siehe auch Kapitel 1.1 und 3.4.1).

zu Punkt 3.1

Um den Düngebedarf für die Nährstoffe P_2O_5 , K_2O und MgO zu bestimmen, müssen in Abhängigkeit vom Ergebnis der Bodenuntersuchung ggf. Zu- und Abschläge zur Nettonährstoffabfuhr gemacht werden (siehe Tabelle 50). Detaillierte Informationen zur P_2O_5 -, K_2O - und MgO -Düngung sind im Kapitel 3.4.1 aufgeführt.

Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung (Punkt 4 Tabelle 39)

Die Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung ergibt sich, indem vom Düngebedarf (siehe Tabelle 39: bei N Punkt 2; bei P_2O_5 , K_2O und MgO Punkt 3) die mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten anrechenbaren Nährstoffmengen abgezogen werden.

zu Punkt 4.1

Die mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten Nährstoffmengen können mit Hilfe von Tabelle 46 ermittelt werden. Dazu wird die ausgebrachte Menge (m^3 bzw. t/ha) mit den entsprechenden Nährstoffgehalten aus Tabelle 46 multipliziert. Der Ausnutzungsgrad der ausgebrachten Nährstoffmengen wird durch die Art des Nährstoffs und des Wirtschaftsdüngers, durch den TS-Gehalt der Gülle und durch die Dauer der Anwendung beeinflusst. Deshalb müssen die berechneten ausgebrachten Nährstoffmengen noch mit den jeweiligen Ausnutzungsgraden (siehe Tabelle 47) multipliziert werden.

Für den Fall, dass in den letzten 5 - 10 Jahren Gülle oder Stallmist ausgebracht wurde, aber im Anwendungsjahr selbst kein Wirtschaftsdünger ausgebracht wird, sind die Werte aus Tabelle 48 heranzuziehen. Detaillierte Informationen zum Einsatz von Wirtschaftsdüngern können dem Kapitel 3.3 entnommen werden.

Zur Veranschaulichung der beschriebenen Düngebedarfsermittlung ist in der Tabelle 44 ein Beispiel für die Düngebedarfsermittlung einer 5-schnittigen Mähweide dargestellt. Tabelle 45 enthält eine Kopiervorlage für eigene Berechnungen.

Tabelle 44: Beispiel: Ermittlung des Düngedarfs einer weidelgrasreichen Mähweide mit 4 Nutzungen (3 Schnitte mit Silagenutzung und eine Weidenutzung); Pflanzenbestand ohne Mängel bzw. keine ungünstigen Standortbedingungen; Gehaltsklasse bei P, K, Mg (C, D, D); Grünlandbetrieb, regelmäßige Gülledüngung der Fläche, geplante Gülledüngung 3 x 20 m³/ha (ca. 6 % TS)

Vorgehensweise		Beispielfläche	Werte aus	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)
1.1	Nährstoffabfuhr in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp	weidelgrasreicher Bestand; 4 Nutzungen	Tab. 40	265	100	310	45
1.2	Berücksichtigung von ggf. ungünstigen Standortbedingungen, die den Ertrag und damit die Nährstoffabfuhr vermindern	keine ungünstigen Standortbedingungen	Tab. 41	-	-	-	-
1.3	Berücksichtigung von abweichenden Nutzungsarten gegenüber der in Bayern vorherrschenden Hauptnutzungsrichtung (Silage)	Mähweide mit vorwiegender Schnittnutzung *	Tab. 42	265x0,90	100x0,85	310x0,85	45x0,85
=> 1	Netto-Nährstoffabfuhr (N, P₂O₅, K₂O, MgO)	-		= 239	= 85	= 264	= 38
2.1	Berücksichtigung der standortabhängigen N-Lieferung	Kleeanteil < 10 %	Tab. 43	-30			
=> 2	N-Düngedarf	-		= 209			
3.1	Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenuntersuchung	P, K, Mg (C, D, D);	Tab. 50		C => Abfuhr	D => 1/2 Abfuhr	D => 0
=> 3	P₂O₅-, K₂O- und MgO-Düngedarf	-			= 85	= 132	= 0
4.1	Berücksichtigung der mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten anrechenbaren Nährstoffmengen	Gülledüngung 3 x 20 m ³ /ha (6 % TS) **	Tab. 46 Tab. 47	-135	-72	-276	-48
=> 4	Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung	-		= 74	13	0	0

* => Faktor 0,9 bei N; Faktor 0,85 bei P₂O₅, K₂O und MgO

** Ermittlung der anrechenbaren Nährstoffmengen: 3 x 20 m³/ha x 3,0 kg N/m³ x 0,75 = 135 kg N/ha; 60 m³/ha x 1,2 kg P₂O₅/m³ x 1,0 = 72 kg P₂O₅/ha;
60 m³/ha x 4,6 kg K₂O/m³ x 1,0 = 276 kg K₂O/ha; 60 m³/ha x 0,8 kg MgO/m³ x 1,0 = 48 kg MgO/ha

Tabelle 45: (Kopiervorlage)

Betrieb, Ort:

Fläche (Name, Größe):

Vorgehensweise		Betriebsfläche	Werte aus	N* (kg/ha)	P ₂ O ₅ * (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)
1.1	Nährstoffabfuhr in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp		Tab. 40				
1.2	Berücksichtigung von ggf. ungünstigen Standortbedingungen, die den Ertrag und damit die Nährstoffabfuhr vermindern		Tab. 41				
1.3	Berücksichtigung von abweichenden Nutzungsarten gegenüber der in Bayern vorherrschenden Hauptnutzungsrichtung (Silage)		Tab. 42				
=> 1	Netto-Nährstoffabfuhr (N, P₂O₅, K₂O, MgO)	-					
2.1	Berücksichtigung der standortabhängigen N-Lieferung		Tab. 43				
=> 2	N-Düngebedarf	-					
3.1	Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenuntersuchung		Tab. 50				
=> 3	P₂O₅-, K₂O- und MgO-Düngebedarf	-					
4.1	Berücksichtigung der mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten anrechenbaren Nährstoffmengen		Tab. 46, 47, 48, (Anhang 7)				
=> 4	Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung	-					

* Ermittlung des Düngebedarfs für Stickstoff und Phosphat in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität nach Düngeverordnung vorgeschrieben

3.3 Einsatz von Wirtschaftsdüngern

3.3.1 Nährstoffgehalte

Die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Diese umfassen u. a. Art, Alter und Leistungsniveau der Tiere, das aktuelle Fütterungsmanagement und die Aufstallungsform. Die Nährstoffgehalte schwanken teilweise innerhalb eines Jahres sehr stark. Deshalb ist ein aussagekräftiger Wert anhand von punktuell erhobenen Einzelproben problematisch und es macht aus fachlicher Sicht wenig Sinn, anhand eines einzigen Analyseergebnisses einen Düngeplan aufzustellen. Empfohlen wird, die in der Tabelle 46 dargestellten Faustzahlen zu verwenden. Detailliertere Zahlen für alle Tierarten sind in der Anhangstabelle 7 dargestellt.

Tabelle 46: Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern (Milchvieh) ab Lager, d. h. nach Abzug der gasförmigen N-Verluste im Stall und bei der Lagerung

Wirtschaftsdünger	TS (%)	Nährstoffgehalt in kg/m ³ bzw. t			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Gülle im Grünlandbetrieb	7,5	3,8	1,5	5,8	1,0
	6	3,0	1,2	4,6	0,8
	5	2,5	1,0	3,9	0,7
Gülle im Gemischtbetrieb (Acker, Grünland) mit Silomais	10	4,7	1,9	6,7	1,3
	7,5	3,5	1,4	5,0	1,0
	6	2,8	1,1	4,0	0,8
	5	2,3	0,9	3,3	0,7
Jauche	2,5	3,2	0	7,9	0,2
Stallmist	25	5,0	4,3	6,9	2,0
Tiefstallmist	25	5,2	2,7	10,0	2,2

3.3.2 Wirkung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern

Die Wirkung der in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen Nährstoffe wird in der Regel mit derjenigen von Mineraldüngern verglichen. Dieser Wirkungsgrad („Mineraldüngeräquivalent“), wird üblicherweise in Prozent angegeben. In der Tabelle 47 sind die Wirkungsgrade für die einzelnen Nährstoffe dargestellt.

Tabelle 47: Wirkungsgrade (%) vom Gesamt-N für die mit Wirtschaftsdüngern ausgebrachten Nährstoffe

Wirtschaftsdünger	Wirkungsgrade für die Nährstoffe				
	N bei einer Anwendung		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
	über 5 Jahre	bis 5 Jahre *			
Gülle (TS > 7,5 %)	70 %	45 %	100 %		
Gülle (6 - 7,5 % TS)	75 %	50 %			
Gülle (< 6 % TS); bei viel Wasserzusatz	80 %	55 %			
Jauche	85 %	85 %			
Stallmist	35 - 55 % **	15 %			

* Auf Flächen, die bislang keine regelmäßige organische Düngung erhalten haben, sollte in den ersten fünf Jahren nur der schnell wirksame verfügbare N angerechnet werden.

** Für Stallmist gilt die niedrigere Zahl bei einer 5 bis 10-jährigen Anwendung, die höhere bei einer Anwendung über 10 Jahren.

Phosphat und Kaliwirkung

Die in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen Phosphat- und Kalimengen bringen langfristig die gleiche Wirkung, wie die entsprechenden Nährstoffe in Mineraldüngern.

Stickstoffwirkung

Der Wirkungsgrad für Stickstoff ist in erster Linie von der Art des Wirtschaftsdüngers und der Anwendungsdauer auf der jeweiligen Fläche abhängig. Dies liegt daran, dass der Gesamtstickstoff in zwei unterschiedlichen Fraktionen vorliegt. Zum Einen als Ammonium-N (NH₄-N), d. h. in mineralisierter, schnell verfügbarer Form. Zum Anderen liegt der Stickstoff in Wirtschaftsdüngern in organisch gebundener Form vor. Dieser wird erst nach einem biologischen Abbau der organischen Substanz freigesetzt (Mineralisation) und pflanzenverfügbar. Bei langjährig organisch gedüngten Flächen ist daher mit einer N-Anreicherung im Boden und ansteigender N-Nachlieferung durch Mineralisation zu rechnen.

Unmittelbar im Düngjahr wirksam wird vor allem der Ammonium-N sowie ein gewisser Teil an schnell umsetzbarem organischen Stickstoff. Rechnet man jedoch längerfristig in einer Kreislaufwirtschaft, in der fortlaufend Wirtschaftsdünger auf dieselbe Fläche gelangen, kommt der Anteil des organisch gebundenen Stickstoffs immer mehr zum Tragen. Die Gesamtwirksamkeit von Stickstoff liegt im Vergleich zu Mineraldünger gerade bei Gülle (70 % - 80 %) und Jauche (85 %) recht hoch, erreicht aber im Gegensatz zu Phosphat und Kali v.a. aufgrund gasförmiger Verluste keine 100 Prozent. Für Stallmist ist auch bei langjähriger Anwendung im Vergleich zur mineralischen Düngung die N-Wirksamkeit deutlich niedriger (35 - 55 %), da nur ein geringer Teil des Stickstoffs in unmittelbar pflanzenverfügbarer Form (NH₄-N) vorliegt und der organisch gebundene Anteil nur in geringen Raten aus dem Bodenvorrat nachgeliefert wird (1 - 3 % pro Jahr). Betrachtet man das Gesamtsystem Mist und Jauche, ist die Wirkung deutlich höher.

Grünlandflächen, die über viele Jahre hinweg mit Wirtschaftsdüngern gedüngt wurden, sind in der Lage, Stickstoff durch Mineralisation über den Boden nachzuliefern, auch wenn einige Jahre da-

nach kein Dünger mehr ausgebracht wird. Aus diesem Grunde ist es aus fachlicher Sicht sinnvoll, dies auch (siehe Tabelle 48) bei der Düngebedarfsermittlung zu berücksichtigen.

Tabelle 48: Anrechnung von Stickstoff auf Flächen, bei denen bisher regelmäßig Gülle oder Stallmist ausgebracht wurde, bei denen aber im Anwendungsjahr selbst kein Wirtschaftsdünger ausgebracht wird

N-Anrechnung (kg N/ha) in Abhängigkeit von der Höhe des Wirtschaftsdüngereinsatzes entsprechend einer N- Ausscheidung von		
bis 1 GV/ha	> 1 GV/ha	
	letzte Ausbringung erfolgte vor	
	1 bis 5 Jahren	über 5 Jahren
0	30	0

3.3.3 Aspekte zur Düngung mit Jauche und Stallmist

Jauche, ein Gemisch aus Harn, Stallmistsickersaft und Wasser, ist ein schnell wirksamer Stickstoff- und Kalidünger. Sie enthält im Gegensatz zu Stallmist oder Gülle keine nennenswerten Anteile an Phosphat, Kalk und Spurenelementen. Jauche sollte wegen ihres hohen Stickstoff- und Kaligehaltes unverdünnt nur in kleineren Gaben von 10 - 15 m³/ha und nicht während Trockenperioden ausgebracht werden. Kleereiche Bestände sollten nur eine stark mit Wasser verdünnte Jauche erhalten, damit der Kleeanteil nicht zurückgedrängt wird.

Stallmist besteht vorrangig aus Kot und unterschiedlichen Mengen an Einstreu. Je nach Einstreumenge und Haltungsverfahren, können die Nährstoffgehalte in weiten Bereichen schwanken. Bei Tretmist oder bei Mist aus Tieflaufställen, ist die Strohzugabe zwar höher als im Anbindestall, jedoch wird der Kot gemeinsam mit dem anfallenden Harn im Stall bereits stark gemischt und mit dem Stroh gebunden. Tretmist bzw. Tieflaufstallmist ist deshalb sehr kalireich.

Da der enthaltene Gesamtstickstoff überwiegend (meist über 80 %) in organisch gebundener Form vorliegt, kann der kurzfristige N-Bedarf eines Grünlandbestandes über Stallmist nicht abgedeckt werden, gerade wenn die Fläche bisher keine regelmäßigen Mistgaben erhalten hat. Bei kleereichen, extensiv genutzten Grünlandbeständen mit 2 - 3 Nutzungen, stellt Stallmist jedoch eine langsam fließende N-Quelle dar, die im Gegensatz zu einem hohen Mineraldünger-, Jauche- oder Gülleeinsatz die Leguminosen nicht zurückdrängt.

Bei Zwei- oder Dreischnittwiesen (Bestände mit Glatthafer, Goldhafer, Wiesenschwingel und Rotschwingel) liegt die empfohlene Jahresmenge bei ca. 10 - 12 t/ha, die praktischerweise auf Gaben von ca. 20 t/ha in 2 Jahren zusammengefasst wird. Im Intensivgrünland mit 4 - 5 Nutzungen können jährlich 15 t/ha bis max. 20 t/ha Stallmist eingesetzt werden. Eine Ausbringung im Herbst ist der Frühjahrsausbringung vorzuziehen.

Die Herbstausbringung empfiehlt sich insbesondere auf Weiden, um die Infektionskette mit Parasiten niedrig zu halten.

Stallmist sollte auf Grünland möglichst nur in gut abgelagertem Zustand (Rottemist) und fein verteilt ausgebracht werden, insbesondere wenn er im Frühjahr oder nach einer Nutzung in der Vegetationsperiode eingesetzt wird. Strohrefcher, kaum abgelagerter Mist (strohrefcher Pferdemit) sollte nicht auf Grünland, sondern im Acker zum Einsatz kommen.

3.3.4 Aspekte eines optimalen Gülleinsatzes

Gülleinsatz in Abhängigkeit vom TS-Gehalt

Es fallen in Abhängigkeit vom Gehalt an Trockensubstanz (TS) und der Milchleistung bei ganzjähriger Stallhaltung die im Anhang 6b genannten Güllemengen an. Diese steigen stark an, wenn neben den Ausscheidungen der Tiere zusätzlich Wasser (z. B. Stallwaschwasser, Regenwasser, Hausabwasser) in die Güllegrube fließt. Mit abnehmendem TS-Gehalt ergibt sich eine bessere Ausnutzung des Gesamt-N (weniger gasförmige N-Verluste, bessere Aufnahme durch die Grasnarbe) sowie eine geringere Gefahr der Futtermittelverschmutzung. Andererseits erhöht sich die erforderliche Lagerkapazität. Der durchschnittliche TS-Gehalt der Gülle aus Milchviehbetrieben liegt in Bayern überwiegend im Bereich zwischen 6 % und 7,5 % TS, schwankt im Einzelfall jedoch stark. Da der Landwirt in der Regel keine genaue Kenntnis des TS-Gehaltes seiner Gülle hat und dieser zudem auch innerhalb eines Jahres stark schwankt, wird empfohlen, bei reinen Grünlandbetrieben von 6,0 % TS und bei Grünland-Silomaisbetrieben von 7,5 % TS auszugehen (siehe Tabelle 46, fett gedruckte Zahlen). Unverdünnte, dicke Gülle von ca. 10 % TS sollte auf 7,5 bis 5 % TS verdünnt werden.

Gülleinsatz in Abhängigkeit von Grünlandtyp und Nutzungshäufigkeit

Wie in Kapitel 3.2 erläutert, entziehen die Pflanzenbestände des Dauergrünlandes in Abhängigkeit von der Düngungs- und Nutzungsintensität sehr unterschiedliche Nährstoffmengen. Die verwertbare Nährstoffmenge aus Gülle hängt dabei von der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes ab. Mit steigender Verwertbarkeit kann auch die Einzelgabe erhöht werden (siehe Tabelle 49).

Tabelle 49: Zu empfehlende Güllemengen für wichtige Wiesentypen (Pflanzengesellschaften) des Dauergrünlandes, in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität

Wiesentyp (Pflanzengesellschaft)	Nutzungshäufigkeit pro Jahr	jährl. Anzahl der Gaben	m ³ /ha je Gabe	m ³ /ha und Jahr
Extensivwiese	2	0 - 1 *	0 - 15	0 - 15
typische Glatthaferwiese	3	1 - 2	15 - 20	15 - 40
Wiesenfuchsschwanzwiese	3 - 4	2 - 3	15 - 20	40 - 60
Mähweide	4 - 5	2 - 3	20 - 25 **	40 - 75 **
Weidelgrasweide, -wiese	5	3 - 4 (5 **)	20 - 30 **	75 - 90 **

* Keine jährlichen Güllegaben bei kleereichen natürlichen Dauer-Extensivwiesen, um Bestandsveränderungen zu vermeiden

** Gülle unter 6 % TS verwenden

Stickstoffüberschuss fördert die Verunkrautung mit den Tiefwurzlern wie Ampferarten, Bärenklau und Wiesenkerbel. Da Gülle einen relativ großen Anteil an schnell wirksamen Stickstoff besitzt, ist besonders auf die Mengenebemessung zu achten. Außerdem steigt bei sehr hohen Güllegaben die Gefahr, dass die Kaligehalte im Futter zu hohe Werte annehmen. Extensive Ein- bis Zweischnittwiesen sollten nicht regelmäßig, sondern nur jedes zweite bis dritte Jahr Gülle erhalten, insbesondere wenn sie einen höheren Kleebesatz aufweisen. Ein regelmäßiger Gülleinsatz – vor allem im Frühjahr – „treibt“ diese Bestände, verdrängt den Klee und lässt die Futterqualität sinken, bzw. erfordert einen zusätzlichen Schnitt. Eine höhere Nutzungsfrequenz wiederum kann solche extensiven Pflanzenbestände verändern.

Pflanzenbaulich und bezüglich des Umweltschutzes wichtige Aspekte

Die Gülle ist bei sachgemäßer Anwendung ein wertvoller Mehrnährstoffdünger mit Mengen- und Spurenelementen. Um die Nährstoffwirkung optimal auszuschöpfen und um Umweltbelastungen zu vermeiden, soll Gülle nur während (bzw. kurz vor) der Vegetationsperiode vom Frühjahr bis zum Herbst gleichmäßig auf Grünland ausgebracht werden. Um das Grundwasser vor Nitrateintrag zu schützen, darf weder bei der Einzelgabe, noch bei der jährlichen Gesamtmenge der pflanzenspezifische Nährstoffbedarf überschritten werden. Bei optimalem Gülleinsatz ist die Nitratkonzentration im Sickerwasser unter Dauergrünland als gering einzustufen. Mit einer Nitratverlagerung ist insbesondere dann zu rechnen, wenn Gülle oder Jauche während der Vegetationsruhe ausgebracht wird. Aus diesem Grunde werden durch die Düngeverordnung (§ 4) für Gülle (und andere Düngemittel mit wesentlichen Gehalten an Stickstoff, ausgenommen Stallmist) Sperrfristen in den Wintermonaten ausgewiesen.

Um den N-Wirkungsgrad zu erhöhen und die Atmosphäre vor unnötiger Ammoniakbelastung zu schützen, soll Gülle nur bei kühler Witterung, bedecktem Himmel, hoher relativer Luftfeuchte und wenig Wind ausgebracht werden. Der beste Zeitpunkt der Gülleausbringung ist unmittelbar nach einer Nutzung. Kann die Ausbringung nicht auf kurze Bestände erfolgen, verringern Schleppschläuche, Schleppschuhe und Verfahren flacher Gülleinjektion (Schlitzverfahren) die Gefahr zunehmender Futtermittelverschmutzung, wenn die Gülle durch die wieder ausgetriebene Grasnarbe hindurch auf den Boden abgelegt wird. In diesem Fall kann auch durch den wieder ausgetriebenen Pflanzenbestand mit einem Beschattungseffekt und dadurch mit einer verminderten Abgasung gerechnet werden.

Technik und Gülleinsatz

Voraussetzung für eine fachgerechte Güllendüngung sind folgende Mindestansprüche an die Technik:

- Dosierbarkeit der Ausbringmenge,
- Gewährleistung einer exakten Längs- und Querverteilung, wobei die Verteilgenauigkeit nicht mehr als 10 % vom Sollwert abweichen sollte,
- möglichst bodennahe, großtropfige Ausbringung (weniger Ammoniakverluste).

3.4 Nährstoffversorgung und Düngung

3.4.1 Phosphat, Kali und Magnesium

Die in der Bodenuntersuchung (siehe Kapitel 1.1) festgestellten Nährstoffgehalte (mg/100g Boden) für Phosphat, Kali und Magnesium können den verschiedenen Gehaltsklassen A, B, C, D und E zugeordnet werden (Tabelle 50).

Die Einteilung der Gehaltsklassen wurde aus Düngeversuchen abgeleitet. Die Gehaltsstufe C (anzustreben) ist ausreichend, um das Ertragspotential eines Standortes auszuschöpfen. Sie ist so bemessen, dass auch unter ungünstigen Standortbedingungen die Pflanzen noch ausreichend mit den entsprechenden Nährstoffen versorgt werden. Bei Gehaltsstufe C entspricht der Düngebedarf der Nährstoffabfuhr. Durch diese bilanzierende Betrachtung, wird eine Abnahme oder Anreicherung der Bodengehalte vermieden.

Böden, die den Gehaltsklassen A und B zugeordnet werden können, sind i. d. R. nicht ausreichend mit pflanzenverfügbaren Nährstoffmengen versorgt. Die Düngeempfehlung liegt deshalb über der Nährstoffabfuhr. Die entsprechenden Zuschläge in Abhängigkeit von Gehaltsklasse und Nährstoff

sind in Tabelle 50 aufgeführt. Die gegenüber der Nährstoffabfuhr erhöhte empfohlene Düngermenge, soll den Nährstoffbedarf der Pflanzen auch bei geringen pflanzenverfügbaren Bodenvorräten sichern und zu deren Anhebung beitragen.

Böden, die den Gehaltsklassen D oder E zugeordnet werden können, sind hoch bzw. sehr hoch mit den jeweiligen Nährstoffen versorgt, d. h. es sind größere pflanzenverfügbare Nährstoffmengen im Boden enthalten, als zur Erzielung optimaler Erträge notwendig wären. Der Düngebedarf liegt hier je nach Gehaltsklasse und Nährstoff zwischen Null und der halben Nährstoffabfuhr. Ziel ist es langfristig, die anzustrebende Gehaltsstufe C zu erreichen.

Tabelle 50: Gehaltsklassen und Düngebedarf für Phosphat, Kali und Magnesium auf Grünland

Bezugsbasis für Nährstoff	Düngebedarf (kg/ha) bei Gehaltsklasse				
	A sehr niedrig < 5 *	B niedrig 5 - 9 *	C anzustreben 10 - 20 *	D hoch 21 - 30 *	E sehr hoch > 30 *
P₂O₅	Abfuhr + 30		Abfuhr	½ Abfuhr	keine Düngung
K₂O	Abfuhr + 45		Abfuhr	½ Abfuhr	
Mg / MgO	Abf. + 60 (MgO)	Abf. + 30 (MgO)	Abfuhr	keine Düngung	

* Nährstoffgehalte Boden in mg/100g Boden

Beachte: Bezugsbasis für Phosphat ist P₂O₅ (CAL) und für Kali K₂O (CAL); für Mg bei der Bodenuntersuchung die Elementform (Mg im CaCl₂-Extrakt), bei der Düngung jedoch MgO

Hinweise

Allerdings sagen die Ergebnisse der Bodenuntersuchung nicht alles über die tatsächliche Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe aus. Daher kann in Fällen, in denen der ausgewiesene Nährstoffgehalt langfristig ohne abnehmende Tendenz im oberen Bereich der Gehaltsklasse B (8 - 9 mg/100 g Boden) liegt und ein gleichmäßig über das Jahr verteilter Nährstoffrückfluss in Höhe der Nährstoffabfuhr gesichert ist, erwogen werden, auf Zuschläge zu verzichten. In diesem Fall ist es angeraten, die Bodenuntersuchung in einem engeren Abstand als 6 Jahre durchzuführen, um rechtzeitig einem ggf. abnehmenden Trend entgegenwirken zu können.

Eine überhöhte Nährstoffversorgung an Phosphat trägt nicht zu einer Verbesserung der P-Gehalte im Futter bei. Diese werden – sofern keine niedrige P-Versorgung des Bodens vorliegt – ausschließlich von der rechtzeitigen Nutzung und dem Pflanzenbestand beeinflusst.

Im Falle des Kaliums führt eine überhöhte Nährstoffversorgung zu Luxuskonsum der Grünlandpflanzen, insbesondere bei kräuter- und weidelgrasreichen Pflanzenbeständen. Ein sehr hohes Kaliangebot behindert zudem die Aufnahme von Magnesium und Natrium in die Pflanzen. Als Folge einer unausgewogenen Mineralstoffversorgung können sich negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit ergeben. Um diesem entgegenzuwirken, sind einzelne Kaligaben auf maximal 100 - 150 kg K₂O zu beschränken.

Weichen die Bodenuntersuchungsergebnisse, trotz „richtiger“ Düngung, langjährig stark von der optimalen Gehaltsklasse ab, sind die Ursachen bei den Bodeneigenschaften zu suchen:

In Moorböden wird weniger Phosphat als in Mineralböden gebunden. Kalireich sind häufig Böden aus saurem Urgestein, z. B. aus Granit, sowie Ton- und Lehm Böden. Sandböden sind meist kaliarm. Dolomitreiche (CaCO₃ x MgCO₃) Böden des Voralpenlandes sind oft hoch mit Magnesium versorgt, während die leichten und sorptionsschwachen Sandböden schlecht versorgt sind.

3.4.2 pH-Wert und Kalkversorgung

Die Kalkversorgung bzw. der Säuregrad (pH-Wert) beeinflusst maßgeblich die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe im Boden. Kalzium ist zudem ein wichtiges Bau- und Funktionselement der Pflanzen. Je nach Ertragspotenzial und botanischer Zusammensetzung des Grünlandes, schwankt der Kalziumentzug zwischen 60 und 150 kg CaO/ha und Jahr. Der obere Wert wird dabei von ertragsreichen Grünlandbeständen mit hohem Klee- und Kräuteranteil erreicht. Bei grasbetonten Intensivbeständen kann mit einem mittleren Entzug von 100 - 120 kg CaO/ha und Jahr gerechnet werden.

Gradmesser für den Kalkbedarf ist der pH-Wert des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenart. Die anzustrebenden pH-Werte (Tabelle 51) liegen für Grünland deutlich unter den für Ackerland gültigen Werten. Hierfür spricht eine Reihe von Gründen. Auf Grünland ist die bodenstrukturfördernde Wirkung des Kalkes weitestgehend entbehrlich, da die Bodenbearbeitung entfällt und der Boden einen höheren Humusgehalt und eine größere biologische Aktivität aufweist. Zudem bevorzugen die wertvollen Gräserarten des Dauergrünlandes eine schwach saure Bodenreaktion.

Tabelle 51: Anzustrebende pH-Bereiche für Grünlandböden mit maximal 15 % Humus, Düngebedarf für die Erhaltungskalkung und einmalige Höchstgabe der Gesundungskalkung

Bodenart	anzustrebender pH-Bereich (Gehaltsklasse C)	Erhaltungskalkung * (in Gehaltsklasse C) (dt CaO/ha)	Gesundungskalkung ** (in Gehaltsklasse A/B) (dt CaO/ha)
Sand	4,7 - 5,0	4	15
schwach lehmiger Sand	5,2 - 5,5	5	15
stark lehmiger Sand	5,4 - 5,7	6	20
sandiger Lehm schluffiger Lehm	5,6 - 5,9	7	25
toniger Lehm lehmiger Ton Ton	5,7 - 6,1	8	30

* Erhaltungskalkung alle 4 Jahre in angegebener Höhe

** einmalige Höchstgabe, höhere Gaben sind aufzuteilen

Liegen die in der Bodenuntersuchung festgestellten pH-Werte niedriger als die unteren Werte des anzustrebenden pH-Bereiches (Gehaltsklasse C), so ist eine Gesundungskalkung angebracht. Befinden sie sich im angegebenen Bereich, sollte eine Erhaltungskalkung durchgeführt werden. Die Erhaltungskalkung wird aus arbeitswirtschaftlichen Gründen jeweils für vier Jahre zusammengefasst. Für organische Böden (Anmoor, Moor) wird keine Kalkung vorgesehen. Sofern sie unter Grünlandnutzung stehen, garantiert hier der Rückfluss über die Wirtschaftsdünger einen stabilen pH-Wert.

Wird eine Kalkung empfohlen, sollen im Regelfall kohlen-saure Kalke ausgebracht werden. Auf magnesiumarmen Standorten ist der Einsatz von kohlen-saurem Magnesiumkalk sinnvoll. Bei Verdacht auf Mg-Mangel im Boden, sollte zusätzlich zur Standardbodenuntersuchung auch der Magnesiumgehalt untersucht werden. Die Kalkwirkung ist umso schneller, je feiner die Vermahlung ist. Hingewiesen sei noch darauf, dass bestimmte Handelsdünger Kalk als Nebenbestandteil enthalten (z. B. weicherdiges Rohphosphat, Thomaskali und Kalkstickstoff) und deshalb kalkmehrend sind.

Andere (z. B. Ammonsulfatsalpeter, Kalkammonsalpeter, NPK- und NP-Dünger) beanspruchen bei der Umsetzung die Kalkvorräte des Bodens, d. h. sie sind kalkzehrend (siehe auch Anhang 4).

3.4.3 Natrium

Natrium ist sehr auswaschungsgefährdet, deshalb werden im Boden meist niedrige Gehalte gemessen. Leichte, insbesondere schwach saure bis saure Böden, sind oft besonders arm an Natrium. Deshalb sollte auf diesen Standorten der Natriumgehalt im Boden ermittelt werden. Die Gehaltsklassen sowie die jeweiligen Düngeempfehlungen sind in Tabelle 52 dargestellt.

Tabelle 52: Gehaltsklassen und Düngebedarf für Natrium auf Grünland

Düngeempfehlung in kg Na/ha bei Gehaltsklasse		
A (niedrig) < 50 mg Na/kg Boden *	C (anzustreben) 50 - 100 mg Na/kg Boden *	E (sehr hoch) > 100 mg Na/kg Boden *
60 - 80 **	30 - 40 **	0

* nach CAT-Methode

** obere Werte gelten für ertragsreiche, intensiv genutzte Weidelgras- und Weißkleebestände

Obwohl eine Mangelercheinung bzw. eine ertragssteigernde Wirkung von Natrium auf Grünland bislang nicht nachgewiesen wurde, dürfte Natriumchlorid die Schmackhaftigkeit des Futters verbessern und die Futteraufnahme erhöhen. Eine Anhebung des Natriumgehaltes über die Düngung gelingt am ehesten bei weidelgras- und weißklee reichen Beständen, jedoch meist nicht in dem für die Tiere notwendigem Maße.

Die Natriumversorgung der Tiere muss daher überwiegend über eine Zufütterung sichergestellt werden, da die heutigen tierischen Bedarfsnormen im Grünland bei weitem nicht abgedeckt werden und über die Düngung die für die Tiere erforderlichen Gehalte in der Regel nicht eingestellt werden können.

Hinweise

Der Na-Gehalt des Futters ist auch von der botanischen Zusammensetzung des Grünlandbestandes, der Nutzungsintensität und dem Aufwuchs abhängig. Der Na-Gehalt streut demnach sehr stark. Insbesondere im ersten Aufwuchs liegt der Na-Gehalt häufig unter 0,1 % in der Trockensubstanz. Konzentrationen von über 0,2 % in der TS werden oft erst im 4. oder 5. Schnitt erreicht. Von den Kräuterarten können Gemeiner Löwenzahn, Spitzwegerich und Kriechender Hahnenfuß höhere Natriummengen aufnehmen. Sonst sind kräuterreiche Bestände meist natriumarm. Eine stärkere Anreicherung von Natrium im Grundfutter kann hier im Regelfall nicht erwartet werden.

3.4.4 Spurenelemente (Kupfer, Mangan, Zink, Selen)

Wirtschaftsdünger sind die wichtigsten Spurennährstoffdünger im viehhaltenden Betrieb. In Fällen einer regelmäßigen Rückführung von Wirtschaftsdüngern ist davon auszugehen, dass mindestens die gleiche Menge an Spurennährstoffen ausgebracht wird, wie durch die Ernte abgefahren wird, da über 90 % der mit den Futtermitteln (inkl. Mineralfutter) aufgenommenen Nährstoffmengen wieder

ausgeschieden werden. Bei einem regelmäßigen Einsatz von Wirtschaftsdüngern ist daher eine mineralische Ergänzungsdüngung in der Regel nicht erforderlich.

In Hinblick auf die tierischen Bedarfsnormen an Spurenelementen ist im Grünlandfutter Mangan meist ausreichend vorhanden. Dagegen decken die Gehaltswerte an Zink und Kupfer v. a. bei sehr kräuter- und leguminosenarmen Beständen die tierischen Bedarfsnormen häufig nicht ab.

Aus Sicht der Tierernährung lässt sich grundsätzlich sagen, dass eine Spurenelementversorgung der Tiere über gezielte Mineralfuttermgaben sicherer ist, als der „Umweg“ über den Boden.

Besteht jedoch anhand von (möglichst mehrjährigen) Futteranalysen der Verdacht auf eine deutliche Mangelsituation, so ist es sinnvoll, auf einigen repräsentativen Betriebsflächen vor einer gezielten Spurenelementdüngung die Gehalte im Boden zu bestimmen. Richtwerte für eine anzustrebende Bodenversorgung sind in der Tabelle 53 dargestellt. Aus pflanzenbaulicher Sicht sollte lediglich auf stark unterversorgten Flächen eine mineralische Ergänzungsdüngung mit Spurenelementen durchgeführt werden. Die Düngungshöhe orientiert sich an den Werten des Ackerbaus (siehe Kapitel 2.1.5).

Tabelle 53: Anzustrebende Spurenelementversorgung (Gehaltsklasse C) von Grünlandböden

Spurenelemente	anzustrebender Gehalt im Boden * (in mg/kg Boden nach CAT-Methode)
Kupfer (Cu)	1,2 - 4,0
Mangan (Mn)	30 - 60
Zink (Zn)	1,1 - 3,0

* Werte bei Cu und Mn gelten für mittlere bis schwere Böden

Hinweise

Mit der Ausnahme von Molybdän (Mo) sinkt die Verfügbarkeit der Spurenelemente mit ansteigendem pH-Wert in den alkalischen Bereich. Auf dem Grünland begrenzen die meist sauren pH-Werte in der Regel die Verfügbarkeit der Spurenelemente nicht.

Bei allen Spurenelementen kann aus der Bodenversorgung und Düngung alleine nicht auf den tatsächlichen Gehalt in den Futteraufwüchsen geschlossen werden. Im Futter schwanken die Spurenelementkonzentrationen abhängig vom Witterungsverlauf, mikrobieller Aktivität, pH-Wert, Konkurrenz zwischen einzelnen Elementen bei der Aufnahme durch die Pflanzen, Art und Reifestadium des Pflanzenbestandes sowie Werbungs- und Konservierungsart in sehr weiten Bereichen.

Kupfermangel tritt im Dauergrünland manchmal auf stark humosen Böden, bei hohen pH-Werten oder nach starker Aufkalkung auf.

Selen ist für das Tier ein lebenswichtiges Spurenelement. Dies gilt jedoch nach bisheriger Erkenntnis nicht für das Pflanzenwachstum. Aus pflanzenbaulicher Sicht ist eine Selendüngung daher nicht nötig. Mit selenhaltigen Düngern kann die Selenkonzentration im Futter angehoben werden. Da gedüngtes Selen im Boden rasch festgelegt werden kann und die Bedarfswerte der Tiere über die Düngung nicht exakt eingestellt werden können, ist der Bedarf der Tiere über gezielte Mineralfuttermgaben sicherer zu decken als über die Düngung.

3.4.5 Schwefel

Der mittlere Nettoentzug von Schwefel schwankt im Dauergrünland etwa zwischen 15 und 35 kg pro Hektar und Jahr bzw. zwischen 6 und 10 kg pro Hektar und Aufwuchs.

Der Schwefeleintrag über die Luft (Immission) beträgt ca. 6 kg/ha und Jahr. Mit 10 m³ Rindergülle fließen etwa 2 - 6 kg, und je 100 dt Stallmist etwa 8 - 15 kg Schwefel zurück. Davon ist im Vergleich zum Mineraldünger jedoch nur ein geringer Teil (unter 20 %) sofort pflanzenverfügbar. Rinderjauche enthält pro 10 m³ nur 2 - 3 kg Schwefel, wovon jedoch über 70 % schnell verfügbar sind.

Auf mittelintensiv genutztem Dauergrünland mit regelmäßiger organischer Düngung und hohen Humusgehalten, ist derzeit nicht von generellem Schwefelmangel auszugehen. Die Gefahr von Schwefelmangel ist dagegen auf leichten, flachgründigen Böden oder humusarmen Standorten sowie bei geringem Einsatz an Wirtschaftsdüngern gegeben.

Leistungsfähige Neuansaat, Wechselgrünland, leguminosenreiche Bestände und Weidelgraswiesen mit intensiver Schnittnutzung und hoher N-Düngungsintensität haben einen erhöhten S-Bedarf. Vor allem beim ersten oder zweiten Aufwuchs besteht insbesondere nach nasskalten Wintern und Frühjahren die Gefahr unzureichender Schwefelversorgung, wenn eine mineralische Ergänzungsdüngung im Frühjahr unterbleibt. Eine ergänzende mineralische Schwefeldüngung im Frühjahr, sichert die Schwefelversorgung der ersten beiden Aufwüchse.

Bei den Aufwüchsen im Sommer und Herbst ist davon auszugehen, dass ausreichende Schwefelmengen durch die höhere Mineralisierung in den wärmeren Monaten pflanzenverfügbar werden. Eine mineralische S-Düngung im Sommer oder im Herbst liegt über dem Pflanzenbedarf und ist potentiell auswaschungsgefährdet, weil Sulfatschwefel ebenso wie Nitratstickstoff im Boden nicht festgehalten wird.

Die Auswahl des jeweiligen schwefelhaltigen Düngers richtet sich zweckmäßigerweise nach dem ggf. benötigten Hauptnährstoff (im Anhang 4 sind S-haltige Dünger aufgeführt).

Optisch lässt sich Schwefelmangel in der Pflanzengemeinschaft des Dauergrünlandes in der Regel nur sehr schwer diagnostizieren. Mit den mehrjährigen Ergebnissen der Futtermitteluntersuchung lässt sich die Schwefelversorgung sicherer beurteilen. Ein Indikator für den S-Versorgungszustand ist das N/S-Verhältnis (Rohproteingehalt x 0,16 / Schwefelgehalt) in der Futter-TS. Liegt ein N/S-Verhältnis von 12 zu 1 und weniger vor, ist eine gute Schwefelversorgung gegeben. Ein Verhältnis von 15 zu 1 und darüber, weist auf einen Schwefelmangel des Bestandes hin.

3.5 Grundsätze für die Düngung von Weiden

Eine exakte Nährstoffbedarfsermittlung auf Flächen mit vorwiegender Weidenutzung ist sehr aufwändig und in der praktischen Anwendung äußerst umständlich. Jedoch ist es für die Düngebedarfsermittlung meist hinreichend genau, auch für Weiden das gleiche Schema – wie für Wiesen und Mähweiden – (siehe Kapitel 3.2) anzuwenden. Unabhängig davon sind die Vorgaben der Düngeverordnung hinsichtlich der zulässigen Nährstoffüberschüsse einzuhalten.

Weidesysteme, bei denen im Gegensatz zu Mähweiden und Umtriebsweiden die Anzahl der Nutzungen unbekannt ist (z. B. Standweiden, Kurzrasenweiden), sind den folgenden Wiesentypen nach Tabelle 40 zuzuordnen:

- Extensive Standweiden => Wiesen mit 2 Nutzungen,
- Mittelintensive bzw. intensive Standweiden => Wiesen mit 3 bzw. 4 Nutzungen
- Intensive Standweiden (Kurzrasenweiden) in Gunstlagen => Wiesen mit 5 Nutzungen

Darüber hinaus gelten vereinfachend die in Tabelle 54 dargestellten Grundsätze für die Düngung von Weiden.

Tabelle 54: Grundsätze für die Düngung von Weiden in Abhängigkeit von Weideform und Nutzungsintensität

	extensive Weiden		mittl.intensive Weiden		intensive Weiden	
	(Intensität \equiv Wiesen mit max. 2 Schnitten)		(Intensität \equiv Wiesen mit 3 - 4 Schnitten)		(Intensität \equiv Wiesen mit mind. 4 Schnitten)	
	Hutungen	Standweide	Standweide	Umtriebsweide	Portionsweide	Kurzrasenweide
Kurz- beschreibung	einmalige Überweidung hoher Weiderest Wanderschäferie	keine Flächenunterteilung kein geregelter Weidewechsel Weiderest (30 - 50%) Jungvieh, Mutterkühe, Schafe, Pferde	Koppelwirtschaft Weiderest (20 - 30%)	Koppelwirtschaft Weiderest (10 - 20 %)	Kurzhalten der Grasnar- be durch ständiges An- passen des Viehbesatzes an das Gräserwachstum Weiderest (15 - 25 %)	Milchviehhaltung mit hohen Leistungen in Gunstlagen
Grundsätze für die Düngung	keine Düngung notwendig	grundsätzlich keine mineralische Düngung notwendig (Ausnahme Futtermittelknappheit => 1 - 2 x 30 - 40 kg N/ha) organische Düngung: jährl. max. 20 m ³ /ha Gülle, oder 8 - 10 t/ha Stallmist* alle 2 Jahre	zu jedem Aufwuchs ca. 20 - 30 kg N/ha in mineralischer Form alternativ organische Düngung: 1 - 2 x 15 - 20 m ³ /ha verdünnte Gülle oder alle 1 - 2 Jahre 10 t/ha Stallmist*	zu jedem Aufwuchs ca. 30 - 40 kg N/ha in mineralischer Form, ergänzend organische Düngung: 2 x 20 m ³ /ha verdünnte Gülle oder jährlich 10 t/ha Stallmist*	Wirtschaftsdünger sollten auf Weiden oder Mähweiden aus hygienischen Gründen und wegen einer möglichen Futtermittelverschmutzung bevorzugt nach der letzten Nutzung ausgebracht werden. ** Stark verdünnte Gülle und gut verrotteter Stallmist können auch im zeitigen Frühjahr ausgebracht werden. Für P ₂ O ₅ und K ₂ O ist es ausreichend, wenn die Obergrenze der Versorgungsstufe B (8 - 9 mg/100g Boden) eingehalten wird.	Für P ₂ O ₅ und K ₂ O ist die Gehaltsstufe C (10 - 20 mg/100g Boden) anzustreben

* Können aufgrund der Ausbringungstechnik die empfohlenen relativ niedrigen Mengen für die Einzelgabe nicht eingehalten werden, sind größere zeitliche Abstände zu wählen. Einzelgaben sollten aber 20 t/ha nicht übersteigen.

** Düngeverordnung (Sperrfristen) beachten!

Nachwort

Natürlich ist es Aufgabe einer Landesanstalt, Beratungsunterlagen zu erstellen. In dem hier vorliegenden Umfang mit vielen konzentrierten Informationen, ist das neben dem „normalen“ Dienstbetrieb kaum und nur unter Mithilfe weiterer fachkundiger Kollegen möglich. Außer den genannten Autoren haben während intensiver Diskussionen weit über die normale Dienstzeit hinaus, die Mitarbeiter des Institutes für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Herr Heigl, Frau Fischer, Herr Offenberger und Herr Raschbacher ihr Gedankengut eingebracht und mitgeholfen, die Inhalte und fachlichen Aussagen abzustimmen und aus Versuchsergebnissen abzuleiten. Wir bemühten die Fach- und EDV-Kenntnisse von Herrn Dr. Rutzmoser vom Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft für die Berechnung der Grundfutterrationen und Nährstoffausscheidungen der verschiedenen landwirtschaftlichen Nutztiere.

Fachliche Diskussionen innerhalb einer Arbeitsgruppe bergen die Gefahr, einige Dinge falsch zu interpretieren oder gar zu übersehen. Wir haben daher unseren Institutsleiter Herrn Rippel, Herrn Professor Ebertseder und Herrn Professor Schröder von der Fachhochschule Weihenstephan, Herrn Dr. Nätscher vom Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung der TU München sowie unseren Kollegen Dr. Klemisch der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau gebeten, unsere Darstellungen durchzusehen, sie gegebenenfalls zu verbessern und wo notwendig zu ergänzen.

Alle fachlichen Beiträge bleiben wirkungslos, wenn sie nicht in übersichtlicher Form und einheitlich formatiert zusammengefasst werden. Frau Plattner vom Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz hat diese Aufgabe mit großer Geduld für die Schreiberlinge und Tabellenproduzenten, mit Überblick und Engagement übernommen.

Den letzten Feinschliff übernahmen die Kollegen der Ämter für Landwirtschaft und Forsten mit weiteren Anregungen nach dem Korrekturlesen.

Im Namen aller Nutzer des Gelben Heftes ein herzliches Dankeschön für die geleistete Arbeit.

Dr. Matthias Wendland
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

Anhang

Anhang 1: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TS	mittl. Ertrag dt/ha	HNV ²⁾ 1:x	Grund- futter
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Getreide, Körnermais									
Winterweizen	Korn	1,81	0,80	0,60	0,20	12	65	0,8	ja
	Stroh	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,21	1,04	1,72	0,36				
Sommerweizen	Korn	1,81	0,80	0,60	0,20	12	65	0,8	
	Stroh	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,21	1,04	1,72	0,36				
Wintergerste	Korn	1,65	0,80	0,60	0,20	12	60	0,7	
	Stroh	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,00	1,01	1,79	0,27				
Sommerfuttergerste	Korn	1,65	0,80	0,60	0,20	12	50	0,8	
	Stroh	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,05	1,04	1,96	0,28				
Braugerste	Korn	1,38	0,80	0,60	0,20	10	50	0,7	
	Stroh	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ¹⁾	1,73	1,01	1,79	0,27				
Roggen	Korn	1,51	0,80	0,60	0,10	11	50	0,9	
	Stroh	0,50	0,30	2,00	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	1,96	1,07	2,40	0,28				
Hafer	Korn	1,51	0,80	0,60	0,20	11	50	1,1	
	Stroh	0,50	0,30	1,70	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,06	1,13	2,47	0,42				
Triticale	Korn	1,65	0,80	0,60	0,20	12	60	0,9	
	Stroh	0,50	0,30	1,70	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,10	1,07	2,13	0,38				
Dinkel (ohne Spelzen)	Korn	1,81	0,80	0,60	0,20	12	30	0,8	
	Stroh	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,21	1,04	1,72	0,36				
Hartweizen (Durum)	Korn	1,81	0,80	0,60	0,20	12	65	0,8	
	Stroh	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,21	1,04	1,72	0,36				
Ganzpflanzensilage Getreide (35 % TS)	Ganzpflanze	0,56	0,23	0,47	0,10		250		
Körnermais (86 % TS)	Korn	1,51	0,80	0,50	0,20		90	1	
	Stroh	0,90	0,20	2,00	0,40				
	Korn + Stroh ¹⁾	2,41	1,00	2,50	0,60				
Körnerleguminosen									
Ackerbohne	Korn	4,10	1,20	1,40	0,20		40	1	
	Stroh	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ¹⁾	5,60	1,50	4,00	0,50				
Erbse	Korn	3,60	1,10	1,40	0,20		40	1	
	Stroh	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ¹⁾	5,10	1,40	4,00	0,50				
Lupine blau	Korn	4,48	1,02	0,99	0,20		40	1	
	Stroh	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ¹⁾	5,98	1,32	3,59	0,50				
Sojabohnen	Korn	4,40	1,10	1,40	0,33		25	1	
	Stroh	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ¹⁾	5,90	1,40	4,00	0,63				

1) Nährstoffgehalt bezogen auf das Haupternteprodukt (z. B. Korn)

2) Haupternteprodukt-Nebenprodukt-Verhältnis (z. B. Korn-Stroh Verhältnis)

Anhang 1: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TS	mittl. Ertrag dt/ha	HNV ²⁾ 1:x	Grund- futter
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Ölfrüchte									
Raps	Korn	3,35	1,80	1,00	0,50		30		
	Stroh	0,70	0,35	2,35	0,41				
	Korn + Stroh ¹⁾	4,54	2,40	5,00	1,20			1,7	
Sonnenblumen	Korn	2,91	1,60	2,40	0,60		30		
	Stroh	1,00	0,80	4,50	0,30				
	Korn + Stroh ¹⁾	4,91	3,20	11,40	1,20			2	
Körnersenf	Korn	5,08	1,77	0,93	0,30		15		
	Stroh	0,70	0,40	2,50	0,15				
	Korn + Stroh ¹⁾	6,13	2,37	4,68	0,53			1,5	
Öllein	Korn	3,50	1,20	1,00	0,80		20		
	Stroh	0,53	0,20	1,40	0,10				
	Korn + Stroh ¹⁾	4,30	1,50	3,10	0,95			1,5	
Faserpflanzen									
Flachs (Faserlein)	Ganzpflanze	1,00	0,64	1,71	0,10		70		
Hanf	Ganzpflanze	0,40	0,30	0,80	0,36		300		
Miscanthus	Ganzpflanze	0,15	0,10	0,40	0,10		220		
Hackfrüchte									
Kartoffel	Knolle	0,35	0,14	0,60	0,04		400		
	Kraut	0,20	0,04	0,36	0,08				
	Knolle + Kraut ¹⁾	0,39	0,15	0,67	0,06			0,2	
Zuckerrüben	Rübe	0,18	0,10	0,25	0,08		600		
	Blatt	0,40	0,11	0,71	0,10				
	Rübe + Blatt ¹⁾	0,46	0,18	0,75	0,15			0,7	
Gehaltsrübe	Rübe	0,18	0,09	0,50	0,05		600		
	Blatt	0,30	0,08	0,63	0,08				
	Rübe + Blatt ¹⁾	0,30	0,12	0,75	0,08			0,4	
Massenrübe	Rübe	0,14	0,07	0,45	0,05		900		
	Blatt	0,25	0,06	0,38	0,08				
	Rübe + Blatt ¹⁾	0,24	0,09	0,60	0,08			0,4	
Futterpflanzen									
Silomais (28 % TS)	Ganzpflanze	0,38	0,16	0,45	0,09		550	ja	
Silomais (32 % TS)	Ganzpflanze	0,43	0,18	0,51	0,10		550	ja	
CCM (60 % TS)	Kolben	1,01	0,41	0,36	0,10		150		
LKS (50 % TS)	Kolben	0,76	0,32	0,36	0,10		180		
Maiskops	Ganzpflanze	1,22	0,51	1,45	0,27		150	ja	
Rotklee	Ganzpflanze	0,55	0,13	0,60	0,10		650	ja	
Luzerne	Ganzpflanze	0,60	0,14	0,65	0,07		600	ja	
Kleegras (Kleeanteil < 60 %)	Ganzpflanze	0,52	0,14	0,62	0,07		650	ja	
Kleegras (Kleeanteil > 60 %)	Ganzpflanze	0,53	0,14	0,62	0,07		650	ja	
Luzernegras (Luzerneanteil < 60 %)	Ganzpflanze	0,54	0,15	0,65	0,07		650	ja	
Luzernegras (Luzerneanteil > 60 %)	Ganzpflanze	0,55	0,15	0,65	0,07		650	ja	
Weidelgras (Ackergras)	Ganzpflanze	0,48	0,16	0,65	0,05		850	ja	
Vermehrungspflanzen									
Grassamenvermehrung	Samen	2,20	0,65	0,50	0,17		20		
	Stroh	1,50	0,40	1,60	0,40				
	Samen+Stroh ¹⁾	14,20	3,85	13,30	3,37			8	
Klee-, Luzernevermehrung	Samen	5,50	1,46	1,25	0,27		4		
	Stroh	1,50	0,30	2,60	0,40				
	Samen+Stroh ¹⁾	17,50	3,86	22,05	3,47			8	

1) Nährstoffgehalt bezogen auf das Haupternteprodukt (z. B. Korn)

2) Haupternteprodukt-Nebenprodukt-Verhältnis (z. B. Korn-Stroh Verhältnis)

Anhang 1: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TS	mittl. Ertrag dt/ha
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO		
Sonstige							
Erdbeeren		0,17	0,05	0,28	0,03		200
Himbeeren		0,20	0,04	0,20	0,05		100
Johannisbeeren/Holunderbeeren		0,20	0,10	0,30	0,03		100
Haselnüsse		1,90	0,70	0,60	0,20		
Walnüsse		1,90	0,70	0,60	0,20		
Kernobst		0,11	0,03	0,19	0,01		400
Steinobst		0,25	0,06	0,40	0,02		200
Hopfen (10 % Wasser)	Dolden	3,00	1,00	3,00	1,20		20
	Rebenhäcksel	0,55	0,20	0,77	0,12		130
	Ganzpflanze ¹⁾	7,50	2,30	8,00	2,00		
Reben (Trauben)		0,25	0,10	0,40	0,08		100
Topinambur (Knolle)		0,26	0,14	0,62	0,02		600
Tabak (Burley dachtrocken)		4,00	0,70	5,70	0,40		23
Sudangras (25 % TS)		0,43	0,14	0,49	0,10		600

1) Nährstoffgehalt bezogen auf das Haupternteprodukt (z. B. Korn)

	Nährstoffentzug (pro Jahr)			
	kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Christbaumkulturen	20	10	20	5

Anhang 1: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1

Zwischenfrucht	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Ertrag dt/ha	Grund- futter
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO		
Zwischenfrüchte						
Einjähriges Weidelgras	0,48	0,16	0,65	0,05	250	ja
Welsches Weidelgras	0,48	0,16	0,65	0,05	250	ja
Kleegras	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Alexandrinerklee	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Erbsen/Ackerbohnen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Sommerwicke	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Sommerraps	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Winterraps	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Winterrüben	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Sommerrüben	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Ölrettich	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Senf	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Phacelia	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Sonnenblumen	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Erbsen/Wicken/Sonnenblumen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Untersaat ohne Leguminosen	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Untersaat mit Leguminosen	0,35	0,11	0,45	0,05	150	ja
Winterroggen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	ja
Zwischenfrüchte und 2. Hauptfrucht zur Biogasvergärung					Ertrag Biogasbetriebe dt/ha	
Einjähriges Weidelgras	0,48	0,16	0,65	0,05	400	
Welsches Weidelgras	0,48	0,16	0,65	0,05	400	
Kleegras	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Alexandrinerklee	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Erbsen/Ackerbohnen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Sommerwicke	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Sommerraps	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Winterraps	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Winterrüben	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Sommerrüben	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Ölrettich	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Senf	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Phacelia	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Sonnenblumen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Erbsen/Wicken/Sonnenblumen	0,35	0,11	0,45	0,05	250	
Ganzpflanzensilage Getreide (35 % TS)	0,56	0,23	0,47	0,10	400	
Silomais (20 % TS)	0,27	0,11	0,32	0,06	350	
Sudangras (20 % TS)	0,35	0,11	0,39	0,08	400	

Anhang 2: Nährstoffabfuhr des Grünlandes in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Wiesentyp, Nettoabfuhr bei Silagenutzung mit max. 20 % Heuanteil, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 3

Anhang 2a:

Anzahl der Nutzungen	Wiesentyp	TM-Ertrag (dt/ha)	Nährstoffabfuhr (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Bestände mit max. 3 möglichen Nutzungen	1	40	25	10	30	5
	1	30	40	20	50	10
	1	40	50	25	60	10
	2	50	70	30	110	10
	2	55	100	40	140	20
	3	75	160	55	190	30
	3	75	150	55	190	30
	3	70	135	45	160	25
	3	70	165	55	170	30
	3	80	170	65	220	35
intensivierungsfähige Pflanzenbestände	3	70	170	80	210	60
	3	85	180	85	260	40
	3	75	165	70	220	40
	4	85	215	75	240	35
	4	80	235	90	270	65
	4	100	265	100	310	45
	4	90	245	90	270	45
	5	100	285	90	300	45
	5	90	300	105	310	70
	5	110	320	110	375	50
5-6	120	350	120	400	60	
5	110	310	110	330	55	

* Trockenwiesen, flachgründige Standorte, bei fehlender oder nur geringer Düngung - z. B. trockene Glatthaferwiesen

** bei dreimaliger Nutzung Umwandlung in kräuterreiche Bestände, Weidelgraswiesen/-weiden werden in der Regel 4-6 mal genutzt

*** oft reich an Bastard Weidelgras

Anhang 2b/2c: Korrekturfaktoren im Grünland

Anhang 2b:

Korrekturfaktor Grünland für ungünstige Bedingungen im Nutzungsjahr *	Faktor
* Lagen, in denen die angestrebten Erträge wegen Trockenheit nicht erreicht werden; bzw. bei milderer Bestandesgüte (Anteile Gemeiner Rispe und/oder Lücken > 25 %)	0,85

Beispiel 1 - Wiesenfuchsschwanzwiese: Bei 4 Nutzungen N-Abfuhr 215 kg N/ha; falls erfahrungsgemäß 4 Nutzungen auf dem Standort nicht in jedem Jahr erreicht werden können (z. B. in Regionen mit häufiger Sommertrockenheit) -> veranschlagte N-Abfuhr 215 kg N/ha x 0,85 = 183 kg N/ha.

Beispiel 2 - Wiesen mit 4 Nutzungen (ohne Angabe des Wiesentyps): N-Abfuhr 245 kg N/ha; in Fällen milderer Bestandesgüte (z. B. viel Gemeine Rispe, Lückigkeit) ist jedoch eine N-Abfuhr von 245 kg N/ha x 0,85 = 208 kg N/ha zu veranschlagen, da lückige, mindere Bestände eine geringere Nährstoffaufnahme haben.

Anhang 2c:

Korrekturfaktor Grünland in Abhängigkeit der Nutzungsart	Faktor
Nutzungsart	1
Silage mit max. 20 % Heuanteil	0,95
vorwiegend Heu (Bodentrocknung)	1,05
vorwiegend Eingrasen	0,95
Mähweide mit vorwiegender Schnittnutzung	0,9
Mähweide: 50 % Schnitt- und 50 % Weidenutzung	0,8
Weide, Mähweide mit vorwiegender Weidenutzung	0,8

Beispiel 1 - Kräuterreiche, voralpine Wiesen mit 4 Nutzungen: N-Abfuhr 235 kg N/ha; bei Heunutzung (z. B. bei Betrieben mit Auflagen bei der Hartkäseproduktion) wäre eine N-Abfuhr von 235 kg N/ha x 0,95 = 223 kg N/ha zu veranschlagen, da erhöhte Bröckelverluste auftreten.

Beispiel 2 - Kräuterreiche, voralpine Wiesen mit 4 Nutzungen: N-Abfuhr 235 kg N/ha; bei Weidenutzung (Umtriebsweide) ist dagegen eine N-Abfuhr von 235 kg N/ha x 0,80 = 188 kg N/ha zu veranschlagen, da bei Weide erhöhte Verluste durch Tritt auftreten.

Anhang 3: N-Bindung durch Leguminosen, Stand: Januar 2007

Fruchtart	N-Fixierung kg/dt	vorgeschlagener Ertrag* dt/ha	N-Fixierung kg/ha
Grünland			
Kleeanteil < 10 % (Regelfall)			30
Kleeanteil 10 - 20 %			50
Kleeanteil > 20 %			80
Acker			
Hauptfrüchte			
Ackerbohnen	5,0	40	200
Körnererbsen	4,4	40	176
Lupine blau	5,5	40	220
Sojabohnen	5,4	25	135
Markerbse (Gemüse)	0,4	60	24
Buschbohne	0,3	120	36
Stangenbohne	0,1	250	25
Kleegras (Kleeanteil < 60 %)	0,27	650	176
Kleegras (Kleeanteil > 60 %)	0,34	650	221
Luzernegras (Luzerneanteil < 60 %)	0,31	650	202
Luzernegras (Luzerneanteil > 60 %)	0,38	650	247
Klee-, Luzernevermehrung			170
Rotklee	0,47	650	306
Luzerne	0,57	600	342
Zwischenfrüchte			
Kleegras	0,2	250	50
Alexandrinerklee	0,24	250	60
Futtererbsen	0,24	250	60
Ackerbohnen	0,24	250	60
Sommerwicken	0,24	250	60
Erbsen/Wicken/Sonnenblumen	0,24	250	60
Untersaat mit Leguminosen	0,24	150	36
Stillegung			
Leguminosen 0 - 10 %			0
Leguminosen 11 - 60 %			100
Leguminosen 61 - 100 %			150

* vorgeschlagener Ertrag, wenn der Ertrag nicht bekannt ist.

Anhang 4: Nährstoffgehalte verschiedener Mineraldünger, Stand: Januar 2007

Mineraldünger	Nährstoffgehalt kg/dt					Kalkwirkung je 100 kg Dünger *
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	
N und Kalkstickstoff						
Kalksalpeter	15,5					13
Schwefelsaures Ammoniak	21				24	-63
Kalkammonsalpeter	27					-15
Kalkammonsalpeter + Magnesium	27			4		-15
Ammonsulfatsalpeter	26				13	-49
Kemistar SAN 24 + Schwefel	24				7	-22
Kemistar SAN 22	22			3	5	-12
Stickstoffmagnesia	22			7		-4
Perlka	19,8					31
Kalkstickstoff gemahlen	20,5					39
Harnstoff / Piagran 46	46					-46
AHL / Piasan 28	28 (36)**					-28
Alzon flüssig	28					-28
Entec 26	26				13	-48
Kemistar Gold	21			3		-14
Alzon 46	46					-46
Piamon 33-S	33				12	-54
Piasan 24-S	24				3	-29
Alzon flüssig-S	24				3	-29
P-Dünger						
Superphosphat		18			10	0
Triple-Superphosphat		46				-3
P 26		26				31
Dolophos 15		15		7		40
Dolophos 26		26				31
Agri-Phos 23		23			8	11
Kalidünger						
Kornkali			40	6	4	0
60er Kali			60			0
Magnesia-Kainit			11	5	4	0
Patentkali / Kalimagnesia			30	10	17	0
Kaliumsulfat			50		18	0
Hortisul			52		18	0
Magnesium-Schwefel-Dünger						
Kieserit fein				27	22	0
Kieserit gran				25	20	0
EPSO Top (Bittersalz)				16	13	0
EPSO microtop (Bittersalz)				15	12	0
EPSO Combitop (Bittersalz)				13	13	0
Dolosul				8	7	0
Schwefel-Dünger						
Dolosul 80 WG					80	-139

* Kalkverlust bzw. -gewinn in kg CaO je 100 kg Dünger

** je 100 Liter

Anhang 4: Nährstoffgehalte verschiedener Mineraldünger, Stand: Januar 2007

Mineraldünger	Nährstoffgehalt kg/dt					Kalkwirkung je 100 kg Dünger *
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	
PK-Dünger						
Thomaskali 10/20		10	20	3	3	20
Thomaskali 8/15		8	15	6	4	20
Thomaskali 10/15		10	15	4	3	22
Thomaskali 12/18		12	18	3	3	20
Thomaskali 11/11		11	11	5	4	23
Thomaskali 7/21		7	21	4	3	20
Thomaskali 14/8		14	8	4	3	20
Patent-PK		12	15	5		8
RHE-KA-PHOS 14/24		14	24		6,1	0
RHE-KA-PHOS 16/20		16	20		6,7	0
RHE-KA-PHOS 9/25		9	25		6,1	0
RHE-KA-PHOS 12/16		12	16	3	6	0
RHE-KA-PHOS 10/21		10	21	4	6,7	0
RHE-KA-PHOS 15/15		15	15	4	6,6	0
RHE-KA-PHOS 20/30		20	30		2,2	0
PK 14/14		14	14	4	6	3
RHE-KA-PHOS 16/12		16	12		6	6
RHE-KA-PHOS 12/19		12	19	4	5	4
RHE-KA-PHOS 16/16		16	16		5	6
RHE-KA-PHOS 15/20		15	20		5	4
RHE-KA-PHOS 12/24		12	24		5	4
NP-Dünger						
NP 26/14	26	14				-14
Entec 25/15	25	15				-32
Kemira NP 20/20	20	20		2	3	-18
Nitrophos 20/20	20	20			2	-18
NP 20/20	20	20				-18
NP 18/46 (Diammonphosphat)	18	46				-34
Praysol NP Düngerlösung 10/34	10	34				-25
Folia PZN flüssig	3					-3
NK-Dünger						
Kemira NK-Dünger	24		6		5	-24
NPK-Dünger						
NPK 20/8/8	20	8	8	3	4	-18
NPK 14/10/20 (+3)	14	10	20		3	-14
Entec 24/8/7	24	8	7		2	-31
Entec 18/8/13	18	8	13	2	5	-23
Nitrophoska 15/15/15	15	15	15		2	-14
Nitrophoska 13/13/21	13	13	21		2	-12
Nitrophoska 13/10/20	13	10	20		3	-13
Amsupka NPK Dünger	6	10	16	4	4	-10
Nitrophoska 13/9/16	13	9	16	4	7	-14
Kemira NPK 16/9/14	16	9	14	3	4	-16
Kemira NPK 20/6/11	20	6	11	2	3	-22
Kemira NPK 23/5/5	23	5	5		6	-23
Kemira NPK 24/5/5	24	5	5	2	3	-18
Nitrophoska Spezial	12	12	17	2	6	-13
Kemira Spezial	16	6	18	2,7	8,6	-20
Nitrophoska Perfekt	15	5	20	2	8	-14
Entec perfekt	14	7	17	2	11	-18
Entec avant	12	7	17	4	5	-2
DüKa Amino-plus flüssig	8	4	5			-10
DüKa Blattdünger-Kombi	15	30	15		2	-27

* Kalkverlust bzw. -gewinn in kg CaO je 100 kg Dünger

Anhang 5: Nährstoffgehalte von Grundfuttermitteln, Stand: Januar 2007

Futtermittel	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse			Roh- protein % in FM
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Grascobs 1. Schnitt im Schossen	2,61	0,86	3,39	16,5
Grascobs 2. Schnitt	2,45	0,81	2,81	15,5
Grassilage 25 % TS	0,62	0,21	0,90	
Grassilage 40 % TS	0,99	0,34	1,44	6,0
Heu Wiese 1. Schnitt Mitte Blüte	1,32	0,48	2,24	
Heu Wiese 1. Schnitt abgeblüht	1,18	0,50	2,02	
Heu Wiese 2. Schnitt	1,94	0,69	2,69	
Kartoffelpreßpülpe siliert	0,14	0,11	0,48	
Kartoffelschälabfälle roh	0,22	0,06	0,36	
Luzerneheu 1. Schnitt Ende Blüte	2,02	0,62	2,86	
Luzerneheu 2. Schnitt Ende Blüte	2,05	0,59	2,78	
Luzernecobs, -grünmehl	2,61	0,74	2,88	16,5
Maiscobs Ganzpflanze	1,22	0,58	1,47	
Maisschlempe flüssig	0,32	0,14	0,08	
Naßschnitzel frisch oder siliert	0,23	0,03	0,11	1,5
Obsttrester	0,23	0,05	0,18	1,5
Preßschnitzel siliert	0,36	0,04	0,19	
Weizenschlempe flüssig	0,35	0,07	0,06	2,0
Zuckerrübenblatt	0,41	0,09	0,67	
Zuckerrübenschnitzel	0,86	0,21	1,32	5,5

Anhang 6: Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung, Stand: März 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5

Anhang 6a:

**zur Erstellung von Nährstoffbilanzen zu verwenden
ab Wirtschaftsjahr, Erntejahr 06/07 bzw. Kalenderjahr 07**

Tier, Leistung	Nährstoffausscheidung kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾			Grundfutteraufnahme kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Rinder						
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	18,0	6,9	18,1	10	9	13
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1150 g TZ)	36,0	16	37,3	20	8	26
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1150 g TZ)	49,0	20,6	50,6	28	11	35
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1300 g TZ)	41,0	16,0	37,3	20	8	25
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1300 g TZ)	59,0	20,6	50,6	29	11	36
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	82,6	28,8	70,8	41	16	50
Mutterkuh 500 kg ohne Kalb	78,1	25,2	102,6	79	26	101
Mutterkuh 700 kg ohne Kalb	95,0	29,5	127,4	97	31	126
Acker-Grünlandbetrieb ¹⁾						
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	35,0	11,5	49,4	34	12	46
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	53,0	18,3	74,6	51	18	69
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	61,0	20,6	84,3	59	21	80
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	99,8	35,1	120,4	90	32	116
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	114,9	39,4	132,8	90	32	116
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	135,0	45,6	149,4	90	32	116
Grünlandbetrieb ¹⁾						
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	44,0	13,7	57,8	43	15	55
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	67,0	22,9	89,1	66	22	84
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	77,0	25,2	101,1	76	25	96
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	111,1	38,0	149,2	104	36	142
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	122,9	40,8	158,9	104	36	142
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	140,7	45,8	170,0	104	36	142
Schweine						
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, Standardfutter	36,6	18,4	17,9			
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, N-/P-reduziert	34,3	15,4	16,4			
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis 8 kg, Standardfutter	26,2	13,5	11,3			
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis 8 kg, N-/P-reduziert	24,6	11,0	10,6			
Ferkel von 8 bis 30 kg, Standardfutter	3,9	1,9	2,5			
Ferkel von 8 bis 30 kg, N-/P-reduziert	3,8	1,7	2,2			
Mastschweine, Jungsauen, Standardfutter	14,5	6,7	6,8			
Mastschweine, Jungsauen, N-/P-reduziert	12,0	5,4	6,3			
Eber	22,1	9,6	8,8			

¹⁾ **Gilt für Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme:**

Ein Grünlandanteil von über 85 % der LF wird als Grünlandbetrieb, ein Grünlandanteil unter 65 % wird als Acker-Grünlandbetrieb bewertet. Die Nährstoffausscheidung von Betrieben zwischen 65 und 85 % Grünlandanteil wird linear berechnet.

Anhang 6a: Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung, Stand: März 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5

zur Erstellung von Nährstoffbilanzen zu verwenden
ab Wirtschaftsjahr, Erntejahr 06/07 bzw. Kalenderjahr 07

Fortsetzung

Tier, Leistung	Nährstoffausscheidung kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾			Grundfutteraufnahme kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Geflügel						
Legehennen über sechs Monate Standardfutter	0,83	0,51	0,38			
Legehennen über sechs Monate N-/P-reduziert	0,80	0,36	0,38			
Junghennen bis 6 Monate Standardfutter	0,34	0,24	0,15			
Junghennen bis 6 Monate N-/P-reduziert	0,29	0,16	0,15			
Masthähnchen Standardfutter	0,38	0,22	0,23			
Masthähnchen N-/P-reduziert	0,32	0,16	0,23			
Mastputen Standardfutter	2,02	1,29	1,01			
Mastputen N-/P-reduziert	1,90	0,72	1,01			
Gänse Spätmast/Weidemast	1,66	0,54	1,34	1,34	0,4	1,16
Pekingenten	0,83	0,47	0,50			
Flugenten	0,69	0,44	0,40			
Sonstige						
Lämmer, Schafe bis ein Jahr	5,9	1,9	7,1	5,4	1,7	6,6
Mutterschafe (ohne Lamm), andere Schafe	14,1	4,5	16,9	13,0	4,0	15,8
Mutterziegen (mit Lamm), andere Ziegen	14,8	5,7	17,9	11,3	4,1	14,9
Pferde bis ein Jahr, Ponys und Kleinpferde	34,9	16,5	47,0	22,1	9,1	35,8
Pferde über ein Jahr	51,1	23,4	57,4	25,8	10,8	42,7
Kaninchen (Häsin + 52 Jungtiere/Jahr bis 3 kg)	9,66	5,38	8,30			
Damwild Alttier	15,1	4,8	18,0	15,1	4,8	18,0
Damwild Kalb	5,5	1,8	6,6	5,5	1,8	6,6
Rotwild Alttier	22,7	7,2	27,0	22,7	7,2	27,0
Rotwild Kalb	8,3	2,7	9,9	8,3	2,7	9,9
Lama/Alpaka	22,7	7,2	27,0	22,7	7,2	27,0
Strauß, Emu, Nandu	4,9	2,5	1,8			
Perlhuhn	0,64	0,28	0,21			
Fasan	0,57	0,25	0,17			
Masttauben (Elternpaar mit Jungtauben)	1,03	0,50	0,43			
Wachteln	0,30	0,16	0,11			

²⁾ Die Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme wurde bei allen Tierarten pro Jahr berechnet.

Bei Tieren, die nur einen Teil eines Jahres gehalten werden, berechnet sich der mittlere Jahresbestand nach folgender Formel: **Mittlerer Jahresbestand: Stück x Haltungsdauer in Tagen / 365**

Beispiel:

(250 Mastschw. x 129 Tage) + (250 Mastschw. x 130 Tage) + (270 Mastschw. x 79 Tage) / 365 Tage =
236 Mastschweine im Jahresdurchschnitt

Anhang 6a: Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung, Stand: April 2003, bzw. Milchkühe Stand: März 2007

**zur Erstellung von Nährstoffbilanzen zu verwenden
bis einschließlich Kalenderjahr 06**

Tier, Leistung, Fütterung	Nährstoffausscheidung (kg) pro mittl. Jahresbestand ²⁾			Grundfutteraufnahme kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Rinder						
Acker-Grünlandbetrieb ¹⁾						
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	102	37	127	103	38	128
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	122	45	143	103	38	128
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	142	53	159	103	38	128
Grünlandbetrieb ¹⁾						
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	115	39	157	120	41	158
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	129	47	169	120	41	158
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	143	55	181	120	41	158
Mutterkuh (ohne Kalb)	82	25	111	82	25	111
Mastkühe	87	31	107	80	27	101
Zuchtbulle	84	35	95	75	30	90
Kälber (bis 3 Monate, 45 - 100 kg)	14	5	13	4	2	6
Jungvieh weiblich (über 3 Monate bis Abkalbung)						
- Acker-Grünlandbetrieb ¹⁾	40	14	54	41	16	50
- Grünlandbetrieb ¹⁾	47	15	66	49	17	61
Fresser, Mastkälber (über 3 - 6 Monate, 100 - 180 kg)	21	8	23	9	3	14
Mastbulen (über 6 Monate, 180 - 600 kg)	44	19	47	28	11	35
Schweine						
Zuchtsau (mit 18 Ferkeln bis 25 kg)				0	0	0
- einphasige Fütterung	36	19	16	0	0	0
- zweiphasige, N- und P-reduzierte Fütterung	29	15	15	0	0	0
Zuchtsau (mit 18 Ferkeln bis 8 kg)				0	0	0
- einphasige Fütterung	27	14	11	0	0	0
- zweiphasige, N- und P-reduzierte Fütterung	21	11	10	0	0	0
Ferkel (140 kg Zuwachs, 8 - 25 kg)				0	0	0
- Standardfütterung	4,3	2,3	2,3	0	0	0
- N- und P-reduzierte Fütterung	3,7	1,8	2,0	0	0	0
Mastschweine (220 kg Zuwachs), Jungsauen				0	0	0
- einphasige Fütterung	14,4	6,7	6,7	0	0	0
- zweiphasige, N- und P-reduzierte Fütterung	11,1	5,0	5,6	0	0	0
Eber	26	15	10	0	0	0

¹⁾ **Gilt für Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme:**

Ein Grünlandanteil von über 85 % der LF wird als Grünlandbetrieb, ein Grünlandanteil unter 65 % wird als Acker-Grünlandbetrieb bewertet. Die Nährstoffausscheidung von Betrieben zwischen 65 und 85 % Grünlandanteil wird linear berechnet.

Anhang 6a: Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung, Stand: April 2003, bzw. Milchkühe Stand: März 2007

Fortsetzung

Tier, Leistung, Fütterung	Nährstoffausscheidung kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾			Grundfutteraufnahme kg pro mittl. Jahresbestand ²⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Geflügel					
Legehennen (18 kg Eimasse)						
- Standardfütterung	0,74	0,41	0,33	0	0	0
- N- und P-reduzierte Fütterung	0,71	0,31	0,33	0	0	0
Junghennen (3,3 kg Zuwachs)	0,28	0,16	0,15	0	0	0
Masthähnchen (15,5 kg Zuwachs)						
- Standardfütterung	0,41	0,22	0,22	0	0	0
- N- und P-reduzierte Fütterung	0,36	0,17	0,22	0	0	0
Mastputen (40 kg Zuwachs)						
- Standardfütterung	2,07	1,02	0,89	0	0	0
- N- und P-reduzierte Fütterung	1,89	0,66	0,89	0	0	0
Weidegänse (32 Wochen)	0,85	0,48	0,54	0,17	0,09	0,10
Pekingenten	0,84	0,45	0,42	0	0	0
Flugenten	0,70	0,37	0,33	0	0	0
Mutterschafe und andere Schafe	10	4	15	10	4	15
Lämmer bis 1 Jahr	6,5	2	8	3	1	4
Ziegen	11	3,3	14	11	3,3	14
Dammwild jung	4,2	1,8	6,6	4,2	1,8	6,6
Dammwild alt	7	3	11	7	3	11
Pferde bis ein Jahr, Kleinpferde	28	14	36	19	8	31
Pferde über ein Jahr	49	25	63	32	13,5	52
Kaninchen (50 Junge)	7,5	4	5	0	0	0
Lama/Alpaka	22,7	7,2	27,0	22,7	7,2	27,0
Strauß, Emu, Nandu	4,9	2,5	1,8			
Perlhuhn	0,64	0,28	0,21			
Fasan	0,57	0,25	0,17			
Masttauben (Elternpaar mit Jungtauben)	1,03	0,50	0,43			
Wachteln	0,30	0,16	0,11			

²⁾ Die Nährstoffausscheidung und Grundfutteraufnahme wurde bei allen Tierarten pro Jahr berechnet.

Bei Tieren, die nur einen Teil eines Jahres gehalten werden, berechnet sich der mittlere Jahresbestand nach folgender Formel: **Mittlerer Jahresbestand: Stück x Haltungsdauer in Tagen / 365**

Beispiel:

(250 Mastschw. x 129 Tage) + (250 Mastschw. x 130 Tage) + (270 Mastschw. x 79 Tage) / 365 Tage =
236 Mastschweine im Jahresdurchschnitt

Anhang 6b: Gülleanfall verschiedener Tierarten in m³ pro mittlerem Jahresbestand bei verschiedenen TS-Gehalten, Stand: März 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5

Tier, Leistung	Gülleanfall in m ³ pro mittl. Jahresbestand ²⁾			
	5%	7,5%	10%	nach DüV ³⁾
Rinder				
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	6,6	4,4	3,3	3,4
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1150 g TZ)	13,2	8,8	6,6	6,9
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1150 g TZ)	18,0	12,0	9,0	9,4
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1300 g TZ)	13,2	8,8	6,6	7,5
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1300 g TZ)	19,0	12,7	9,5	10,8
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	26,6	17,8	13,3	15,1
Mutterkuh 500 kg ohne Kalb	27,7	18,5	13,9	14,4
Mutterkuh 700 kg ohne Kalb	31,4	20,9	15,7	18,0
Acker-Grünlandbetrieb ¹⁾				
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	14,1	9,4	7,0	7,8
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	21,3	14,2	10,7	11,7
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	24,5	16,3	12,3	13,5
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	37,1	24,7	18,6	19,0
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	40,4	26,9	20,2	20,0
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	44,8	29,9	22,4	21,0
Grünlandbetrieb ¹⁾				
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	14,6	9,7	7,3	7,7
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	22,2	14,8	11,1	11,7
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	25,5	17,0	12,8	13,4
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	37,8	25,2	18,9	19,0
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	41,0	27,3	20,5	20,0
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	45,9	30,6	23,0	21,0
Schweine	3,5%	5%	7,5%	nach DüV ³⁾
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, Standardfutter	11,2	7,9	5,2	6,0
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, N-/P-reduziert	11,8	8,3	5,5	6,0
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis 8 kg, Standardfutter	7,7	5,4	3,6	4,0
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 20 Ferkel bis 8 kg, N-/P-reduziert	8,3	5,8	3,9	4,0
Ferkel von 8 bis 30 kg, Standardfutter	1,4	1,0	0,6	0,6
Ferkel von 8 bis 30 kg, N-/P-reduziert	1,4	1,0	0,6	0,6
Mastschweine, Jungsaunen, Standardfutter	4,3	3,0	2,0	1,5
Mastschweine, Jungsaunen, N-/P-reduziert	4,3	3,0	2,0	1,5
Eber	5,8	4,1	2,7	3,6

¹⁾ Ein Grünlandanteil von über 85 % der LF wird als Grünlandbetrieb, ein Grünlandanteil unter 65 % wird als Acker-Grünlandbetrieb bewertet. Der Gülleanfall von Betrieben zwischen 65 und 85 % Grünlandanteil wird linear berechnet.

²⁾ **Berechnung mittlerer Jahresbestand:**
Stück x Haltungsdauer in Tagen / 365

Beispiel:

$$(250 \text{ Mastschw.} \times 129 \text{ Tage}) + (250 \text{ Mastschw.} \times 130 \text{ Tage}) + (270 \text{ Mastschw.} \times 79 \text{ Tage}) / 365 \text{ Tage} = 236 \text{ Mastschweine im Jahresdurchschnitt}$$

³⁾ Werte nach Düngeverordnung (DüV): Mindestanforderung zur Berechnung des Lagerraumes

Anhang 6c: Rottemist- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in t bzw. m³ pro mittlerem Jahresbestand²⁾ in Abhängigkeit von Leistung, Fütterung und Haltungsform, Stand: März 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5

Tier, Leistung	Tiefstallmist (25%TS)		Festmist (25%TS)		Jauche Anfall in m ³	
	Einstreu kg/Tag	Anfall t/Jahr	Einstreu kg/Tag	Anfall t/Jahr	nach DüV ³⁾	bei mittlerem Wasserzulauf
Rinder						
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	2,0	2,8	1,0	1,7	1,2	1,6
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1150 g TZ)	3,0	5,7	1,5	3,5	2,5	2,9
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1150 g TZ)	3,0	7,7	1,5	4,8	3,4	3,9
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr (1300 g TZ)	3,2	6,0	1,5	3,6	3,1	3,5
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (1300 g TZ)	3,2	8,7	1,5	5,2	4,4	5,0
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	3,2	12,1	1,5	7,3	6,2	7,0
Mutterkuh 500 kg ohne Kalb	8,0	13,5	4,0	7,7	5,0	7,4
Mutterkuh 700 kg ohne Kalb	10,0	15,9	5,0	9,2	5,4	9,0
Acker-Grünlandbetrieb¹⁾						
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	4,0	6,2	2,0	3,8	2,0	3,5
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	4,0	9,4	2,0	5,8	3,0	5,3
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	4,0	10,8	2,0	6,6	3,5	6,1
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	8,7	16,5	4,0	9,6	6,0	9,2
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	9,7	18,5	4,0	10,0	6,4	10,9
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	11,4	21,1	4,0	10,6	6,8	13,0
Grünlandbetrieb¹⁾						
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	5,2	7,5	2,0	3,7	2,0	4,5
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	5,2	11,4	2,0	5,6	3,0	6,7
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	5,2	13,2	2,0	6,5	3,4	7,7
Milchkuh (bis 7999 kg Milch, ohne Kalb)	10,8	19,2	4,0	9,5	6,0	12,3
Milchkuh (8000 bis 9999 kg Milch, ohne Kalb)	12,0	21,0	4,0	9,9	6,4	13,4
Milchkuh (über 9999 kg Milch, ohne Kalb)	13,5	23,7	4,0	10,6	6,8	15,2
Schweine						
Zuchtsauen mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, Stand.futter	3,0	4,8	1,5	2,7	1,5	2,9
Zuchtsauen mit 20 Ferkel bis unter 30 kg, N-/P-red.	2,8	4,7	1,5	2,7	1,5	2,7
Zuchtsauen mit 20 Ferkel bis 8 kg, Standardfutter	2,3	3,6	1,5	2,4	1,2	1,8
Zuchtsauen mit 20 Ferkel bis 8 kg, N-/P-reduziert	2,2	3,5	1,5	2,4	1,2	1,5
Ferkel von 8 bis 30 kg, Standardfutter	0,3	0,5	0,12	0,3	0,3	0,3
Ferkel von 8 bis 30 kg, N-/P-reduziert	0,3	0,5	0,12	0,3	0,3	0,3
Mastschweine, Jungsauen, Standardfutter	1,2	2,0	0,5	1,0	0,6	1,3
Mastschweine, Jungsauen, N-/P-reduziert	1,0	1,7	0,5	1,0	0,6	1,0
Eber	1,9	2,9	1,0	1,6	1,5	1,9

¹⁾ Ein Grünlandanteil von über 85 % der LF wird als Grünlandbetrieb, ein Grünlandanteil unter 65 % wird als Acker-Grünlandbetrieb bewertet. Der Mist-/Jaucheanfall von Betrieben zwischen 65 und 85 % Grünlandanteil wird linear berechnet.

²⁾ **Berechnung mittlerer Jahresbestand:**
Stück x Haltungsdauer in Tagen / 365

Beispiel:

$$(250 \text{ Mastschw.} \times 129 \text{ Tage}) + (250 \text{ Mastschw.} \times 130 \text{ Tage}) + (270 \text{ Mastschw.} \times 79 \text{ Tage}) / 365 \text{ Tage} = 236 \text{ Mastschweine im Jahresdurchschnitt}$$

³⁾ Werte nach Düngeverordnung (DüV): Mindestanforderung zur Berechnung des Lagerraumes

Hier Jauchemenge bei niedriger Stroheinstreumenge: 3-4 kg/GV und Tag

Bei mittlerer Stroheinstreumenge (6-8 kg/GV und Tag) ist angegebener Jaucheanfall zu halbieren,

bei hoher Stroheinstreumenge (> 11kg/GV und Tag) fällt keine Jauche an.

Anhang 6c: Rottemist- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in t bzw. m³ pro mittlerem Jahresbestand²⁾ in Abhängigkeit von Leistung, Fütterung und Haltungsform, Stand: März 2007, entspricht der Düngeverordnung Anlage 5

Tier, Leistung	Mist		
	TS %	Einstreu kg/Tag	Anfall t/Jahr
Geflügel pro 100 Tiere			
Legehennen über sechs Monate Standardfutter	50	1,8	2,9
Legehennen über sechs Monate N-/P-reduziert	50	1,8	2,9
Junghennen bis 6 Monate Standardfutter	60	1,0	1,4
Junghennen bis 6 Monate N-/P-reduziert	60	1,0	1,4
Masthähnchen Standardfutter	60	0,7	1,5
Masthähnchen N-,P-reduziert	60	0,7	1,5
Mastputen Standardfutter	60	2,2	4,9
Mastputen N-,P-reduziert	60	2,2	4,9
Gänse Spätmast/Weidemast	30	5,0	18,0
Pekingenten	30	5,0	7,0
Flugenten	30	4,0	5,4
Sonstige			
Lämmer, Schafe bis ein Jahr	30	0,75	1
Mutterschafe (ohne Lamm), andere Schafe	30	1,78	2,3
Mutterziegen (mit Lamm), andere Ziegen	30	1,32	2,0
Pferde bis ein Jahr, Ponys und Kleinpferde	30	3,55	5,8
Pferde über ein Jahr	30	4,80	7,8
Kaninchen (Häsin + 52 Jungtiere/Jahr bis 3 kg)	25	0	0,7
Strauß, Emu, Nandu	50	0	0,14
Perlhuhn	50	0	0,02
Fasan	50	0	0,01
Masttauben (Elternpaar mit Jungtauben)	50	0	0,03
Wachteln	50	0	0,01

Anhang 7: Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, die anrechenbaren gasförmigen N-Verluste im Stall und im Lager sind berücksichtigt, Stand: Januar 2007

organischer Dünger	Einheit	Nährstoffgehalt						
		N	N o. Stroh ²⁾	NH ₄ -N ³⁾	N-schnell ⁵⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Gerstenstroh (90 % TS)	t	5,0		-	-	3,0	17,0	1,0
Haferstroh (90 % TS)	t	4,0		-	-	3,0	17,0	2,0
Roggenstroh (90 % TS)	t	5,0		-	-	3,0	20,0	2,0
Weizenstroh (90 % TS)	t	5,0		-	-	3,0	14,0	2,0
Streuwiese (90 % TS)	t	6,0		-	0,9	2,5	7,0	2,0
Klärschlamm (5 % TS)	m ³	1,8		0,6	0,7	1,6	0,2	0,5
Klärschlamm (25 % TS)	t	4,5		0,8	1,2	6,5	0,8	2,0
Klärschlamm (50 % TS)	t	7,5		0,8	1,5	12,0	1,0	4,0
Milchviehgülle (Grünland, 7,5 % TS)	m ³	3,8		1,9	2,3	1,5	5,8	1,0
Milchviehgülle (Acker, 7,5 % TS)	m ³	3,5		1,7	2,1	1,4	5,0	1,0
Mastbullengülle (7,5 % TS)	m ³	3,8		1,9	2,3	1,8	4,2	1,0
Mastschweinegülle (5 % TS)	m ³	3,2		2,3	2,5	2,1	2,2	1,3
N-,P-reduziert	m ³	2,7		1,9	2,1	1,7	2,0	1,3
Zuchtsauengülle (mit Ferkel 5 % TS)	m ³	3,3		2,3	2,5	2,3	2,2	1,3
N-,P-reduziert	m ³	2,9		2,0	2,2	1,9	2,0	1,3
Hühnermist (50 % TS)	t	17,5	16,5	8,8	12,3	15,0	15,5	5,5
Hühnerkot (50 % TS)	t	17,5		8,8	14,0	15,0	13,5	5,0
Putenmist (60 % TS)	t	24,8	24,0	7,4	14,4	21,0	22,9	5,0
Rindermist, Kurz-,Mittellangstand (25 % TS)	t	5,0	4,3	0,8	1,2	4,3	6,9	2,0
Rindermist, Tiefstall (25 % TS)	t	5,2	4,2	0,8	1,2	2,7	10,0	2,2
Schweinemist (25 % TS)	t	6,0	4,9	0,9	1,4	6,5	6,5	3,0
Pferdemist (30 % TS)	t	4,6	3,5	0,6	1,0	3,6	10,9	1,4
Schafmist (30 % TS)	t	4,7	3,3	0,5	0,9	2,8	11,1	3,2
Rinderjauche (2,5 % TS)	m ³	3,2		3,1	3,1	0,0	7,9	0,2
Schweinejauche (2,0 % TS)	m ³	3,3		3,1	3,1	0,0	3,1	0,2
Kartoffelbruchwasser Konzentrat (48 % TS)	m ³	22,0		-	19,8	12,0	80,0	7,0

¹⁾ Gegenüber der N-Ausscheidung wurden bei org. Düngern tierischer Herkunft gasförmige N-Verluste im Stall und Lager berücksichtigt:

Tierart	Gülle	Festmist/Jauche
Rinder	15%	30%
Schweine	30%	35%
Geflügel		40%
andere (Pferde, Schafe, ...)		45%

²⁾ Stickstoffgehalt ohne Stroh zur Berechnung der Obergrenze Wirtschaftsdüngerausbringung 170/230 kg N/ha

³⁾ Fehlende Angaben (-) bedeuten, daß ggf. nach Abzug der genannten Verluste keine bzw. nur noch unbedeutende NH₄-N Mengen enthalten sind.

⁵⁾ im Anwendungsjahr verfügbarer Stickstoff

Anhang 7: Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, die anrechenbaren gasförmigen N-Verluste im Stall und im Lager sind berücksichtigt, Stand: Januar 2007

Fortsetzung

organischer Dünger	Einheit	Nährstoffgehalt kg/t bzw. m ³						4)
		N	NH ₄ -N ¹⁾	N-schnell ³⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Hornspäne (90 % TS)	t	140,0		98,0	50,0	10,0	10,0	
Rhizinusschrot (70 % TS)	t	57,0		39,9	24,0	14,0	8,0	
Rindenkompost (40 % TS)	t	5,5		0,3	0,5	2,0	2,0	x
Sägemehl (70 % TS)	t	0,5		0,0	0,2	0,5	0,4	x
Schlachtabfälle Fettabscheider (30 % TS)	t	10,0		5,0	3,0	1,0	1,0	
Schlachtabfälle Panseninhalt (30 % TS)	t	5,0		2,0	3,0	5,0	2,0	
Fleischknochenmehl (95 % TS)	t	50,0	1,3	20,0	165,0	3,5	4,9	
Schlempe (Kartoffeln) (5 % TS)	m ³	2,8		2,0	1,1	4,8	0,5	
Tresterkompost (60 % TS)	t	10,0		1,0	4,0	16,0	3,0	x
Filterhefe stichfest (35 % TS)	t	16,0		14,4	6,0	24,0	2,5	
Kompost (Grüngut) (50 % TS)	t	6,6		0,3	3,9	5,1	8,2	x
Kompost (Bioabfall) (60 % TS)	t	8,5		0,4	5,4	7,9	10,0	x
Grünguthäcksel (50 % TS)	t	5,2		0,5	2,6	5,4	5,0	x
Landschaftspflegematerial (40 % TS)	t	6,3		0,9	2,1	6,7	2,2	x
Rebenhäcksel (Hopfen) (27 % TS)	t	5,5		0,6	2,0	7,7	3,5	x
Biogasgärrest				Eigene Untersuchung notwendig				

⁴⁾ organische Dünger mit sehr hohem Anteil an fest gebundenem organischen Stickstoff

Anhang 8: Nährstoffgehalte von Gemüse, Stand: Januar 2007, entspricht der Düngeverordnung
Anlage 5 Tabelle 2

Pflanzenart	Produktions- verfahren	Klasse ¹⁾ DüV	FM dt/ha	Nährstoffgehalt in der Frischmasse			
				kg/dt			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Artischocke			500	0,19	0,05	0,24	0,02
Auberginen			600	0,32	0,08	0,38	0,06
Blattsalate		1	350	0,19	0,07	0,45	0,02
Blumenkohl	6er	3	350	0,32	0,10	0,36	0,02
Brokkoli	> 500g	3	150	0,37	0,15	0,46	0,03
Buschbohnen		2	120	0,36	0,10	0,30	0,04
Chicoree	Rübenanbau	1	450	0,25	0,12	0,54	0,07
Chinakohl		2	700	0,16	0,09	0,30	0,02
Dill		1	300	0,30	0,09	0,60	0,04
Eissalat		1	600	0,13	0,06	0,30	0,02
Endivie		1	350	0,25	0,06	0,55	0,03
Feldsalat		1	80	0,45	0,09	0,65	0,06
Grünkohl		1	200	0,46	0,18	0,54	0,04
Gurke		2	700	0,17	0,07	0,24	0,02
Knollenfenchel		2	400	0,24	0,07	0,48	0,03
Kohlrabi	8-10cm	2	450	0,30	0,10	0,42	0,03
Kopfsalat		1	500	0,18	0,07	0,36	0,03
Mangold			400	0,25	0,04	0,50	0,08
Markerbse		1	60	0,49	0,23	0,36	0,06
Möhre		1	600	0,17	0,08	0,53	0,04
Paprika			300	0,29	0,08	0,35	0,05
Pastinake			400	0,33	0,24	0,72	0,09
Petersilie	Blatt	1	240	0,44	0,11	0,66	0,03
Porree		2	500	0,27	0,08	0,36	0,03
Radicchio		1	280	0,25	0,09	0,48	0,04
Radies		1	300	0,20	0,07	0,34	0,03
Rettich		1	500	0,17	0,08	0,36	0,03
Rhabarber			500	0,29	0,10	0,50	0,05
Romana	normal	1	450	0,20	0,09	0,40	0,02
Rosenkohl	nur Röschen	2	250	0,47	0,19	0,67	0,04
Rote Rüben		1	600	0,27	0,11	0,48	0,05
Rotkohl		2	500	0,28	0,08	0,36	0,03
Schnittlauch		1	300	0,50	0,14	0,54	0,06
Schwarzwurzeln			200	0,24	0,16	0,39	0,04
Sellerie		2	600	0,27	0,13	0,56	0,03
Spargel	Ernteprodukt	2	50	0,25	0,14	0,36	0,07
Speisekürbis		1	400	0,25	0,21	0,55	0,08
Spinat		1	300	0,43	0,11	0,66	0,08
Stangenbohne		3	250	0,35	0,09	0,30	0,04
Tomate			2000	0,22	0,07	0,35	0,03
Weißkohl		3	600	0,26	0,07	0,31	0,03
Wirsing		3	350	0,38	0,12	0,39	0,02
Zucchini		3	500	0,23	0,06	0,20	0,03
Zuckerhut		1	600	0,20	0,11	0,30	0,02
Zuckermais		3	200	0,32	0,16	0,27	0,06
Zwiebel	Trocken	1	600	0,22	0,08	0,24	0,03

1) unvermeidliche Überschüsse für die Nährstoffbilanz nach Düngeverordnung (DüV) Anlage 6
für die letzte Kultur vor Winter:

Klasse 1 = 50 kg N/ha, 2 = 80 kg N/ha, 3 = 120 kg N/ha.

Anhang 9: Nährstoffgehalte von Heil- und Gewürzpflanzen, Stand: Januar 2007

Pflanzenart	Pflanzenteil	FM dt/ha	Nährstoffgehalt in der Frischmasse (kg/dt)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Ackerschachtelhalm	Kraut(sterile Triebe)	50	0,50	0,23	0,74	0,14
Alant	Wurzeln	300	0,50	0,21	0,76	0,07
Alant	Krauternterückstände	130	0,28	0,07	0,99	0,11
Arzneifenchel	Früchte	25	2,78	1,26	2,58	0,43
Arzneifenchel	Kraut ohne Früchte	150	0,39	0,16	1,15	0,10
Baldrian	Wurzeln	150	0,29	0,19	0,41	0,06
Baldrian	Krauternterückstände	200	0,28	0,10	0,50	0,06
Basilikum	Kraut b. Blühbeginn	150	0,33	0,09	0,39	0,07
Bergarnika	Blütenkörbe	40	0,40	0,16	0,48	0,06
Bergarnika	Wurzeln	60	0,68	0,30	0,65	0,10
Bergarnika	Krauternterückstände	70	0,47	0,16	0,74	0,11
Bergbohnenkraut	Blühendes Kraut	135	0,65	0,16	0,74	0,15
Bibernelle (kl.)	Wurzeln	70	0,35	0,17	0,51	0,06
Bibernelle (kl.)	Krauternterückstände	250	0,45	0,21	0,85	0,09
Blaue Malve	Blüten	100	0,30	0,16	0,47	0,07
Blaue Malve	Kraut ohne Blüten	400	0,41	0,18	0,80	0,07
Blaue Malve	Blühendes Kraut	500	0,35	0,16	0,69	0,07
Bockshornklee	Krauternterückstände	20	0,68	0,42	0,82	0,15
Bockshornklee	Samen	5	3,87	1,40	1,53	1,40
Brennnessel (gr.)	Nicht blühendes Kraut	400	0,59	0,16	0,69	0,10
Brennnessel (gr.)	Wurzeln	80	0,38	0,20	0,51	0,10
Brennnessel (kl.)	Blühendes Kraut	120	0,70	0,15	0,79	0,09
Bohnenkraut einj.	Blühendes Kraut	450	0,32	0,12	0,49	0,07
Borretsch	Blühendes Kraut	700	0,15	0,05	0,44	0,02
Dost	Blühendes Kraut	120	0,50	0,14	0,52	0,17
Drachenkopf	Blühendes Kraut	500	0,27	0,11	0,65	0,03
Eibisch	Wurzeln	150	0,66	0,30	0,72	0,20
Eibisch	Krauternterückstände	100	0,22	0,07	0,80	0,05
Engelwurz	Wurzeln	200	0,30	0,23	0,65	0,09
Engelwurz	Krauternterückstände	400	0,15	0,07	0,72	0,04
Estragon (dtsh.)	Nicht blühendes Kraut	150	0,55	0,16	0,88	0,04
Goldrute	Blühhorizont	210	0,60	0,21	0,77	0,05
Johanniskraut	Blühendes Kraut	200	0,53	0,20	0,60	0,07
Kamille	Kraut ohne Blüten	60	0,26	0,09	0,53	0,01
Kamille	Blüten	40	0,42	0,21	0,54	0,01
Knoblauch	Zehen	80	0,61	0,29	0,52	0,03
Knoblauch	Krauternterückstände	100	0,24	0,09	0,47	0,06
Knoblauch	Abfall trocken	20	0,65	0,23	0,58	0,15
Kornblume	Blüten	70	0,44	0,19	0,50	0,06
Kornblume	Kraut ohne Blüten	130	0,70	0,07	0,88	0,11
Kornblume	Blühendes Kraut	200	0,37	0,10	0,63	0,05
Kümmel	Früchte	20	2,65	1,15	1,55	0,38
Kümmel	Kraut ohne Früchte	150	0,23	0,21	1,05	0,08
Liebstöckel	Nicht blühendes Kraut	550	0,37	0,11	0,50	0,06
Liebstöckel	Wurzeln	120	0,21	0,15	0,24	0,08
Majoran	Kraut bei Blühbeginn	200	0,48	0,14	0,59	0,07

Anhang 9: Nährstoffgehalte von Heil- und Gewürzpflanzen, Stand: Januar 2007

Fortsetzung

Pflanzenart	Pflanzenteil	FM dt/ha	Nährstoffgehalt in der Frischmasse (kg/dt)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Meerrettich	Wurzeln	200	0,51	0,22	0,75	0,07
Meerrettich	Krauternterückstände	250	0,38	0,10	0,64	0,06
Muskatteller Salbei	Blühendes Kraut	300	0,24	0,07	0,35	0,10
Mutterkraut	Blühendes Kraut	120	0,45	0,16	0,80	0,05
Nachtkerze	Samen	13	2,06	1,12	0,66	0,30
Nachtkerze	Kraut	140	0,35	0,14	0,48	0,08
Pfefferminze	Nicht blühendes Kraut	400	0,42	0,11	0,55	0,08
Ringelblume	Kraut ohne Blüten	450	0,29	0,07	0,70	0,06
Ringelblume	Blütenkörbe	50	0,30	0,12	0,46	0,05
Ringelblume	Blühendes Kraut	600	0,29	0,07	0,50	0,05
Salbei	Nicht blühendes Kraut	350	0,49	0,11	0,62	0,13
Schabzigerklee	Blühendes Kraut	300	0,37	0,08	0,66	0,07
Schafgarbe	Blühhorizont	350	0,46	0,16	0,77	0,05
Schlüsselblume	Wurzeln	120	0,27	0,15	0,35	0,09
Schlüsselblume	Krauternterückstände	125	0,42	0,13	0,73	0,17
Schöllkraut	Blühendes Kraut	300	0,40	0,11	0,50	0,08
Sonnenhut (E.angustifolia)	Blühendes Kraut	50	0,56	0,12	0,82	0,14
Sonnenhut (E.angustifolia)	Wurzeln	20	0,95	0,20	0,45	0,10
Sonnenhut (E.purpurea)	Blühendes Kraut	300	0,44	0,13	0,83	0,14
Sonnenhut (E.purpurea)	Wurzeln	150	0,46	0,14	0,50	0,14
Sonnenhut (E.pallida)	Blühendes Kraut	300	0,31	0,10	0,45	0,11
Sonnenhut (E.pallida)	Wurzeln	150	0,58	0,14	0,49	0,08
Spitzwegerich	Kraut	200	0,33	0,11	0,53	0,02
Steinklee (gelber)	Blühendes Kraut	350	0,58	0,14	0,41	0,03
Thymian	Blühendes Kraut	150	0,44	0,12	0,77	0,08
Zitronenmelisse	Nicht blühendes Kraut	300	0,49	0,14	0,76	0,09
Zitronenmelisse	Stengel	100	0,30	0,11	0,97	0,09
Zitronenmelisse	Blätter	200	0,72	0,17	0,88	0,13

