



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland

Gelbes Heft

Stand: 2022



LfL-Information

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agraroeekologie@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 8640-3640

15. Auflage: Nachdruck September 2025

Druck: Ortmaier Druck, 84160 Frontenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL, alle Rechte beim Herausgeber



Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland

**Robert Knöferl, Dr. Michael Diepolder,
Konrad Offenberger, Sven Raschbacher,
Maria Brandl, Alexander Kavka,
Laura Hippich, Rebekka Schmücker,
Christian Sperger, Sarah Kalmbach**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	7
1 Allgemeine Hinweise	9
1.1 Bodenfruchtbarkeit	9
1.1.1 Bodentypen und Bodenarten	9
1.1.2 Bodenstruktur	11
1.1.3 Bodenleben und Humusversorgung	11
1.1.4 Fruchtfolge und Zwischenfrüchte	13
1.2 Bodenuntersuchung	14
1.2.1 N _{min} (mineralisierter Stickstoff)	14
1.2.2 Standard (pH, P ₂ O ₅ , K ₂ O) und Mg	15
1.2.3 Spurennährstoffe	16
2 Nährstoffe und Bodenversorgung	18
2.1 Kalk	18
2.1.1 Düngbedarf bei Kalk für Ackerflächen	19
2.1.2 Düngbedarf bei Kalk für Grünlandflächen	21
2.2 Stickstoff (N)	25
2.3 Phosphat (P ₂ O ₅)	26
2.4 Kali (K ₂ O)	28
2.5 Magnesium (Mg)	31
2.6 Schwefel (S)	33
2.7 Spurennährstoffe	35
3 Organische Düngemittel	40
3.1 Düngerarten	40
3.2 Nährstoffwirkung und Nährstoffeffizienz	43
3.2.1 Stickstoffwirkung	43
3.2.2 Stickstoffeffizienz	44
3.2.3 Phosphat- und Kaliwirkung	44
4 Betriebliche Nährstoffflüsse und Bilanzierung	46
4.1 Stoffstrombilanz (Hof-Tor-Bilanz)	46
4.2 Stallbilanz (Stall-Tier-Bilanz)	47
4.3 Schlagbilanz (Feld-Stall-Bilanz)	48
5 Vorbereitung auf die Düngesaison	49

5.1	Obergrenze für organische Dünger (Grenze 170 kg N/ha)	49
5.2	Mindestlagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger	49
5.3	Zu- und Abgang von Wirtschaftsdünger (WDüngV).....	50
5.4	Düngebedarfsermittlung	51
5.4.1	Düngebedarfsermittlung Stickstoff	55
5.4.2	Düngebedarfsermittlung Phosphat und Kali	63
5.4.3	Verpflichtung zur schriftlichen Düngebedarfsermittlung	70
6	Vorgaben bei der Düngung	71
6.1	Bodenzustand	71
6.2	Einarbeitung	71
6.3	Mindestabstände zu Oberflächengewässern.....	71
6.4	Gerätetechnik	72
6.5	Sperrfristen	73
6.6	Dokumentation der Düngemaßnahmen.....	74
7	Abschluss der Düngesaison	75
8	Zusätzliche Vorgaben in belasteten Gebieten.....	76
8.1	Ergänzende Vorgaben in roten Gebieten.....	76
8.2	Ergänzende Vorgaben in gelben Gebieten	78
8.3	Erleichterungen	79
9	Übersicht der rechtlichen Regelungen zur Düngung.....	80
Anhang		85
Vorlage 1:	Schema zur Düngebedarfsermittlung für Magnesium.....	85
Vorlage 2:	Schema zur Düngebedarfsermittlung für Stickstoff	86
Vorlage 3:	Jährlich anzurechnender Nährstoffanfall pro Hektar durch Beweidung	87
Vorlage 4:	Schema zur Düngebedarfsermittlung für Phosphat und Kali	88
Vorlage 5:	Berechnung des Zuschlags bei der optionalen Schaukeldüngung sonstiger Kulturen.....	89
Basisdaten.....		90
Umrechnungshilfen		112
Literaturverzeichnis		113
Informationen zu Düngung und Nährstoffhaushalt im Internet		114

Vorwort

Eine bedarfsgerechte Versorgung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen mit Nährstoffen stellt die Voraussetzung für einen erfolgreichen Pflanzenbau dar. Gleichzeitig kann nur durch den bedarfsge- rechten Einsatz von Düngemitteln der Schutz unserer natürlichen Ressourcen wie unserer Gewässer nachhaltig gewährleistet werden. In Kombination mit dem Produktionsfaktor Boden hat die Ausbrin- gung von Düngemitteln daher eine besondere Bedeutung für die Landwirtschaft sowie die Gesell- schaft. Durch die Funktion des Humus als Kohlenstoffspeicher können Böden außerdem einen ent- scheidenden Baustein darstellen, um von landwirtschaftlicher Seite den Auswirkungen des fortschrei- tenden Klimawandels entgegenzutreten. Der Einsatz von Düngemitteln kann sich positiv auf den Hu- musgehalt im Boden und damit direkt auch auf dessen Fruchtbarkeit auswirken.

Gleichzeitig ist die Gewinnung von Mineraldüngern, insbesondere Stickstoff, sehr energieintensiv und klimarelevant im negativen Sinne. Ein gezielter Einsatz sowohl mineralischer als auch organi- scher Dünger nach dem Prinzip „so viel wie nötig und so wenig wie möglich“ ist daher unerlässlich und auch Voraussetzung für die Einhaltung der strengen düngerechtlichen Vorgaben. Neben der Nährstoffmenge beeinflusst die Art des Düngemittels die Wirkung auf den Ertrag sowie die Qualität der Kulturen und damit auch die Nährstoffeffizienz. Grundsätzlich gilt, je höher das Preisniveau für Mineraldünger desto interessanter ist beispielsweise der Einsatz von organischen Düngern.

Die Novelle der Düngeverordnung im Jahr 2020 hat eine Neuauflage des Gelben Heftes erforderlich gemacht, um in gewohnter Weise komprimierte Informationen zur guten fachlichen Praxis der Dün- gung zur Verfügung zu stellen. Ziel ist es, fachliche Grundlagen und die neuen rechtlichen Vorgaben so zu verknüpfen, dass Ökologie und Ökonomie in bestmöglicher Weise berücksichtigt werden. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Düngebedarfsermittlung und eine möglichst effiziente Umsetzung dieser Planung.

Für die meisten Betriebe wird es aufgrund der Komplexität der rechtlichen Vorgaben und der Vielzahl der benötigten Daten sinnvoll sein, das bestehende Angebot an EDV-Anwendungen zu nutzen. Die Inhalte dieses Heftes sollen dazu beitragen, die Zusammenhänge der rechtlichen Regelungen und insbesondere der Düngebedarfsermittlung für Ackerkulturen und Grünland nachvollziehen zu kön- nen. Dabei kann das Gelbe Heft kein Lehrbuch ersetzen und es können auch nicht alle Details oder Basisdaten angeführt werden. Umfassende ergänzende Informationen sind dem Internetauftritt der LfL unter www.lfl.bayern.de/duengung zu entnehmen. Damit diese schneller zu finden sind, wurde auf der letzten Seite eine Übersicht der einzelnen Themen mit den direkten Zugangslinks ergänzt.

Inhaltlich wurden in der neuen Auflage insbesondere folgende Änderungen vorgenommen:

- Anpassung der einzelnen Kapitel an die aktuellen rechtlichen Vorgaben und Ergänzung der Vorgaben für die roten und gelben Gebiete
- Vereinheitlichung der Berechnungsanleitung zur Düngebedarfsermittlung für Acker- und Grünland bei Stickstoff
- Ergänzung eines Berechnungsschemas zur Düngebedarfsermittlung für Ackerland bei Phos- phat und Kali und Zusammenführung mit der Planung für Grünland
- Aktualisierung der Basisdaten, die im Anhang zu finden sind.

Zuletzt gilt mein Dank allen, die zum Gelingen des neuen Gelben Heftes durch eigene Beiträge, Da- tenmaterial oder redaktionelle Bearbeitung beigetragen haben. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Matthias Wendland und Frau Renate Plattner für die Erstellung der zurückliegenden Auflagen.

Robert Knöferl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau

Fachliches Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Klärschlammverordnung	Mn	Mangan
AVDüV	Ausführungsverordnung Düngeverordnung	Mo	Molybdän
B	Bor	N	Stickstoff
BioAbfV	Bioabfallverordnung	N ₂	Stickstoff (molekular)
C	Kohlenstoff	N ₂ O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
CaCl ₂	Calciumchlorid	Na	Natrium
CaCO ₃	Calciumcarbonat	N _{ges}	Gesamtstickstoff
CaO	Calciumoxid	NH ₄ ⁺	Ammonium
CC	Cross Compliance	NH ₄ -N	Ammoniumstickstoff
C _{org}	Organischer Kohlenstoff	N _{min}	Mineralisierter Stickstoff
Cu	Kupfer	NO ₂	Stickstoffdioxid
DüMV	Düngemittelverordnung	NO ₃ ⁻	Nitrat
DüngG	Düngegesetz	NO ₃ -N	Nitratstickstoff
DüV	Düngeverordnung	P	Phosphor
Fe	Eisen	P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid (Phosphat)
FID	Feldstücksidentifikator	S	Sand (Korngröße der Bodentextur)
FM	Frischmasse	S	Schwefel (Nährstoff)
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union	SO ₄ ²⁻	Sulfat
GV	Großvieheinheit	StoffBilV	Stoffstrombilanzverordnung
K	Kalium	T	Ton
K ₂ O	Kaliumoxid („Kali“)	TM	Trockenmasse
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche	U	Schluff
Mg	Magnesium	WDüngV	Wirtschaftsdüngerverbringungs- verordnung
MgO	Magnesiumoxid	Zn	Zink

1 Allgemeine Hinweise

Ziel moderner Düngestrategien ist es, die dem Boden oder den Pflanzen zugeführten Nährstoffe möglichst weitestgehend direkt in Ertrag und Qualität umzusetzen und dabei unnötige Anreicherungen im Boden und negative Beeinträchtigungen des Bodens, des Wassers und der Luft zu vermeiden.

Mit der Düngeverordnung (DüV) von 2017 und deren strengen Vorgaben zum Einsatz von Stickstoff (N) und Phosphat (P_2O_5) wurde eine möglichst hohe Nährstoffeffizienz für eine ausgewogene Pflanzenernährung unerlässlich. Die aktuell gültige DüV von 2020 brachte vor allem für die sogenannten „roten Gebiete“ deutliche zusätzliche Einschränkungen bei der Stickstoffdüngung mit sich. Daraus ergeben sich bei vielen landwirtschaftlichen Betrieben umfassende Anpassungen beim Düngemanagement und den weiteren pflanzenbaulichen Maßnahmen.

Für die Effizienz von Düngestrategien spielen viele Faktoren eine Rolle, die häufig miteinander verknüpft sind. Dazu zählen die natürlichen Standortverhältnisse, welche nicht verändert werden können, wie Klima, Witterung, Bodenart und Bodentyp. Durch die Bewirtschaftung kann jedoch die Bodenstruktur, die Humusversorgung bzw. das Bodenleben und damit die Bodenfruchtbarkeit von Acker- und Grünland maßgeblich beeinflusst werden.

Zu Grünland zählen Dauergrünland und die Einsaat von Grünland mit dem Ziel, dieses als Dauergrünland zu nutzen.

Als Grundlage für einen effizienten Nährstoffeinsatz sind Bodenuntersuchungen und der Einsatz verlustarmer, exakter Technik zur Ausbringung organischer und mineralischer Dünger zu nennen. Nachfolgend werden einige dieser Einflussgrößen näher beschrieben. Nur wenn alle Maßnahmen zur Bodenfruchtbarkeit optimiert sind, kann auch bei der Düngung eine hohe Effizienz erwartet werden. Für einen tieferen pflanzenbaulichen Einblick wird auf die Fachliteratur verwiesen, beispielsweise auf das Lehrbuch „Die Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Pflanzenbau“ (2014).

1.1 Bodenfruchtbarkeit

Böden dienen den Pflanzen als Verankerungsraum und Speicher von Wasser und Nährstoffen. Böden setzen sich zusammen aus Mineralstoffen unterschiedlicher Größe, Humus und Bodenorganismen. Zwischen diesen festen Bestandteilen liegen mit Wasser und Gas gefüllte Hohlräume. Unterschiedliche Ausgangsgesteine, vom Klima gesteuerte Verwitterungsprozesse, die Lage im Relief der Landschaft, das Alter ihrer Entstehung und die Art der menschlichen Nutzung haben zu einer Vielfalt an Erscheinungsformen und Eigenschaften von Böden geführt. Die Bodenfruchtbarkeit hängt wesentlich vom jeweiligen Standort und damit vom Boden ab.

1.1.1 Bodentypen und Bodenarten

Aus dem Bodentyp lassen sich Rückschlüsse auf wichtige Standorteigenschaften ziehen. Jedem Bodentyp (z. B. Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley, Gley, Pelosol, Moor) liegt dabei eine charakteristische Abfolge von mehreren Bodenhorizonten zugrunde, die im aufgegrabenen Bodenprofil zu erkennen ist. Die Art und Mächtigkeit der Horizonte und damit auch die physikalisch-chemischen Eigenschaften (Durchwurzelbarkeit, Nährstoffgehalte des Ober- und Unterbodens, Porengrößenverhältnisse, Dichte, Bearbeitbarkeit) von Bodentypen hängen wesentlich vom Ausgangsmaterial (z. B. Löss, Lößlehm, Granit/Gneis, Kalkschotter, Moor) und von der Bodenart ab.

Beispiele für Bodentypen mit hohem Nährstoffausnutzungsgrad sind neben Schwarzerden die Parabraunerden und Schwarzerden aus Löss (schluffreiches, angewehtes Ausgangsmaterial aus der letzten Eiszeit) in den Gäulagen Nieder- und Nordbayerns oder die Braunerden aus Lößlehm im ober- und niederbayerischen Hügelland. Beispiele für Bodentypen mit nicht optimalem Wasserhaushalt sind

der Pseudogley (Staunässeboden mit dichtem Unterboden), der Pelosol (Tonboden, „Minutenboden“) und der Gley. Staunässe und ein hoher Grundwasserstand schränken die Durchwurzelbarkeit ein und verschlechtern die Nährstoffaufnahme. Im Gegensatz dazu haben z. B. Schotterböden eine geringe Wasserspeicherkapazität, die oft zu einer höheren Verlagerung der Nährstoffe führt.

Die Bodenart ist ein wichtiger Standortfaktor, der auch für die Düngedbedarfsermittlung (siehe Kapitel 2 und 5) eine Rolle spielt. Die Bodenart wird im Labor durch die Fingerprobe oder komplexere, standardisierte Verfahren bestimmt. Hierbei wird das Verhältnis der Korngrößenfraktionen Sand (S), Schluff (U) und Ton (T) inklusive Untergruppen festgestellt und nach einem bestimmten Verteilungsschlüssel den entsprechenden Bodenarten zugeordnet.

Neben der Bodenart fließt auch der Humusgehalt in die Düngedbedarfsermittlung ein. Bei der Bodenuntersuchung wird deshalb in der Regel die Humusklasse (Tabelle 1) und die Bodenartenklasse (Tabelle 2) bestimmt und im Untersuchungsergebnis zusammen mitgeteilt.

Tabelle 1: Humusklasseneinteilung Bayerns

Schlüssel	Humusklasse	Humusgehalt in %
0	Mineralboden	≤ 4,0
1	Humoser Boden ¹⁾	4,1 - 15
2	Anmooriger Boden	15,1 - 30
3	Moorboden	> 30

¹⁾ Im Sinne der DüV

Tabelle 2: Bodenarteneinteilung für Mineralböden nach dem Bodenartenschlüssel Bayerns

Schlüssel	Bodenart	Symbol	Ton in %	Schluff in %	Bearbeitbarkeit
1	Sand	S	< 5	< 10	leichter Boden
2	schwach lehmiger Sand	l'S	< 5 5 - < 12	10 - < 50 < 50	
3	stark lehmiger Sand	IS	12 - < 17	< 50	mittlerer Boden
4	sandiger Lehm	sL	17 - < 25	< 50	
5	schluffiger Lehm	uL	< 25	≥ 50	
6	toniger Lehm sandiger Ton *	tL sT	25 - < 45 25 - < 65	15 - < 75 < 15	schwerer Boden
7	lehmiger Ton	IT	45 - 65	15 - < 55	
8	Ton	T	> 65	< 35	

* Die Bodenart „sandiger Ton“ ist selten anzutreffen. Deshalb wurde kein eigener Schlüssel vergeben. Wird bei der Fingerprobe eine relativ geringe Bindigkeit festgestellt, so ist die Zuordnung zum „sandigen Lehm“ (4) vorzunehmen, andernfalls zum tonigen Lehm (6).

Bei der Standardbodenuntersuchung wird die Humusklasse mit der Bodenart gemeinsam als zweistellige Zahl ausgegeben. Dabei ist die erste Zahl die Humusklasse und die zweite Zahl die Bodenart. Die Zahl „04“ bei der Bodenuntersuchung bedeutet zum Beispiel „0“ Mineralboden mit der Bodenart „4“ sandiger Lehm.

1.1.2 Bodenstruktur

Die Bodenstruktur oder das Bodengefüge ist die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile (Sand-, Schluff-, Tonteilchen, Humus). Aus der Art dieser Anordnung ergeben sich das Porenvolumen, d. h. die Hohlräume eines Bodens und deren Beschaffenheit (Größe der Hohlräume, Tiefenverlauf, Kontinuität). Damit hat die Bodenstruktur einen wesentlichen Einfluss auf den Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt eines Bodens sowie auf das Wurzelwachstum. Die Bodenstruktur ist von vielen Faktoren abhängig und kann durch Bewirtschaftungsmaßnahmen sowohl negativ als auch positiv verändert werden. Alle Maßnahmen zur Stabilisierung des Gefüges, wie die Zufuhr organischer Substanz, der Zwischenfruchtanbau und die Kalkung tragen wesentlich zu einer günstigen Bodenstruktur bei. Strukturfördernd bzw. gefügestabilisierend wirken das Zusammenspiel von Ton- und Humusteilchen zu sogenannten Ton-Humus-Komplexen sowie die „Lebendverbauung“ der Mineralteilchen durch die Haarwurzeln höherer Pflanzen, durch Pilzhyphen, Bakterienkolonien und Bodentiere, insbesondere durch die Regenwürmer.

Daraus resultieren positive Effekte auf die Ertragsfähigkeit bzw. die Nährstoffeffizienz eines Standortes. Die größte Gefahr für die Bodenstruktur geht vom Befahren und Bearbeiten der Flächen in zu feuchtem bzw. nassem Zustand aus. Bei geschädigter Bodenstruktur, z. B. durch hohe Radlasten, könnte eine Düngung über Bedarf die Hemmung des Pflanzenwachstums zwar noch abschwächen, aber keinesfalls kompensieren. Ob Strukturschäden vorliegen, lässt sich am besten mit etwas Übung mittels der Spatendiagnose oder einer Bodensonde feststellen.

1.1.3 Bodenleben und Humusversorgung

Obwohl das Bodenleben nur rund 2 - 5 % des in Böden gebundenen Kohlenstoffs ausmacht, ist es die direkte Ursache für fast alle chemischen und physikalischen Umsetzungen, die im Boden stattfinden. Das Bodenleben umfasst die Bodenmikroflora (Bodenmikroorganismen) und die Bodentiere.

Die Bodenmikroflora setzt sich aus Bakterien, Pilzen und Algen zusammen. Ihr Anteil am gesamten Bodenleben beträgt rund 80 %. Bodenmikroorganismen spielen für den Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphat- und Schwefelkreislauf, für eine stabile Bodenstruktur, für den Schutz der Pflanzen vor Schaderregern und Krankheiten und damit für die Förderung des Pflanzenwachstums eine äußerst wichtige Rolle. Eine leistungsfähige, vielfältige Bodenmikroflora ist die Voraussetzung für einen fruchtbaren Boden. Der Bereich der Bodentiere geht vom Einzeller bis hin zu Wirbeltieren. Bodentiere wie Regenwürmer, Tausendfüßler, Asseln, Milben, Springschwänze und Insektenlarven zersetzen Pflanzenreste wie Stroh oder andere Ernterückstände und fördern zudem die Stoffumsetzungsprozesse der Mikroflora. Regenwürmer sind die wichtigste, aktiv das Bodengefüge verändernde Tiergruppe im Boden. Durch ihre Grabtätigkeit bilden sie weitverzweigte Röhrensysteme, welche Bodenverdichtungen entgegenwirken, die Sauerstoffversorgung, die Wasserspeicherkapazität sowie das Infiltrationsvermögen des Bodens verbessern und so die Erosionsgefahr mindern. Verlassene Regenwurmrohre sind bevorzugte Leitbahnen für das Wurzelwachstum bis weit in den Unterboden und Lebensraum für viele nicht grabende Bodentiere. Mit der Aufnahme von organischem Material werden von Regenwürmern auch mineralische Bestandteile des Bodens mitgefressen. Im Darm der Regenwürmer bilden sich dabei stabile Ton-Humus-Komplexe. Der ausgeschiedene Regenwurm Kot ist zudem im Vergleich zum umgebenden Boden reich an Humus, Nährstoffen und Enzymen.

Damit erfüllt ein möglichst aktives Bodenleben eine Schlüsselfunktion für die Bodenfruchtbarkeit und eine effiziente Düngung. Hierzu trägt die Humusversorgung des Bodens entscheidend bei, da der

Humus die Nahrungsquelle für Bodenmikroorganismen und Bodentiere ist. Zahlreiche Experimente belegen, dass zwischen dem Humusgehalt eines Bodens und der Menge der mikrobiellen Biomasse eine enge Beziehung besteht. Darüber hinaus liegt die Bedeutung des Humus in der vielfältigen und miteinander verwobenen (komplexen) Beeinflussung nahezu aller Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen.

Humus (organische Substanz eines Bodens) ist ein komplexes Gemisch von organischen Stoffen pflanzlichen, mikrobiellen und tierischen Ursprungs, das sich in unterschiedlichen Zersetzungsstadien bzw. Qualitätsstufen befindet. Humus entsteht aus Ernterückständen, organischen Düngern, abgestorbenen Bodenmikroorganismen und Bodentieren überwiegend durch mikrobiellen Abbau. Dabei hat Humus (Humusgehalt = Gehalt des organischen Kohlenstoffs C_{org} x 1,72) für den Boden und das Pflanzenwachstum u. a. folgende wichtige Funktionen:

- **Speichern von Nährstoffen:** Der Humus stellt eine langsam fließende Nährstoffquelle für die Pflanzen dar. Durch den mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff etc.) in pflanzenverfügbare Verbindungen umgewandelt.
- **Bodenstruktur schaffen:** Der Humus wirkt gefügeschaffend und gefügestabilisierend, indem er die Mineralteilchen zu einem hohlraumreichen Bodenverband verklebt (Ton-Humus-Komplex) und den Luft- und Wasserhaushalt sehr positiv beeinflusst. Dadurch werden die Wasser- und Nährstoffzufuhr zur Pflanzenwurzel, die Wurzelentwicklung, die Durchlüftung und somit die mikrobielle Aktivität, die Wasserspeicherefähigkeit, die Wasserversickerung, die Wasserstabilität der Bodenaggregate sowie die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit des Bodens gesteuert. Gefahrenpotenziale durch Bodenverdichtung und Erosion können durch optimale Humusgehalte vermindert werden.
- **Wasser speichern:** Eine Eigenschaft, die auch im Hinblick auf die Klimaerwärmung von Bedeutung ist. Die gespeicherte Wassermenge kann das Vielfache 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 einen Teil dieser Nährstoffe vor der Auswaschung schützen. Der Vorgang ist insbesondere bei sandigen Böden wegen ihres geringen Tonanteils von Bedeutung. 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 Abbaurate 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 (u. a. das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff im Humus) von Böden hängen von Standortfaktoren (Klima, Korngrößenverteilung, Geologie, Grundwasser) und von der Bodenbewirtschaftung (Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung) ab. Ein bestimmter Boden kann demnach nur einen für den Standort typischen Humusgehalt aufbauen.

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

- Standortgerechte, vielfältige Fruchtfolgen mit einem ausgewogenen Verhältnis von humuszehrenden (z. B. Zuckerrübe, Kartoffel, Silomais, Sonnenblume, Getreide mit Strohabfuhr) und humusmehrenden (z. B. Klee gras, Luzerne, Körnerleguminosen, Zwischenfrüchte) Fruchtarten.
- 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 die Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (Stallmist, Gülle, Gärrest) oder Komposten.
- Gleichmäßige Verteilung und Einarbeitung der Pflanzenreste und organischer Dünger.
- Standort- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung. Dagegen verstärkt eine hohe Bearbeitungsintensität den Humusabbau.
- Standortgerechte Kalkversorgung. Die Bodenbakterien schränken ihre Aktivität mit zunehmender Versauerung ein. Die Kalkung hebt den pH-Wert an und fördert damit die mikrobielle Aktivität.

1.1.4 Fruchtfolge und Zwischenfrüchte

Die optimale Gestaltung der Fruchtfolge eines Betriebes ist ein wesentlicher Grundpfeiler zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und zudem eine vorbeugende Maßnahme gegen Verunkrautung sowie Krankheits- und Schädlingsbefall. Ihr Einfluss auf bodenphysikalische und bodenchemische Eigenschaften und damit auf das natürliche Nährstoffnachlieferungsvermögen hat direkten und indirekten Einfluss auf die Ertragsfähigkeit der Böden. Somit trägt eine an Standort und Betriebssituation angepasste optimale Fruchtfolgegestaltung zum Ziel einer möglichst hohen Nährstoffeffizienz der eingesetzten organischen und mineralischen Dünger bei.

Die konkreten Wirkungen der Fruchtfolge auf den Humusgehalt, das Bodenleben, die Beständigkeit der Bodenkrümel (Aggregatstabilität), die Lockerung und die Wasserableitung des Bodens werden von der Dauer der Bodenbedeckung bzw. Bodenruhe sowie der Durchwurzelungstiefe und der Durchwurzelungsdichte beeinflusst.

Zwischenfrüchte (zur Futternutzung oder als Gründüngung) sind ein wichtiger Bestandteil von Fruchtfolgen und deren Zielen. Dabei bringt ein Begrünen der Felder zwischen zwei Hauptfrüchten folgende positive Effekte: Der mineralisierte Stickstoff wird von der Zwischenfrucht aufgenommen und gebunden, so dass dieser nicht aus dem Wurzelraum ausgetragen und mittelfristig in das Grundwasser verlagert werden kann. Insbesondere bei Hanglagen bietet der Zwischenfruchtanbau zudem Schutz vor Bodenerosion und dem damit verbundenen Nährstoffaustrag (Phosphat) in Oberflächen-gewässer. Zwischenfrüchte tragen zur Bodenverbesserung durch Versorgung des Bodens mit leicht abbaubarer organischer Substanz, Förderung des Bodenlebens, Lockerung des Unterbodens und Unkrautunterdrückung bei.

Zudem bietet der Zwischenfruchtanbau unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit auch nach der Ernte der Hauptfrucht noch stickstoffhaltige Dünger in begrenzter Menge auszubringen, z. B. Gülle oder Biogasgärreste. Zwischenfruchtanbau kann somit die strengen Vorgaben der DüV (Sperrfristen, Lagerkapazität) etwas mildern.

1.2 Bodenuntersuchung

Die Bodenuntersuchung gibt Aufschluss über pflanzenverfügbare Nährstoffmengen sowie den pH-Wert des Bodens im Hauptwurzelraum. Sie stellt damit für viele Nährstoffe eine Grundlage für die Düngebedarfsermittlung (siehe Kapitel 2 und 5) und für einen effizienten Nährstoffeinsatz dar.

Die DüV sieht vor dem Aufbringen wesentlicher Nährstoffmengen (50 kg N bzw. 30 kg P_2O_5 pro Hektar und Jahr) eine Ermittlung der im Boden verfügbaren Stickstoff- und Phosphatmengen für jeden Schlag bzw. jede Bewirtschaftungseinheit u. a. durch Untersuchung repräsentativer Bodenproben vor. Für verfügbaren Stickstoff (z. B. N_{min}) gilt dies im Ackerbau im Frühjahr vor der Düngung. Für Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau ist die N_{min} -Methode nicht für die Düngebedarfsermittlung geeignet und deshalb auch nicht vorgesehen. Für Phosphat ist eine Bodenuntersuchung nach Vorgaben der DüV für jeden Schlag ab einer Größe von einem Hektar in der Regel im Rahmen einer Fruchtfolge, mindestens aber alle sechs Jahre durchzuführen.

Voraussetzung für ein verwertbares Untersuchungsergebnis der Bodenuntersuchung 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 auf Ackerland mindestens 15 bis 20 Einstiche notwendig, welche gleichmäßig über die Beprobungsfläche verteilt sein müssen. Für einen aussagekräftigen Mittelwert sind auf Wiesen mindestens 15 bis 20 Einstiche und auf Weiden aufgrund der gegenüber Wiesen ungleichmäßigeren Nährstoffverteilung 40 Einstiche je Teilfläche erforderlich. Oberirdische Pflanzenteile dürfen in der Mischprobe nicht enthalten sein.

1.2.1 N_{min} (mineralisierter Stickstoff)

Die Untersuchung auf pflanzenverfügbaren, mineralisierten Stickstoff (N_{min}) ist nur auf Ackerland sinnvoll und erfolgt in der Regel bis auf eine Tiefe von 60 cm (0 - 30 cm, 30 - 60 cm). Die Tiefe von 60 - 90 cm wird gegebenenfalls berechnet. Der N_{min} -Gehalt ist die Summe aus dem Ammonium- und Nitratgehalt der 1. Tiefe (0 - 30 cm), dem Nitratgehalt der 2. (30 - 60 cm) und ggf. 3. Tiefe (60 - 90 cm). In der 2. und 3. Tiefe wird der Ammoniumgehalt nicht bestimmt, da hier in der Praxis keine relevanten Ammoniumgehalte vorliegen. Die N_{min} -Proben sind nach der Probenahme sofort zu kühlen und bei unter 2 °C zu lagern und zu transportieren. Bei einer Lagerzeit von über zwei Tagen sollten die Proben tiefgefroren werden. Der Gehalt an mineralisiertem Stickstoff des Bodens ändert sich im Vegetationsverlauf (Bewuchs, Düngung, Witterung) wesentlich. Er wird für die Düngebedarfsermittlung daher im Frühjahr vor einer Düngungsmaßnahme ermittelt. Um den „Rest“- N_{min} -Gehalt im Herbst zu bestimmen, werden die Bodenproben in der Regel bis 90 cm Tiefe im November vor der Auswaschungsperiode gezogen.

Der mineralisierte Stickstoff zu Vegetationsbeginn ist für die Pflanzen grundsätzlich vollständig verfügbar und muss in der Düngebedarfsermittlung angerechnet werden. Die fachlich korrekte Anwendung des N_{min} -Wertes sowie sonstiger Einflussgrößen zur Stickstoff-Düngebedarfsermittlung nach DüV wird in Kapitel 5.4.1 behandelt. Unter www.lfl.bayern.de/bodenprobenahme-nmin ist beschrieben, wie eine N_{min} -Bodenprobe gezogen wird. Die Durchführung einer Probenahme auf der Fläche zeigt Abbildung 1.

N-Simulation

Alternativ zur Untersuchung kann mit der N-Simulation der mineralisierte, pflanzenverfügbare Stickstoff (N_{min}) im Boden für die Düngebedarfsermittlung im Frühjahr je Schlag berechnet werden. Die N-Simulation berücksichtigt den Einfluss der Kulturen (z. B. N-Aufnahme, N-Fixierung, Strohabfuhr bzw. -verbleib), der Düngung, des Bodens (z. B. Wasserspeichervermögen, N-Nachlieferung) und der Witterung (z. B. N-Auswaschung, N-Mineralisation) auf die pflanzenverfügbare Stickstoffmenge im Boden. Die für die Berechnung notwendige Zuordnung der Boden- und Witterungsdaten zu den

einzelnen Schlägen erfolgt über die FID-Nummer. Somit ist für jede bayerische Ackerfläche und die meisten Kulturen eine N-Simulation möglich.

Der Aufwand einer N-Simulation für den einzelnen Betrieb ist sehr gering, da nur die Schlagdaten erfasst werden müssen. Damit ist eine einfache und schnelle schlagspezifische Düngeempfehlung möglich. Ebenso ist es möglich, basierend auf einer gezogenen N_{min} -Bodenprobe (frühestens ab 01.11.), den N_{min} -Wert für diesen Schlag zu einem gewünschten Datum im Frühjahr zu berechnen.

Die N-Simulation ist mit der Onlineanwendung „LfL Düngebedarf online“ für den Landwirt abrufbar. Ebenso bietet die LfL über eine Schnittstelle die Rechenalgorithmen für alle interessierten Programm-anbieter kostenfrei an.



Abbildung 1: Ziehen einer Standardbodenprobe (links) und einer N_{min} -Bodenprobe (rechts)

1.2.2 Standard (pH, P_2O_5 , K_2O) und Mg

Seitens der DüV ist nur eine Untersuchung auf pflanzenverfügbares Phosphat durch zugelassene Untersuchungsmethoden vorgeschrieben. Aus fachlicher Sicht empfiehlt es sich aber, bei der Bodenuntersuchung auch den pH-Wert und den pflanzenverfügbaren Kaligehalt des Bodens mit untersuchen zu lassen (sog. Standardbodenuntersuchung). Besteht der Verdacht auf Magnesiummangel, z. B. bei sehr sandigen Standorten oder Flächen ohne Rückführung von Wirtschaftsdüngern, sollte zusätzlich dieser Nährstoff untersucht werden.

Bei der Standardbodenuntersuchung (pH, Phosphat und Kali) und der Untersuchung auf Magnesium und/oder ggf. auf Spurennährstoffe wird in der Regel nur die Krume (Acker: ca. 0 - 20 cm) beprobt. Auf Grünland ist eine Beprobung von 0 - 10 cm (Hauptwurzelraum) vorgesehen. Es empfiehlt sich hierbei die Verwendung eines speziellen Probenahmeegerätes, welches genau diese Tiefe einhält.

Im Gegensatz zum mineralisierten Stickstoff sind die durch die Bodenuntersuchung bestimmbaren Phosphat- und Kaligehalte des Bodens kurzfristig nur wenig veränderbare Größen mit geringer jahreszeitlicher Variation. Günstig für die Probenahme sowohl auf Acker- als auch auf Grünland ist der Zeitraum von Herbst bis zum zeitigen Frühjahr vor der Düngung. Im Herbst sollte ca. acht Wochen vor der Probennahme keine Düngung erfolgt sein. Darüber hinaus empfiehlt es sich, bei der Standardbodenuntersuchung stets etwa den gleichen Zeitpunkt im Jahr und möglichst gleiche Bedingungen (Bodenfeuchte, Witterung) zu wählen. Dies ist eine entscheidende Voraussetzung, um langjährige Trends der Veränderungen beobachten und für die Ableitung von Düngestrategien interpretieren zu können.

Eine in mehrjährigem Abstand durchgeführte Bodenuntersuchung lässt erkennen, ob die Düngepraxis zu einem Ansteigen oder Abfallen der Nährstoffversorgung der Böden führt (Kontrollfunktion). Niedrige Bodenuntersuchungswerte erfordern eine höhere Düngung, während hohe Werte zu

niedrigeren Düngungsempfehlungen führen. Um in der Praxis eine schnelle Einschätzung des Versorgungszustandes der Böden zu ermöglichen, werden seit vielen Jahrzehnten die im Boden analysierten Nährstoffe in Gehaltsklassen gruppiert.

Die mit der Bodenuntersuchung festgestellten Nährstoffgehalte und die damit erzielten Erträge stehen in der Praxis nicht immer in enger Beziehung zueinander. Ursachen dafür liegen am Standort (Boden, Witterung) und an 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.

Um zu gewährleisten, dass die Richtwerte auch unter ungünstigen Umweltbedingungen (z. B. sehr nasses Frühjahr) eine hohe Ertragsfähigkeit der Kulturen sicherstellen, sind insbesondere bezüglich einer optimalen Phosphatversorgung der Pflanzen weitere Einflussfaktoren für die Nährstoffverfügbarkeit zu beachten. So sollte z. B. in der Fruchtfolge die Phosphat-Düngung als Vorratsdüngung vornehmlich zu den Kulturarten Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben, Winterraps und Leguminosen erfolgen (siehe auch Kapitel 5.4.2).

1.2.3 Spurennährstoffe

Spurenelemente bzw. -nährstoffe sind für eine bestmögliche Ernährung der Pflanze genauso wichtig und notwendig wie die Hauptnährstoffe. Der Unterschied zu diesen liegt darin, dass wesentlich geringere Mengen für ein optimales Pflanzenwachstum benötigt werden. Die Abfuhr an Spurenelementen durch das Erntegut beträgt meist weit unter einem Kilogramm pro Hektar (siehe Tabelle 17). Dennoch ist die Bedeutung der Spurennährstoffe in den letzten Jahren gestiegen. Die Gründe hierfür sind höhere Erträge und verminderte Einträge als Nebenbestandteile von mineralischen und organischen Düngemitteln und aus der Umwelt.

Häufig genügen für die Versorgung der Pflanzen die im Boden vorliegenden bzw. aus Mineralien durch Verwitterung freiwerdenden, sowie die durch Wirtschaftsdünger zurückgeführten Mengen. Dies gilt insbesondere bei lehmigen bis tonigen Böden und bei regelmäßiger Rückführung durch Wirtschaftsdünger.

Spurenelementmangel tritt in der Praxis meist nester- oder streifenweise auf und wird oft durch die Festlegung in für die Pflanzen nicht aufnehmbare Verbindungen verursacht. Die Verfügbarkeit der einzelnen Spurennährstoffe ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, die in Tabelle 3 dargestellt sind.

Akuter Spurenelementmangel (B, Cu, Mn, Zn) ist häufig auf Böden mit sehr hohen pH-Werten, besonders auf Böden mit freiem Kalk bzw. starken Aufkalkungsmaßnahmen sowie auf Böden mit geringer Lagerungsdichte (Moorböden, Sandböden) feststellbar. Trockenheit schränkt die Verfügbarkeit von Spurenelementen grundsätzlich ein. Verdeckter Mangel kann auch auf Böden mit besonders hohen Gehalten an Hauptnährstoffen auftreten.

Tabelle 3: Verfügbarkeit von Spurennährstoffen

	Bor (B)	Kupfer (Cu)	Mangan (Mn)	Zink (Zn)	Eisen (Fe)	Molybdän (Mo)
Hoher pH-Wert	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr hoch
Niedriger pH-Wert		sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr gering
Hohe P-Bodengehalte			gering	sehr gering	sehr gering	sehr hoch
Bodenverdichtung, Sauerstoffmangel			sehr hoch		sehr hoch	
Hoher Humusgehalt		sehr gering	sehr gering	sehr gering		
Höherer Tongehalt	gering	hoch		gering		
Hohe Temperaturen	sehr hoch		sehr hoch		sehr hoch	
Niedrige Temperaturen	sehr gering		sehr gering	sehr gering	sehr gering	
Trockenheit	sehr gering		sehr gering	gering	sehr gering	gering

Quelle: In Anlehnung an „Die Landwirtschaft - Landwirtschaftlicher Pflanzenbau“ (2014)

Die Bodenuntersuchung auf Spurenelemente ist auf wenigen Schlägen in großen Zeitabständen (> 10 Jahre) ausreichend, um die Versorgung der Region bzw. des Betriebes zu kennen. Bei einem vermuteten Spurennährstoffmangel auf einem Einzelschlag sollte für diesen Schlag eine Untersuchung durchgeführt werden, ggf. in Verbindung mit einer Pflanzenanalyse. Auch beim Verdacht einer Überversorgung (z. B. Kupfergehalte in Hopfengärten) ist eine Untersuchung sinnvoll. Die Behebung eines Spurenelementmangels durch Bodendüngung ist oft schwierig, da sehr häufig, insbesondere bei ungünstigen Bedingungen, eine Festlegung im Boden auftritt, so z. B. bei Mangan oder Eisen. Deswegen wird bei Verdacht auf Spurenelementmangel i. d. R. die Blattspritzung gewählt. Zudem ist zu beachten, dass bei einigen Spurenelementen enge Grenzen zwischen Mangel, Optimum und Toxizität (z. B. bei Bor) bestehen (siehe Kapitel 2.7).

Wird eine Bodenuntersuchung durchgeführt, so gelten die unter Punkt 1.2.2 genannten Beprobungstiefen. Bei der Interpretation der Werte ist zudem das Extraktionsverfahren zu berücksichtigen. Hierbei ist für die in diesem Heft genannten Gehaltsklassen und Richtwerte für eine Bodenuntersuchung mit Bor, Kupfer, Mangan und Zink (Kapitel 2.7) die seit 2003 eingeführte CAT-Methode (Extraktionsverfahren mit einer Mischlösung von CaCl_2 und DTPA-Säure zur Bestimmung des Spurenelementbedarfs der Böden mit Hilfe eines einzigen Extraktes) die Bemessungsgrundlage.

2 Nährstoffe und Bodenversorgung

In diesem Abschnitt wird, neben grundlegenden Eigenschaften der Nährstoffe, auf die Bedeutung der Nährstoffgehalte des Bodens und deren Klassifizierung in Gehaltsklassen eingegangen. Ebenfalls wird für Kalk, Magnesium und Schwefel sowie für bestimmte Spurennährstoffe der jeweilige Düngebedarf für Ackerflächen bzw. Ackerkulturen und Grünlandflächen abgeleitet. Für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium erfolgt die Ableitung des Düngebedarfs in Kapitel 5.4.

2.1 Kalk

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 Nährstoffumsetzung, bei hohen pH-Werten ($> 7,2$) aber auch die Festlegung von Spurenelementen. Zunehmende Versauerung von Mineralböden kann die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen, z. B. die des Phosphats, vermindern. Daneben kann bei sehr niedrigen pH-Werten ($\text{pH} < 5,0$) eine Aluminiumtoxizität auftreten. Der anzustrebende pH-Bereich (gemessen im CaCl_2 -Extrakt) ist in Abhängigkeit von Nutzung (Acker-/Grünland), Bodenart und Humusgehalt verschieden. Wegen den zahlreichen Wirkungen des Kalks stellt der für einen bestimmten Standort anzustrebende pH-Wert einen Kompromiss dar, der die optimale Nährstoffverfügbarkeit und die biologische Aktivität gewährleistet.

Für die Kalkdüngung stehen verschiedene Düngerarten zur Verfügung. Auf schweren Böden zeigt Branntkalk eine besonders gute Wirkung auf die Bodenstruktur. Kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Magnesium-Kalk, Hüttenkalk oder Konverterkalk, Carbokalk sowie verschiedene Rückstandskalke (z. B. Schwarzkalk) sind auf allen Böden einsetzbar. 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 (siehe Kalkwirkung in Basisdaten-Tabelle 3). Auf magnesiumarmen Standorten ist der Einsatz von Kalkdüngern mit Magnesium sinnvoll.

Die Wirkung von Kalkdüngern (Tabelle 4) ist unterschiedlich:

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

Tabelle 4: 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
Rückstandskalk	Carbonat, Oxid, Hydroxid	> 30	Mg, Spurennährstoffe
Carbokalk	Carbonat	> 20	N, P, Mg

2.1.1 Düngebedarf bei Kalk für Ackerflächen

Der Kalkbedarf ist abhängig vom Tongehalt des Bodens (siehe Tabelle 5). Auf leichten, sandigen Böden sind geringere Kalkmengen zur Anhebung (bzw. Erhaltung) des pH-Wertes erforderlich als auf schweren, tonigen Böden.

Tabelle 5: Gehaltsklassen für pH-Werte in Ackerböden (Humusgehalt $\leq 4\%$)

Bodenart	pH-Klassen bei Mineralböden		
	A/B sehr niedrig / niedrig	C anzustreben (optimal)	D/E hoch / sehr hoch
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 (Lößlehm)	< 6,2	6,2 - 6,5 6,6 - 6,8 (-)	> 6,8 6,6 - 6,8 (+)
toniger Lehm bis Ton	< 6,4	6,4 - 6,7 6,8 - 7,2 (-)	> 7,2 6,8 - 7,2 (+)

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

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test)

Die Höhe der Kalkdüngung ist abhängig von der Bodenart, dem pH-Wert und dem Vorliegen von freiem Kalk. Eine Erhaltungskalkung hält den Boden im optimalen pH-Bereich und soll den Kalkverlust durch Pflanzen, Auswaschung oder Ausbringen versauernder Düngemittel ersetzen. Sie wird in der Regel alle drei Jahre wiederholt, kann jedoch entfallen, wenn innerhalb des anzustrebenden pH-Bereichs freier Kalk (+) vorhanden ist. Sind die pH-Werte bereits in die Gehaltsklassen A/B abgesunken, sind erhöhte Kalkmengen notwendig, um den pH-Wert kurz- oder mittelfristig anzuheben (= Gesundungskalkung). Der Tabelle 6 ist zu entnehmen, welche Kalkmengen in Dezitonnen CaO je Hektar erforderlich sind, um die Reaktion des Bodens in den gewünschten pH-Bereich anzuheben. Dabei sollten die Höchstmengen je Einzelgabe nicht überschritten werden.

Tabelle 6: Kalkdüngungsbedarf in dt CaO/ha von Ackerböden mit einem Humusgehalt von $\leq 4\%$ (Mineralböden) in Abhängigkeit von pH-Wert und Bodenart
(Humusgehalt = C_{org} -Gehalt $\times 1,72$), unveränderter Stand: Januar 2018

pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
	1	2	3 - 5	6 - 8
$\leq 4,0$	45	77	117	160
4,1	42	73	117	160
4,2	39	69	117	160
4,3	36	65	115	160
4,4	33	61	110	160
4,5	30	57	105	160
4,6	27	53	100	152
4,7	24	49	95	144
4,8	22	46	90	136
4,9	19	42	80	128
5	16	38	75	121
5,1	13	34	70	113
5,2	10	30	65	105
5,3	7	26	60	98
5,4	Erhaltungskalkung 6	22	55	90
5,5	6	19	50	82
5,6	6	15	45	75
5,7	6	11	40	67
5,8	6	10	35	59
5,9	0	10	30	52
6	0	10	25	44
6,1	0	10	20	36
6,2	0	10	17	29
6,3	0	10	17	21
6,4	0	0	17	20
6,5	0	0	17	20
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	(-) 20 (+) 0
7,1	0	0	0	(-) 20 (+) 0
7,2	0	0	0	(-) 20 (+) 0
$> 7,2$	0	0	0	0
einmalige Höchstmenge	15	20	60	100

Die Erhaltungskalkung für den jeweils anzustrebenden pH-Bereich (Gehaltsklasse C) ist fett gedruckt

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

Erhaltungskalkung erforderlich

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test):

Erhaltungskalkung nicht erforderlich

Bei humosen, anmoorigen Böden und Moorböden ist wegen der Gefahr einer erhöhten N-Mineralisation aufgrund eines verstärkten Humusabbaus (Freisetzung des Treibhausgases Kohlendioxid) eine Gesundungskalkung nicht zu empfehlen. Die notwendige Erhaltungskalkung ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Anzustrebende pH-Werte für humose, anmoorige Böden und Moorböden bei Ackernutzung und Erhaltungskalkung (dt CaO/ha) für 3 Jahre

Bodenart des mineralischen Anteils	Humusgehalt in %					
	4,1 - 15,0		15,1 - 30,0		> 30	
	pH Bereich	Erhaltungskalkung	pH Bereich	Erhaltungskalkung	pH Bereich	Erhaltungskalkung
Sand	4,8 - 5,3	5	4,3 - 4,7	4	Bei Hoch- und Niedermoor ist unabhängig vom pH-Wert keine Erhaltungskalkung erforderlich.	
schwach lehmiger Sand	5,2 - 5,7	8	4,6 - 5,1	6		
stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	5,5 - 6,2	13	5,0 - 5,6	8		
toniger Lehm bis Ton	5,7 - 6,5	17	5,1 - 5,9	10		

2.1.2 Düngbedarf bei Kalk für Grünlandflächen

Die anzustrebenden pH-Werte liegen für Grünland deutlich unter den für Ackerland gültigen Werten. Hierfür sprechen eine Reihe von Gründen. Auf Grünland ist die bodenstukturfördernde Wirkung des Kalkes weitestgehend entbehrlich, da die Bodenbearbeitung entfällt und der Boden einen höheren Humusgehalt und eine höhere biologische Aktivität aufweist. Zudem bevorzugen wertvolle Gräserarten eine schwach saure Bodenreaktion.

Böden bis 15 % Humusgehalt

Tabelle 8 zeigt den Kalkdüngungsbedarf für Böden bis 15 % Humusgehalt (0 - 10 cm Tiefe) in Abhängigkeit von Bodenart und pH-Wert, wie er direkt nach dem Vorliegen einer Bodenuntersuchung empfohlen wird. Liegt der bei der Bodenuntersuchung festgestellte pH-Wert im anzustrebenden Bereich (Gehaltsklasse C), sollte eine sogenannte Erhaltungskalkung durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass der pH-Wert bis zur nächsten Bodenuntersuchung nicht unter den anzustrebenden Bereich abfällt.

Liegt der bei der Bodenuntersuchung festgestellte pH-Wert niedriger als die für die jeweilige Bodenart unteren Werte des anzustrebenden pH-Bereichs (Gehaltsklasse A/B), so erhöht sich die empfohlene Kalkmenge. Dabei sollten bestimmte Höchstmengen pro Einzelgabe nicht überschritten werden, um unerwünschte Nebenwirkungen (z. B. Festlegung von Makro- oder Mikronährstoffen) zu vermeiden. Wenn aufgrund sehr niedriger pH-Werte Düngegaben über der Höchstmenge (Tabelle 8 unten) ausgewiesen werden, ist es ratsam, diese empfohlene Kalkdüngemenge auf zwei Jahre aufzuteilen.

Liegt der bei der Bodenuntersuchung festgestellte pH-Wert über dem anzustrebenden pH-Bereich (Gehaltsklasse D/E), so wird bis zur nächsten Bodenuntersuchung keine Kalkgabe empfohlen.

Tabelle 8: *Kalkdüngungsbedarf Grünland für Böden ≤ 15 % Humusgehalt (Mineralböden und humose Böden); empfohlene Menge in dt CaO/ha nach einer Bodenuntersuchung, unveränderter Stand: Januar 2018*

pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
	1	2	3 - 5	6 - 8
$\leq 4,0$	16	28	50	60
4,1	14	26	47	57
4,2	12	24	43	53
4,3	10	22	40	50
4,4	9	20	37	47
4,5	7	18	33	45
4,6	5	16	30	42
4,7	3	14	27	40
4,8	3	12	24	37
4,9	3	10	20	35
5,0	3	8	17	32
5,1	0	6	14	30
5,2	0	4	5	25
5,3	0	4	5	20
5,4	0	4	5	15
5,5	0	4	5	10
5,6	0	0	5	8
5,7	0	0	5	6
5,8	0	0	5	6
5,9	0	0	5	6
6,0	0	0	0	6
6,1	0	0	0	6
6,2	0	0	0	0
$> 6,2$	0	0	0	0
einmalige Höchstmenge	10	15	25	30

Die Erhaltungskalkung für den jeweils anzustrebenden pH-Bereich (Gehaltsklasse C) ist fett gedruckt

Je nach Bodenart und pH-Wert ist auch eine weitere Kalkdüngung drei Jahre nach der aktuellen Bodenuntersuchung sinnvoll. In Tabelle 9 ist der hierfür empfohlene Kalkdüngungsbedarf für Böden bis 15 % Humus aufgeführt, da die Bodenuntersuchung üblicherweise alle sechs Jahre durchgeführt wird.

Tabelle 9: Kalkdüngungsbedarf Grünland für Böden ≤ 15 % Humusgehalt (Mineralböden und humose Böden); empfohlene Menge in dt CaO/ha 3 Jahre nach aktueller Bodenuntersuchung; unveränderter Stand: Januar 2018

pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
	1	2	3 - 5	6 - 8
< 4,9	3	4	5	6
< 5,4	0	4	5	6
< 5,8	0	0	5	6
< 6,0	0	0	0	6

Böden über 15 % Humus

Für Böden mit einem Humusgehalt von über 15 bis 30 % (Anmoore) werden deutlich niedrigere anzustrebende pH-Werte und Kalkempfehlungen (Tabelle 10) als bei Mineralböden ausgewiesen, u. a. um eine übermäßige Humusmineralisierung zu verhindern.

Auf Moorstandorten, das heißt Böden mit mehr als 30 % Humus und Torfaufgaben über 30 cm Mächtigkeit, werden aus diesem Grund generell keine Kalkgaben empfohlen.

Allgemeine Hinweise

Auf Flächen, die sich im anzustrebenden pH-Bereich befinden, kann eine regelmäßige organische Düngung (z. B. regelmäßige Gülledüngung über die Jahre) die Erhaltungskalkung zu etwa 50 - 100 % ersetzen.

Auf Grünland sollten im Regelfall kohlen saure Kalke ausgebracht werden. Auf magnesiumarmen Standorten ist der Einsatz von kohlen saurem Magnesiumkalk sinnvoll. Bei Verdacht auf Magnesiummangel sollte zusätzlich zur Standardbodenuntersuchung auch der Magnesiumgehalt untersucht werden. Die Kalkwirkung ist umso schneller, je feiner die Vermahlung ist.

Sollten Grünlandflächen langjährig nicht mit Wirtschaftsdüngern, sondern ausschließlich oder überwiegend mit Mineraldüngern (insbesondere mit negativer Kalkwirkung, siehe Basisdaten-Tabelle 3) versorgt werden, ist besonders auf eine regelmäßige pH-Messung und entsprechende Kalkung zu achten, um einer unerwünschten Veränderung der botanischen Zusammensetzung vorzubeugen, die mit Ertrags- und Qualitätsverlusten verbunden sein kann.

Hopfen: Für die Kalkempfehlung bei Hopfen wird auf die im Internet veröffentlichten Basisdaten-Tabelle 8b verwiesen (www.lfl.bayern.de/basisdaten).

Tabelle 10: Kalkdüngungsbedarf Grünland für Böden mit 15,1 - 30 % Humusgehalt (Anmoor), empfohlene Menge in dt CaO/ha nach einer Bodenuntersuchung ¹⁾, unveränderter Stand: Januar 2018

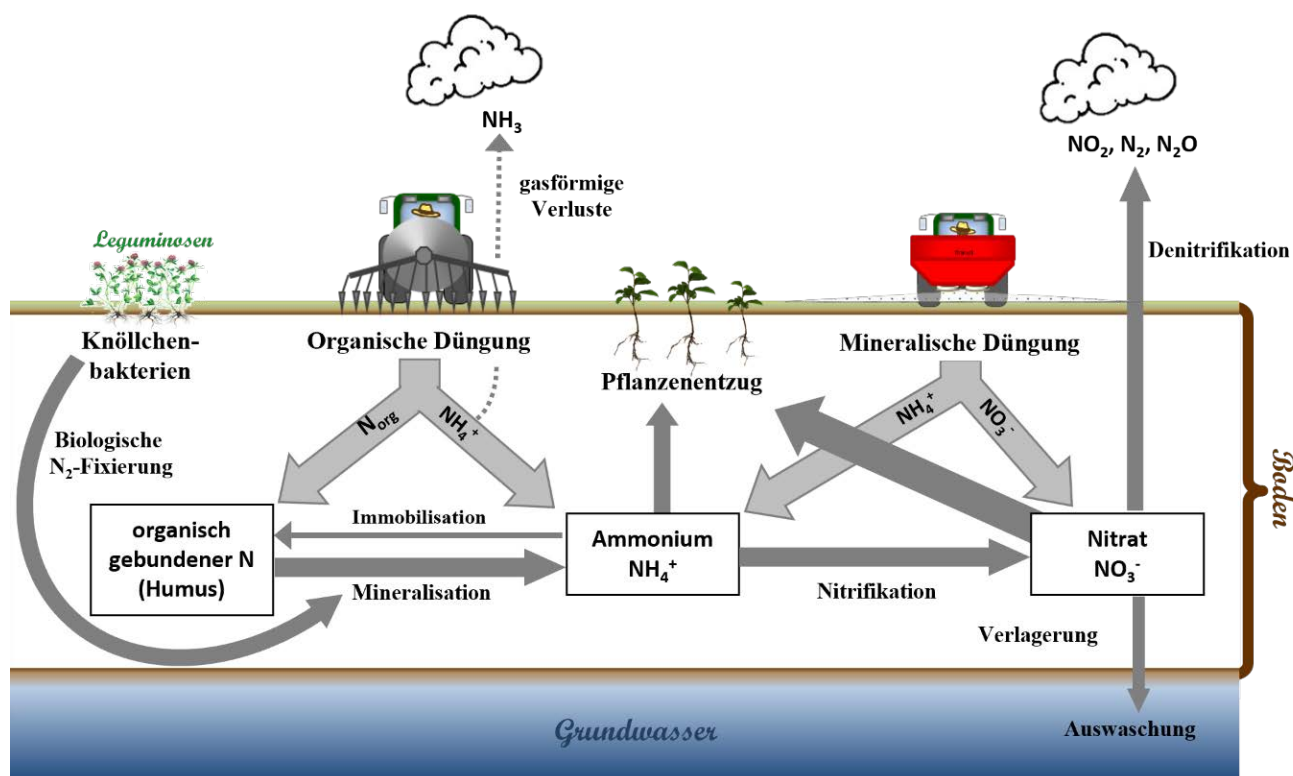
pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
	1	2	3 - 5	6 - 8
≤ 4,0	7	12	18	25
4,1	5	10	16	22
4,2	4	9	15	20
4,3	Erhal- tungs- kalkung 3	7	13	18
4,4	3	6	11	16
4,5	3	4	9	14
4,6	0	3	7	12
4,7	0	3	5	10
4,8	0	3	4	9
4,9	0	3	4	8
5,0	0	0	4	7
5,1	0	0	4	6
5,2	0	0	4	6
5,3	0	0	4	6
5,4	0	0	0	6
5,5	0	0	0	6
5,6	0	0	0	6
5,7	0	0	0	6
5,8	0	0	0	0
> 5,8		0	0	0
einmalige Höchstmenge	4	6	8	10

Die Erhaltungskalkung für den jeweils anzustrebenden pH-Bereich (Gehaltsklasse C) ist fett gedruckt

¹⁾ keine weitere Kalkung drei Jahre nach der Bodenuntersuchung

2.2 Stickstoff (N)

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. Aufgrund der hohen Mobilität, besonders der des Nitratstickstoffs, unterliegt dieser Pflanzennährstoff auch bei Anwendung aller verfügbaren Maßnahmen der guten fachlichen Praxis unvermeidbaren Auswaschungsverlusten. Eine Stickstoffzufuhr über den Pflanzenbedarf und den Ausgleich für die unvermeidbaren Verluste hinaus hat negative Folgen für die Umwelt, insbesondere für das Grundwasser. 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 (siehe Abbildung 2).



Quelle: In Anlehnung an „Die Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Pflanzenbau“ (2014).

Abbildung 2: Wege des Stickstoffs

Im Boden kommt Stickstoff organisch gebunden (Humus), mineralisiert (Ammonium, Nitrat) oder in sehr geringen Mengen gasförmig (NO_2 , N_2 , N_2O) vor. In den in Bayern vorkommenden Böden sind ca. 3000 bis 8000 kg N/ha enthalten. Die Mengen schwanken in Abhängigkeit von Bodenart, Klima, Bewirtschaftungsweise und Höhe der organischen Düngung. Davon ist für die Ernährung der Pflanzen nur ein kleiner Teil verfügbar.

Ein Pflanzenbestand deckt seinen Stickstoffbedarf im Wesentlichen aus dem

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

Die meisten mineralischen Stickstoffdünger enthalten Ammonium und/oder Nitrat. Beide Formen sind im Boden schnell verfügbar. Die Pflanzen nehmen hauptsächlich Nitrat auf, Ammonium wird langsamer verwertet. Harnstoffhaltige Düngemittel werden im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur und Bodenfeuchte zu Ammonium und weiter zu Nitrat umgewandelt, können in geringem Umfang aber auch direkt von den Pflanzen verwertet werden. Harnstoff kann unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, pH-Wert) höhere gasförmige Verluste in Form von Ammoniak aufweisen. Daher darf er nach DüV nur noch mit Ureasehemmstoffen ausgebracht werden oder muss innerhalb von vier Stunden eingearbeitet werden. Düngemittel mit Nitrifikationshemmstoffen verzögern die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat je nach Einsatzzeitpunkt um drei bis sechs Wochen. Damit findet in dieser Zeit keine Verlagerung von Nitrat in tiefere Bodenschichten statt. Der Einsatz dieser Dünger kann bei langsam wachsenden Kulturen (Mais, Kartoffeln) auf leichten Böden Vorteile haben.

Die richtige Bemessung der mineralischen Stickstoffdüngung, auch als Ergänzung zu den organischen Düngern, ist ein wesentlicher Teil der Düngebedarfsermittlung (siehe Kapitel 5.4). Sie ermöglicht hohe Erträge und hilft Verluste in das Grundwasser zu vermeiden.

2.3 Phosphat (P_2O_5)

Phosphor ist ein wichtiger Baustein in der Pflanze und an allen Vorgängen des Energiehaushaltes beteiligt. Die Aufnahme in die Pflanze erfolgt dabei überwiegend in Form von Phosphat. Dieses muss den Pflanzen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Überversorgungen sind jedoch zu vermeiden, da dieser Nährstoff auch für die Eutrophierung der Oberflächengewässer verantwortlich ist. Daher unterliegt auch Phosphat den Regelungen und Einschränkungen der DüV. Die DüV schreibt auf allen Schlägen größer einem Hektar eine Bodenuntersuchung auf Phosphat vor, wenn mehr als 30 kg P_2O_5 /ha und Jahr ausgebracht werden. Diese ist mindestens alle sechs Jahre durchzuführen.

Der Düngebedarf für Phosphat richtet sich nach:

- dem Nährstoffgehalt des Bodens,
- der Nährstoffabfuhr über die Ernteprodukte,
- der Nährstoffbedürftigkeit der angebauten Kultur,
- den Standortfaktoren.

Im Gegensatz zur Stickstoffdüngung muss bei Phosphat (und auch bei Kali) nicht jeder Kultur die Nährstoffmenge, die sie entzieht, zeitnah über die Düngung gegeben werden. Es ist ausreichend, die Nährstoffabfuhr über die Fruchtfolge auszugleichen. Dabei sollte die Düngewirkung auf die einzelnen Kulturen berücksichtigt werden.

Im Untersuchungsbefund werden die Phosphatgehalte in mg P_2O_5 /100 g Boden (bzw. für anmoorige Böden und Moorböden in mg P_2O_5 /100 ml Boden) angegeben. Die Untersuchung erfolgt nach der modifizierten Calcium-Acetat-Laktat-(CAL-)Methode. Zur Bewertung der Nährstoffmengen im Boden werden in Tabelle 11 die Messergebnisse in Gehaltsklassen in Abhängigkeit von der Nutzung (Acker- oder Grünland) und Humusklasse (siehe Tabelle 1) dargestellt. Dieser Einstufung liegen umfangreiche Feldversuche zugrunde.

Tabelle 11: Gehaltsklassen für Phosphat (P_2O_5) bei Acker- und Grünlandböden (CAL-Methode)

Gehaltsklasse	Phosphatgehalte im Boden			
	Mineralböden und humose Böden ($\leq 15\%$ Humus) mg P_2O_5 /100 g Boden		Anmoor und Moor ($> 15\%$ Humus) mg P_2O_5 /100 ml Boden	
	Ackerland	Grünland	Ackerland	Grünland
A sehr niedrig	< 5	< 5	< 3	< 3
B niedrig	5 - 9	5 - 7	3 - 6	3 - 5
C anzustreben (optimal)	10 - 20	8 - 20	7 - 14	6 - 14
D hoch	21 - 30	21 - 30	15 - 21	15 - 21
E sehr hoch	> 30	> 30	> 21	> 21

Umrechnungsfaktor: $P = P_2O_5 \times 0,436$

Für die einzelnen Gehaltsklassen gelten folgende fachlichen Definitionen und Düngungsziele:

A sehr niedrig und B niedrig	Der Nährstoffgehalt des Bodens soll zur Erzielung hoher und sicherer Ernten durch erhöhte Phosphatgaben angehoben werden. Die Düngung in den Gehaltsklassen 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 Gehaltsklasse C (20 mg P_2O_5 /100 g Boden) stellt auch nach der DüV eine Grenze dar. Liegt der Phosphatgehalt im Durchschnitt des Schlages (gewogenes Mittel) darüber, darf nur noch die Abfuhr gedüngt werden, wobei im Rahmen einer Fruchtfolge maximal drei Jahre zusammengefasst werden können.

Abbildung 3 zeigt den relativen Ertrag von Getreidekulturen im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit von der Bodenversorgung mit Phosphat. Der Ertrag bei einer Bodenversorgung von 20 mg P_2O_5 /100g Boden wurde als Referenz verwendet und entspricht 100 %. Keine der Varianten ist zusätzlich mit Phosphat gedüngt worden.

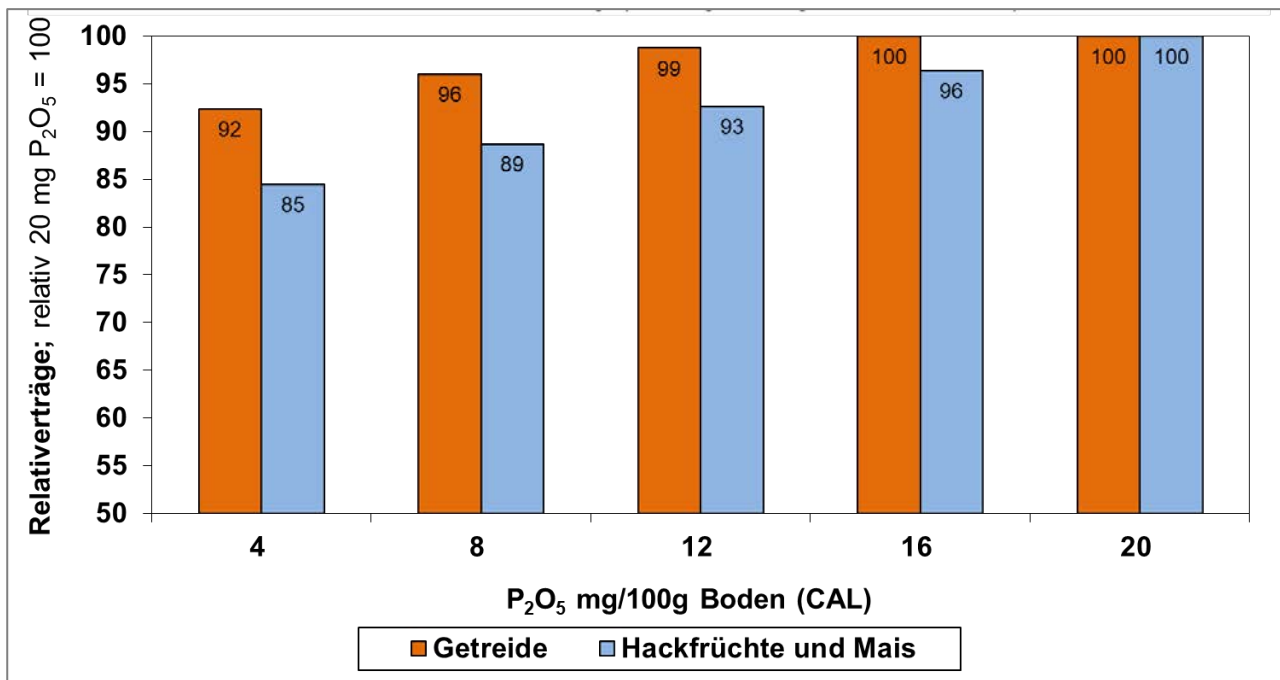


Abbildung 3: Relativerträge von Getreide im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit von der Phosphat-Versorgung des Bodens im Falle fehlender Phosphat-Düngung (Schematische Darstellung, Datengrundlage: LfL-Versuche)

Das Getreide wies trotz sinkender Phosphatversorgung nur geringe Ertragsverluste auf, während bei den Hackfrüchten und Mais ein deutlicherer Ertragsabfall zu verzeichnen war. Eine Phosphat-Düngung in Höhe der Nährstoffabfuhr konnte bei den Hackfrüchten diese Ertragsminderung reduzieren, jedoch nicht vollständig verhindern.

Anhand dieser Versuchsergebnisse empfiehlt es sich für Fruchtfolgen, die sowohl Getreide als auch Hackfrüchte oder Mais enthalten, die Phosphatdüngung zu den Kulturen mit den größeren Ertragseffekten auszubringen. Dazu wird in der Fruchtfolge zu Getreide nicht oder nur reduziert gedüngt, damit die bei Getreide eingesparte Phosphat-Menge zusätzlich auf die Hackfrüchte bzw. Mais verteilt werden kann (sogenannte „Schaukeldüngung“, siehe Kapitel 5.4.2). Dabei ist zu beachten, dass bei Betrieben mit Einsatz von Wirtschaftsdüngern die Düngeplanung primär anhand des Nährstoffs Stickstoff durchgeführt wird, wobei durch den Einsatz von Wirtschaftsdünger zu Getreide auch Phosphat ausgebracht wird. Dadurch reduziert sich der Zuschlag, der den Hackfrüchten bzw. Mais gewährt werden kann.

2.4 Kali (K₂O)

Die Pflanzen benötigen große Mengen Kalium zur Regulierung des Wasserhaushaltes. Im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor gehen von Kalium keine umweltrelevanten Beeinträchtigungen aus.

Der Düngebedarf ist von den gleichen Faktoren wie beim Phosphat abhängig. Der Nährstoffgehalt des Bodens wird in die gleichen Gehaltsklassen in Abhängigkeit von der Bodenart eingeteilt (Tabelle 12). Regelmäßige Bodenuntersuchungen sind für Kali nicht vorgeschrieben. Es wird jedoch aus fachlicher Sicht empfohlen, diese zusammen mit Phosphat alle sechs Jahre durchzuführen.

Tabelle 12: Gehaltsklassen für Kali (K_2O) bei Acker- und Grünlandböden

Gehaltsklasse	Kaligehalte im Boden			
	leichte Ackerböden (S, I'S)	mittlere Ackerböden (IS, uL) und Grünland	schwere Ackerböden (tL, T)	Anmoor und Moor bei Ackerböden und Grünland
	≤ 15 % Humus			> 15 % Humus
	mg K_2O /100 g Boden			mg K_2O /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: $K = K_2O \times 0,830$

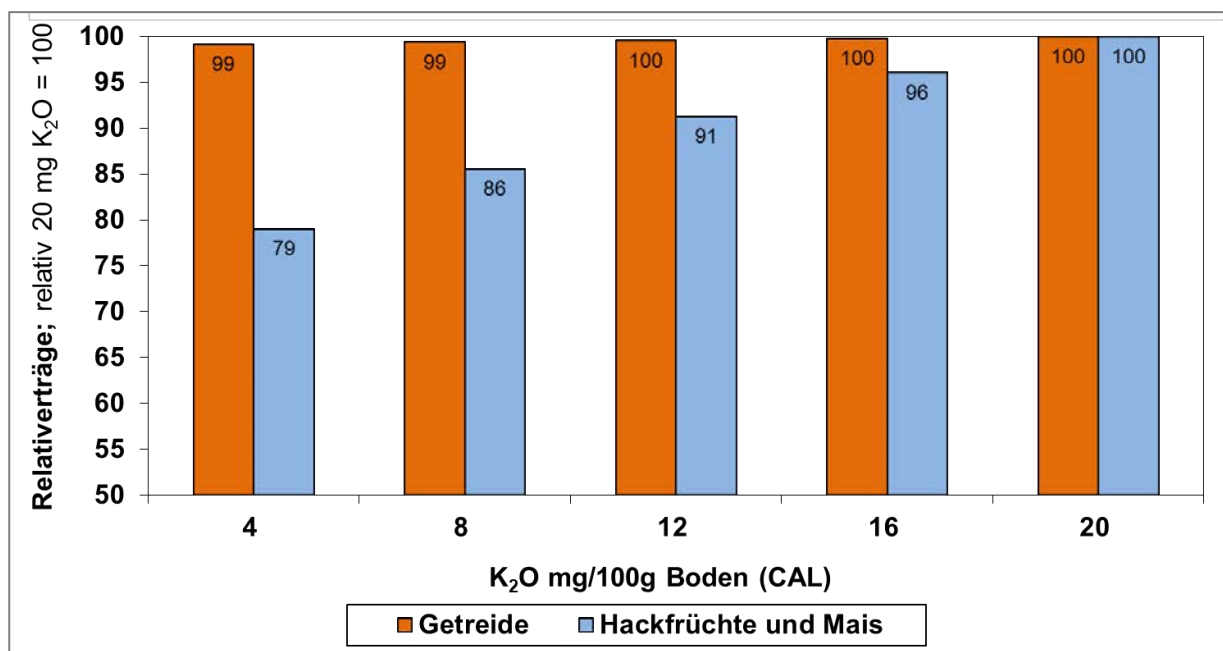


Abbildung 4: Relativerträge von Getreide im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit von der Kali-Versorgung des Bodens im Falle fehlender Kali-Düngung (Schematische Darstellung, Datengrundlage LfL-Versuche)

Wie auch bei Phosphat ist eine Kali-Düngung im Rahmen der Fruchtfolge sinnvoll. Abbildung 4 zeigt den relativen Ertrag von Getreidekulturen im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit von der Bodenversorgung mit Kali. Der Ertrag mit einer Bodenversorgung von 20 mg K_2O /100g

Boden wurde als Referenz verwendet und entspricht 100 %. Keine der Varianten ist zusätzlich mit Kali gedüngt worden.

Das Getreide wies trotz sinkender Kali-Versorgung kaum Ertragsunterschiede auf, während bei den Hackfrüchten und Mais mit jeder Verringerung der Versorgung ein Ertragsabfall zu verzeichnen war. Eine Düngung in Höhe der Nährstoffabfuhr dieser Kultur konnte die Ertragsminderung reduzieren, diese aber nicht vollständig verhindern.

Daher ist eine „Schaukeldüngung“ bei Kali analog zu Phosphat (siehe Kapitel 5.4.2) zu empfehlen, bei der zu Getreide nicht oder nur reduziert gedüngt wird. Dadurch kann zu Hackfrüchten und Mais mehr Kali ausgebracht werden, was sich positiv auf den Ertrag auswirkt.

Kaliumfixierung

Kaliumfixierung kann nur auf Böden mit einer sehr niedrigen bzw. niedrigen Kali-Versorgung (Gehaltsklasse A oder B) auftreten. Auf (sehr) niedrig versorgten Auenböden süddeutscher Flusstäler ist eine weit verbreitete Kaliumfixierung (= Festlegung in den Schichtgittern bestimmter Tonminerale) festgestellt worden. Diese Kaliumbindung führt insbesondere nach Umbruch von Dauergrünlandflächen zu starken Ertragsausfällen der folgenden Ackernutzung.

Die Ursachen hierfür liegen in einer jahrzehntelangen Unterversorgung des Grünlands 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 ist davon auszugehen, dass Werte ≤ 25 mg K/100 g Boden 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 Kalium den Pflanzen nicht zur Verfügung steht, ist in diesen Fällen zum Ausgleich eine verstärkte Kali-Grunddüngung vorzunehmen (Abbildung 5):

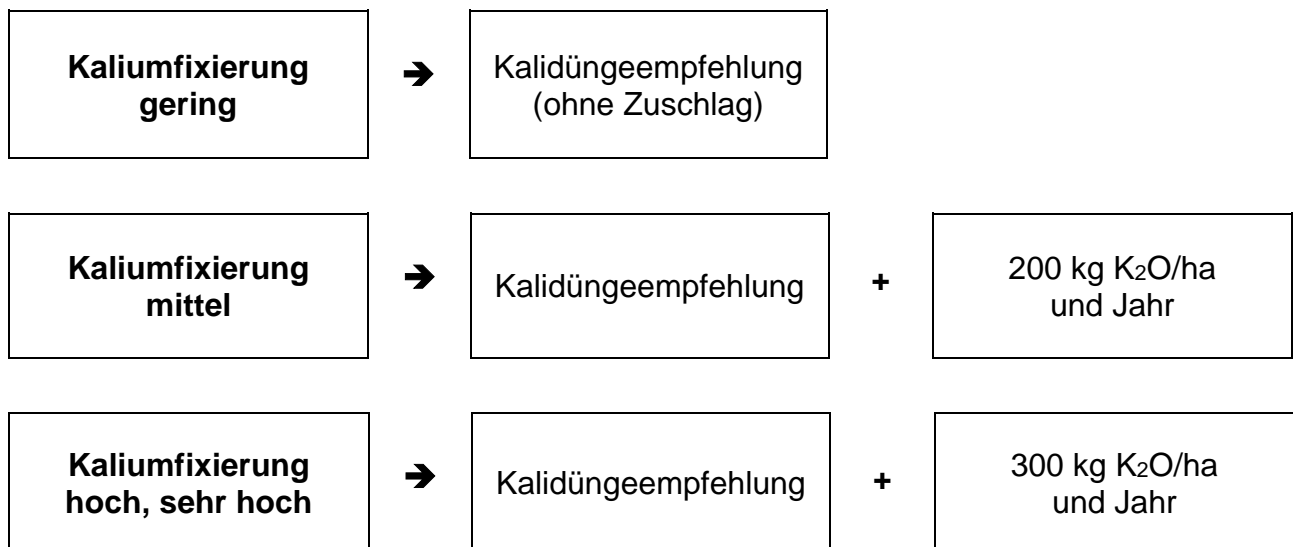


Abbildung 5: Kalidüngung bei einer Kaliumfixierung

Bei Kaliumfixierung ist die Kali-Düngemenge zum Pflanzenwachstum (Frühjahr) zu geben. Ein Rückgang der Kaliumfixierung ist erst nach mehrjähriger erhöhter Kalidüngung zu erwarten.

Kalium im Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau

Bei diesen Kulturen ist bei der Düngung mit Kalium zu beachten, dass eine überhöhte Nährstoffversorgung zu Luxuskonsum der Pflanzen führt. Ein sehr hohes Kali-Angebot 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 dem entgegenzuwirken, sind einzelne Kaligaben auf maximal 100 - 150 kg K₂O/ha zu beschränken. Darüber hinaus sollten nicht mehr als 330 kg K₂O je Hektar und Jahr gedüngt werden, selbst wenn sich bei der Düngebedarfsermittlung (Kapitel 5.4.2) ein höherer Düngebedarf ergeben sollte.

2.5 Magnesium (Mg)

Magnesium ist ein zentraler Baustein des Chlorophylls (Blattgrüns) und hat damit großen Einfluss auf die Photosyntheseleistung der Pflanze. Weiterhin wirkt es bei der Aktivierung von Enzymen und in der Synthese, sowie beim Transport und der Speicherung von wichtigen Pflanzeninhaltsstoffen (Kohlenhydrate, Proteine, Fette) mit. Die in den Ernteprodukten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen enthaltene Magnesium-Menge liegt zwischen 20 und 60 kg MgO/ha. Besonders Hackfrüchte, Mais und viele Sonderkulturen haben einen hohen Magnesium-Bedarf, der bei niedrigem Magnesium-Gehalt des Bodens nicht aus dem Bodenvorrat gedeckt werden kann. Zu beachten ist darüber hinaus, dass insbesondere auf leichten Standorten mit einer Magnesium-Auswaschung gerechnet werden muss. Magnesium-Mangelstandorte sind leichte und meist saure Böden. Magnesium-Mangel kann auch dann auftreten, wenn im Boden sehr hohe Kali-Gehalte vorliegen. In diesem Fall ist eine Verbesserung der Magnesium-Versorgung auch durch eine Verringerung der Kali-Düngung zu erwarten.

Die Beurteilung des Vorrates an Magnesium im Boden und damit auch die Bemessung der Düngung (Tabelle 13) richtet sich nach der Bodenart.

Tabelle 13: Gehaltsklassen für CaCl₂-lösliches Magnesium im Boden und Bemessung der MgO-Düngung bei Acker- und Grünland

Gehaltsklasse	Magnesiumgehalte in mg Mg/100 g Boden		Magnesium-Düngung kg MgO/ha
	leichte Böden (S, I'S)	mittlere und schwere Böden (IS - T)	
A	< 3	< 5	Abfuhr + 30
B	3 - 6	5 - 9	Abfuhr + 30
C	7 - 10	10 - 20	Abfuhr
D	11 - 30	21 - 30	0
E	> 30	> 30	0

Umrechnungsfaktor: Mg = MgO x 0,603 bzw. MgO = Mg x 1,658

Magnesiumdüngung

Zu beachten ist, dass bei Magnesium die Gehalte des Bodens im Gegensatz zu Phosphat und Kali nicht in Oxidform angegeben werden. Bei der Abfuhr mit dem Erntegut sowie bei der organischen und mineralischen Düngung wird dagegen wie bei der P- und K-Düngung die Oxidform verwendet.

In Tabelle 14 ist das Prinzip der Düngebedarfsermittlung von Magnesium anhand verschiedener Beispiele mit unterschiedlichen Kulturen (Winterweizen ohne Strohbergung, Silomais, mehrschnittiger Feldfutterbau und Grünland mit mindestens drei Nutzungen pro Jahr) und unterschiedlichen Gehaltsklassen dargestellt. Für diese Beispiele wurde eine organische Düngung in Höhe von 30 m³/ha Mastbullengülle mit 7,5 % TM und einem MgO-Gehalt von 1,0 kg/m³ unterstellt. Genau wie bei Phosphor und Kalium gilt auch für Magnesium, dass die Gehalte in der Gülle sowie anderen Wirtschaftsdüngern zu 100 % anzurechnen sind.

Tabelle 14: Schema der Düngebedarfsermittlung für Magnesium anhand verschiedener Beispiele

Düngebedarfsermittlung Magnesium		Quellen				
I	Schlag		Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4
II	Kultur/Nutzung		Winterweizen	Silomais	Klee gras 50 % Klee	Grünland ≥ 3 Schnitte
III	Ertrag (dt/ha)	eigene Daten, LfL	80 (FM)	500 (FM)	550 (FM)	75 (TM)
IV	Nährstoffgehalt (kg MgO/dt FM bzw. TM)	Basisdaten Tab.1a - e; 2	0,20	0,10	0,09	0,45
			kg MgO/ha			
1	Nährstoffabfuhr (Ertrag x Nährstoffgehalt)		16	50	49,5	33,8
2a	Gehaltsklasse des Bodens	Tabelle 13	B	C	C	D
2	Zu-/Abschlag aufgrund der Gehaltsklasse des Bodens	Tabelle 13	+30	0	0	-33,8
3	Düngebedarf		46	50	49,5	0
4	Abzug (geplante) organi- sche Düngung zur Kultur	Basisdaten Tab. 5a	-30	-30	-30	-30
5	Mineralische Empfehlung		16	20	19,5	0

Bei einem sichtbaren Magnesium-Mangel sollte zumindest ein Teil der Magnesium-Düngemenge in wasserlöslicher Form (siehe Düngerdeklaration) eingesetzt werden. Eine Magnesium-Düngung ist zudem für die Gehaltsklassen A, B und C auf kalkbedürftigen Böden über Magnesiumkalke, z. B. über kohlen sauren Mg-Kalk (7 - 19 % MgO) oder Mg-Brantkalk (15 - 30 % MgO) zu empfehlen.

Auf nicht kalkbedürftigen Böden sind insbesondere bei Gehaltsklasse A voll wasserlösliche Magnesium-Dünger, z. B. Magnesiumsulfat in Form von Kieserit oder Dünger mit Magnesium als Nebenbestandteil, z. B. Patentkali, Kornkali, Magnesiakainit bzw. Mg-haltige P- und PK-Dünger zu empfehlen. Blattdüngung ist mit Bittersalz oder Mg-Chelat möglich.

2.6 Schwefel (S)

Schwefel ist ein Baustein von Eiweiß, Vitaminen und Enzymen sowie von Lauch- und Senfölen. Der Schwefeleintrag über die Atmosphäre ist kontinuierlich zurückgegangen. Er betrug 15 - 20 kg S/ha im Jahr 1985 und beläuft sich aktuell auf ca. 5 kg S/ha und Jahr. Dieser Eintrag vermag den Schwefel-Bedarf der Pflanzen nicht zu decken.

Eine Bodenuntersuchung auf wasserlöslichen oder austauschbaren Schwefel hat wegen der leichten Verlagerbarkeit von Schwefel im Boden nur eine geringe Aussagekraft. Ähnliches gilt für die Blattanalyse, die erst zu einem relativ späten Entwicklungsstadium möglich ist. Dadurch kann ein akuter Schwefel-Mangel durch eine gezielte Düngung kaum mehr behoben werden. Richtwerte für ausreichende Schwefel-Gehalte in ausgewählten Kulturpflanzen, sowie Probenahmetermine und zu beprobende Pflanzenteile sind in Tabelle 15 aufgeführt. Bei niedrigeren Werten als in Tabelle 16 ist mit einem beginnenden Schwefel-Mangel zu rechnen und daher eine Schwefel-Düngung zu empfehlen.

Allgemein kann auf Schwefel-Mangelstandorten ein Düngebedarf von 10 - 30 kg S/ha unterstellt werden, was in etwa der Schwefel-Abfuhr durch die Ernteprodukte gleichkommt. Je nach Standortbedingung wird es auf sandigen oder flachgründigen Böden häufiger, auf tiefgründigen Lössböden seltener zweckmäßig sein, den Kulturen eine Schwefel-Düngung in Höhe der Schwefel-Abfuhr zu verabreichen. Zu den Kulturen Raps, Wintergerste und Leguminosen ist in der Regel eine Schwefel-Düngung zu empfehlen. Auf Standorten, bei denen ein Schwefel-Düngeeffekt bei Raps oder Wintergerste beobachtet wurde, ist zu allen anderen Kulturen sicherheitshalber auch eine Schwefel-Düngung zu empfehlen. Wegen einer möglichen Auswaschungsgefahr von Sulfat im Winterhalbjahr sollte die Schwefel-Düngung im Frühjahr erfolgen.

Tabelle 15: Richtwerte für ausreichende Schwefel-Gehalte in ausgewählten Kulturpflanzen in der Trockenmasse (TM), sowie Probenahmetermine und zu beprobende Pflanzenteile

Pflanzenart	Probenahmetermin	Pflanzenteil	Richtwerte für ausreichende Gehalte in % S i. d. TM
Winterraps	kurz vor Knospenstadium	gerade voll entwickelte Blätter	> 0,55
Wintergetreide	Schossbeginn/ 1-Knotenstadium	gesamte oberirdische Pflanze	> 0,30
Zuckerrübe	Bestandesschluss	Blattspreiten aus mittlerem Blattkranz	> 0,30
Grünland	vor dem 1. und 2. Schnitt	gesamter Aufwuchs	> 0,25 N/S < 12/1

Die Schwefel-Düngung kann über Einzel- und Mehrnährstoffdünger erfolgen. Die Schwefel-Gehalte der wichtigsten Mineraldünger sind in der Basisdaten-Tabelle 3 aufgelistet. Es hat sich auf schwefelbedürftigen Standorten bewährt, die Schwefel-Düngung gemeinsam mit der Stickstoff-Düngung zur ersten Stickstoffgabe auszubringen. Sulfate wirken deutlich schneller als elementarer Schwefel, der im Boden erst in eine pflanzenverfügbare Form umgewandelt werden muss.

Der Düngebedarf bei Schwefel kann über organische oder mineralische Dünger gedeckt werden. Als Richtwert kann bei einer langjährigen organischen Düngung je ausgebrachten 100 kg N_{ges} je Hektar mit einer Schwefel-Wirkung von ca. 10 kg S/ha gerechnet werden. Aus Tabelle 16 ist für Ackerkulturen der Schwefel-Düngebedarf in Abhängigkeit von der Boden- und der Fruchtart ersichtlich. In den meisten Fällen ist eine Düngung im unteren Bereich der Richtwerte ausreichend. Nach Abzug der organischen Schwefel-Wirkung kann der mineralische Schwefel-Düngebedarf abgeleitet werden.

Tabelle 16: Richtwerte für den Schwefel-Düngebedarf im Ackerland (organisch und mineralisch)

Boden	Schwefeldüngebedarf der Kulturen in kg S/ha			
	gering z. B. Z-Rüben, Kartoffeln, Mais, Sommergetreide	mittel z. B. W-Weizen, W-Roggen		hoch z. B. W-Raps
leicht	10 - 20	10 - 30	20 - 40	30 - 60
mittel	0 - 10	5 - 20	10 - 30	25 - 50
schwer	0	0 - 10	5 - 20	20 - 40

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

Grünland

Im Grünland lässt sich Schwefel-Mangel optisch meist nur sehr schwer diagnostizieren. Mit den mehrjährigen Ergebnissen einer Futtermitteluntersuchung oder durch eine Pflanzenanalyse des ersten und zweiten Aufwuchses lässt sich dagegen die Schwefel-Versorgung (rückwirkend) sicherer beurteilen. Dabei ist das N/S-Verhältnis, also das Verhältnis von Stickstoff (= Rohproteingehalt x 0,16) zu Schwefel, ein besserer Indikator für den Schwefel-Versorgungszustand als der absolute Schwefel-Gehalt. Ein N/S-Verhältnis von 12:1 und weniger zeigt eine gute Schwefel-Versorgung, dagegen weist ein N/S-Verhältnis über 15:1 auf einen Schwefel-Mangel des Bestandes hin.

Grünland mit drei und mehr Nutzungen pro Jahr hat bei Erträgen von 75 dt TM/ha bis 95 dt TM/ha einen jährlichen Schwefeldüngungsbedarf von rund 20 - 25 kg S/ha (siehe Basisdaten-Tabelle 2). Dieser Bedarf wird durch eine regelmäßige organische Düngung einschließlich der Nachlieferung aus dem Boden weitestgehend abgedeckt, so dass unter diesen Bedingungen eine ergänzende mineralische Schwefel-Düngung meist zu keinen Mehrerträgen führt. Zu beachten ist, dass Flächen, die bereits langjährig organisch gedüngt wurden, ein größeres Schwefel-Nachlieferungspotenzial haben als Flächen, auf denen in der Vergangenheit auf eine organische Düngung verzichtet wurde.

Eine mineralische Düngung mit Schwefel sollte im Bedarfsfall im zeitigen Frühjahr gegeben werden. Insbesondere nach nasskalten Wintern und Frühjahren bei ertragreichen Standorten kann es zu einer unzureichenden Schwefel-Versorgung kommen. Hohe Gaben sind jedoch unnötig, da pro Aufwuchs nur rund 6 - 8 kg Schwefel abgefahren werden.

Die Auswahl des jeweiligen schwefelhaltigen Düngers richtet sich zweckmäßig i.d.R. nach dem benötigten Hauptnährstoff (siehe Basisdaten-Tabelle 3). Muss die Schwefel-Versorgung schnell über eine Ergänzungsdüngung sichergestellt werden, ist aus fachlicher Sicht der Einsatz von Sulfaten sinnvoll, welche im Gegensatz zu elementarem Schwefel sofort von den Pflanzen aufgenommen werden können.

Bei den Aufwüchsen im Sommer und Herbst ist davon auszugehen, dass ausreichende Schwefel-Mengen durch die Mineralisierung in den wärmeren Monaten pflanzenverfügbar werden. Eine mineralische Schwefel-Düngung im Sommer oder im Herbst liegt daher über dem Pflanzenbedarf und ist potenziell auswaschungsgefährdet, weil Sulfatschwefel ebenso wie Nitratstickstoff im Boden verlagert wird.

2.7 Spurennährstoffe

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. Die über die Ernteprodukte vom Feld abgefahrenen Mengen an Spurennährstoffen sind aus Tabelle 17 zu entnehmen. Im Gegensatz zu Phosphat, Kali und Magnesium erfolgt bei den Spurennährstoffen nur eine Einstufung in die Gehaltsklassen A, C und E.

Tabelle 17: Entzug an Spurenelementen in g/ha

Kultur	Bor	Mangan *)	Zink	Kupfer
Getreide, 80 dt/ha Korn Korn und Stroh	25 - 35 40 - 50	300 - 600 500 - 800	100 - 200 300 - 400	30 - 40 50 - 60
Zuckerrüben, 600 dt/ha Rübe Rübe und Blatt	250 - 350 450 - 550	300 - 400 600 - 700	150 - 200 250 - 350	50 - 60 80 - 90
Raps, 35 dt/ha Korn	250 - 500	1300 - 2500	400 - 700	30 - 60
Mais, 450 dt/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 höher liegen.

Bor (B)

Bor ist in der Pflanze für den Aufbau der Zellwände und für die Zellteilung notwendig. Das ist wichtig für die Ausbildung wachsender, junger Zellen. Daneben ist Bor für verschiedene Stoffwechselprozesse (z. B. Kohlenhydratstoffwechsel, Eiweißhaushalt, Hormonstoffwechsel) und die Zuckerbildung von Bedeutung. Hohen Bor-Bedarf haben vor allem Rüben, Luzerne und Raps, sowie die Sonderkulturen Weinrebe 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. Ein Mangel ist daher nicht zu befürchten. Die Düngung richtet sich nach dem Bor-Gehalt des Bodens und der Bodenart (Tabelle 18).

Tabelle 18: Richtwerte für Borgehalte (mg B/kg Boden) in Mineralböden auf Ackerland (CAT-Methode)

pH-Wert	Gehaltsklasse	Borgehalte in Mineralböden in mg B/kg Boden bei Ackerland			
		leichte Böden		mittlere Böden	mittlere und schwere Böden
		S	I'S	IS	sL - T
$\leq 6,0$ *)	A	< 0,10	< 0,12	< 0,15	< 0,20
	C	0,10 - 0,30	0,12 - 0,40	0,15 - 0,50	0,20 - 0,60
	E	> 0,30	> 0,40	> 0,50	> 0,60
> 6,0	A	< 0,15	< 0,20	< 0,25	< 0,35
	C	0,15 - 0,40	0,20 - 0,60	0,25 - 0,80	0,35 - 1,0
	E	> 0,40	> 0,60	> 0,80	> 1,0

*) Die CAT-Methode (siehe Kapitel 1.2.3, letzter Absatz) ist für die Bor-Untersuchung von Böden mit einem pH-Wert < 5,0 nicht geeignet. Es wird daher auf diesen Böden empfohlen, erst ein Jahr nach erfolgter Aufkalkung die Bodenuntersuchung nach der CAT-Methode durchzuführen.

Die Gefahr einer Überdüngung mit Bor ist groß (Bortoxizität, z. B. bei Weizen, Gerste). Deshalb ist eine Düngung nur zu borbedürftigen Kulturen in Abhängigkeit von pH-Wert und Bodenart ratsam (Tabelle 19). Neben borhaltigen Einzel- und Mehrnährstoffdüngern stehen reine Bor-Dünger wie z. B. Borax (11 % B) oder Solubor (17,5 % B) zur Verfügung. Letztere eignen sich auch zur Behebung von akutem Bor-Mangel mittels einer Blattdüngung (200 - 400 g B/ha in 400 l Wasser). Aufgrund der unmittelbar höheren Bor-Aufnahme sind bei einer gezielten Blattapplikation gegenüber der Bodendüngung geringere Bor-Mengen ausreichend.

Tabelle 19: Empfohlene Bordüngung in Abhängigkeit vom Borgehalt des Bodens (Bodendüngung)

Gehaltsklasse	Empfohlene Bordüngungsmenge (kg B/ha) für			
	leichte Böden (S - I'S)		mittlere und schwere Böden (IS - T)	
	Mais, W-Raps, Kohl	Rüben, Luzerne	Mais, W-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

Kupfer (Cu)

Kupfer ist Bestandteil von Enzymen und für die Ausbildung der Pollen und Pollenschläuche, sowie für die Lignifizierung des Gewebes wichtig. Es ist zudem an der Photosynthese und an verschiedenen Stoffwechselprozessen beteiligt. Kupfer-Mangel tritt besonders auf Sandböden sowie auf Hochmoorböden, z. T. auch auf kalkreichen Niedermoorböden, vor allem bei hohem pH-Wert oder starker Aufkalkung auf.

Auf leichten Böden sind niedrigere, auf schweren Böden höhere Mengen zu geben, aber nicht mehr als 10 kg Cu/ha (Tabelle 20). Damit wird eine Bevorratung für vier bis fünf Jahre erreicht.

Tabelle 20: Richtwerte für Kupfergehalte (mg Cu/kg Boden) in Acker- und Grünlandböden (CAT-Methode) und Düngeempfehlung bei Bodendüngung

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

Die Kupfer-Düngung kann in Form von Kupfersulfat (25 - 36 % Cu) oder Kupferlegierungen durchgeführt werden. Bei mittleren Kupfer-Gehalten des Bodens genügt die Anwendung von kupferhaltigen Düngern (z. B. Stickstoffmagnesia mit 0,2 % Cu). Für die Blattdüngung eignen sich besonders Kupfer-Chelatdünger (bis 15 % Cu, ca. 0,3 kg Cu-Chelat/ha in 400 l Wasser), aber auch Kupfersulfat (stark ätzend). Kupferoxide und Kupferhydroxide sind schwer löslich und damit als Blattdünger nicht geeignet. Blattspritzungen sind frühzeitig vorzunehmen (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 auf Mangan hat, sollte eine Kupfer-Ausbringung in Abhängigkeit von der Bodenversorgung mit Mangan ggf. mit einer Mangan-Düngung kombiniert werden. Eine zu hohe Kupfer-Düngung führt zu einer Anreicherung des Schwermetalls im Boden.

Mangan (Mn)

Mangan aktiviert in der Pflanze Enzyme. Es ist an der Photosynthese und Chlorophyllbildung, am Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel und an der Synthese von Vitamin C beteiligt. Mangan wird in der Pflanze nicht verlagert und ist nur in zweiwertiger Form aufnehmbar.

Mangan-Mangel 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 Mangan-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 21).

Tabelle 21: Richtwerte für Mangangehalte (mg Mn/kg Boden) in Acker- und Grünlandböden (CAT-Methode)

Gehalts- klasse	Mangangehalte in mg Mn/kg Boden					
	leichte Böden (S - I'S) pH-Wert					mittlere und schwere Böden (IS - T)
	< 5,0	5,0 - 5,5	5,6 - 6,0	6,1 - 6,5	> 6,5	ohne pH-Begrenzung
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. auf stark carbonathaltigen Niedermoorböden, ist Mangan-Mangel durch eine 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 Mangan-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 Bedeutung von Zink liegt in seiner Funktion als Bestandteil zahlreicher Enzyme. Es beeinflusst den Atmungsstoffwechsel sowie die Photosynthese. Zink ist wichtig für das Längenwachstum und die Zellteilung. Daher wird bei Zink-Mangel meist ein gestauchter Wuchs beobachtet. Die Löslichkeit von Zink geht mit steigendem pH-Wert und bei sehr hohen Phosphat-Gehalten im Boden zurück. Zink-Mangel kann daher auf neutralen bis alkalischen, carbonatreichen Böden, aber auch nach einer Kalkung auftreten. Bei sehr hohen Phosphat-Gehalten wird Zink festgelegt. In Tabelle 22 sind Richtwerte für den Zink-Gehalt in Acker- und Grünlandböden angegeben.

Tabelle 22: Richtwerte für Zinkgehalte (mg Zn/kg Boden) in Acker- und Grünlandböden (CAT-Methode) und Düngempfehlung in kg Zn/ha

Gehaltsklasse	Zinkgehalt in mg Zn/kg Boden (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

Eisen (Fe) und Molybdän (Mo)

Auf besonderen Standorten, z. B. kalkreichen Tonböden und humusreichen Böden, kann Eisen-Mangel, auf tonhaltigen sauren Böden Molybdän-Mangel auftreten. Eine Untersuchung wird nur im Falle eines begründeten Verdachts empfohlen.

Natrium (Na)

Je nach Pflanzenart wird Natrium teils als Spurenelement, teils als förderliches Element eingestuft. Für viele Pflanzen ist Natrium nicht lebensnotwendig, jedoch für Tiere und Menschen. Zudem ist bekannt, dass Natriumchlorid die Schmackhaftigkeit des Futters (Grünland, mehrschnittiger Feldfutterbau) verbessern und damit die Futteraufnahme erhöhen kann. Auch lassen sich die aus Sicht der Tierernährung meist sehr geringen Natrium-Gehalte im Futter durch eine Düngung mit natriumhaltigen Düngern unter bestimmten Bedingungen (Weidelgras- und weißkleereiche Bestände) erhöhen, jedoch meist nicht in dem für die Tiere notwendigen Maß. Die Natrium-Versorgung der Tiere muss daher überwiegend über eine Zufütterung sichergestellt werden.

3 Organische Düngemittel

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. Der Humus wiederum ist die Voraussetzung für Bodenfruchtbarkeit, indem er die Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen positiv beeinflusst (siehe Kapitel 1.1.3).

Neben der Zufuhr an organischer Substanz ist die organische Düngung eine wichtige Quelle für Pflanzennährstoffe. Die Vielzahl an enthaltenen 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 verschiedenen Bindungsformen der Nährstoffe in den organischen Düngern führen dazu, dass die enthaltenen Nährstoffe zu unterschiedlichen Zeitpunkten pflanzenverfügbar sind. Da die Verwertung der Nährstoffe zusätzlich von der Ausbringtechnik, der Witterung und der gedüngten Kultur abhängig ist, können sich große Schwankungen in der Wirkung organischer Dünger ergeben.

3.1 Düngerarten

Die organischen Dünger lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Flüssige organische Dünger sind Dünger mit bis zu 15 % Trockenmasse (TM). Dünger mit höheren TM-Gehalten werden als „fest“ bezeichnet. Die bedeutendsten organischen Dünger sind die Wirtschaftsdünger. Dazu zählen tierische Ausscheidungen wie Gülle, Jauche und Stallmist sowie Nebenerzeugnisse aus der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Auch Gärreste aus Biogasanlagen zählen zu den Wirtschaftsdüngern, soweit sie nur tierische Wirtschaftsdünger, landwirtschaftliche Nebenerzeugnisse und gezielt für die Biogasanlage erzeugte pflanzliche Materialien enthalten (Nachwachsende Rohstoffe). Weitere organische Dünger sind Bioabfälle (z. B. Komposte), Klärschlämme und Biogasgärreste mit weiteren Bestandteilen als den oben genannten.

Für alle Düngemittel müssen vor dem Ausbringen die Gehalte an Gesamtstickstoff, verfügbarem Stickstoff oder Ammoniumstickstoff und Phosphat bekannt sein. Dafür können eigene Analysen, Kennzeichnungen auf Lieferscheinen oder offizielle Basisdaten, sowie auf dieser Grundlage berechnete Werte (LfL-Lagerraumprogramm bzw. LfL-Biogasrechner des Vorjahres) herangezogen werden. Die entsprechenden Werte sind in Basisdaten-Tabelle 5a enthalten. Eigene Untersuchungsergebnisse sind vor Verwendung immer auf Plausibilität zu prüfen! Bei Gärresten sind Untersuchungen oder berechnete Werte aufgrund deren Heterogenität verpflichtend vorgeschrieben. Für alle anderen organischen Dünger (z. B. Klärschlämme, Komposte) sind auch Untersuchungen erforderlich, die entsprechend der Düngemittelverordnung (DüMV) auf dem Lieferschein dokumentiert sein müssen.

Tierische Wirtschaftsdünger

Die Nährstoffgehalte in tierischen Wirtschaftsdüngern sind abhängig von der Tierart, dem Alter der Tiere, der Leistung und der Fütterung. Die Nährstoffgehalte bei üblichen Fütterungsverfahren sind für die bedeutendsten Tierarten in Basisdaten-Tabelle 5a zu finden. Diese kommen in der Düngebedarfsermittlung und Düngeokumentation zur Anwendung. Zur Berechnung der betrieblichen Obergrenze von 170 kg N/ha wird die Nährstoffausscheidung (siehe Basisdaten-Tabelle 4a) zugrunde gelegt. Dabei dürfen die in Tabelle 23 angegebenen Stall- und Lagerverluste an Gesamtstickstoff (N_{ges}) noch berücksichtigt werden. Alle anderen Nährstoffe (z. B. Phosphat, Kali) unterliegen keinen gasförmigen Verlusten im Stall, im Lager oder auf der Weide.

Die Anfallszahlen in m³ bzw. t für flüssige und feste Wirtschaftsdünger sind für die wichtigsten Tierarten, Leistungsgruppen, Einstreumengen und Fütterungssysteme in den Basisdaten-Tabellen 4b und 4c aufgelistet.

Flüssige tierische Wirtschaftsdünger fallen als Gülle oder Jauche an. Durch die regelmäßige Zugabe von Einstreumaterial, vornehmlich Stroh, entsteht Festmist.

Tabelle 23: Anrechenbare gasförmige Stall- und Lagerungsverluste in Prozent der Ausscheidungen an Gesamtstickstoff in Wirtschaftsdüngern nach DüV

Art	Stall- und Lagerungsverluste in %		Verluste auf der Weide* in %
	Gülle	Festmist/Jauche	
Rinder	15	30	30
Schweine	20	30	30
Geflügel	40	40	40
andere Tiere (z.B. Pferde, Schafe)	45	45	45
Gärrest (pflanzliche Substrate)	5		

*) Ausscheidungen auf der Weide sind anteilig zu berücksichtigen, wenn z. B. Rinder 8 Stunden auf der Weide und 16 Stunden im Stall (Gülle) stehen, sind von der Stickstoffausscheidung 1/3 mit 30 % und 2/3 mit 15 % anrechenbar.

Gärreste aus Biogasanlagen

Biogasgärreste entstehen aus den verschiedensten Ausgangssubstanzen, die während des Gärprozesses in Abhängigkeit von der Verweildauer und der Temperatur unterschiedlichen Abbauraten unterliegen. Die Nährstoffgehalte schwanken in Abhängigkeit von den Eingangsstoffen, dem Gärprozess und der Wasserzugabe stark. Es ist daher nicht möglich, durchschnittliche Nährstoffgehalte bereitzustellen. Um eine sinnvolle Düngebedarfsermittlung durchführen zu können und um der Forderung der DüV gerecht zu werden, nach welcher die Gesamtstickstoff- sowie die Ammonium- und Phosphatgehalte der eingesetzten organischen Dünger vor der Anwendung bekannt sein müssen, sind eigene Untersuchungen oder eine Berechnung der Nährstoffgehalte Pflicht. Anlagen, die ganzjährig mit dem gleichen Substratmix betrieben werden, haben bei vollständiger Verwertung des Gärrests im eigenen Betrieb mindestens eine Analyse pro Jahr durchzuführen. Werden Gärreste abgegeben und somit in Verkehr gebracht, muss zu jedem Hauptabgabetermin eine aktuelle, repräsentative Gärrestanalyse (mindestens drei pro Jahr) vorliegen. Das Analyseergebnis muss den Empfängern mitgeteilt werden.

Alternativ zur Untersuchung ist auch eine Berechnung der Nährstoffgehalte mit dem Biogasrechner der LfL möglich. Für Anlagen, die ganzjährig mit dem gleichen Substratmix betrieben werden, ist eine Berechnung pro Jahr (auch bei Gärrest-Abgabe) ausreichend. Die im vorausgegangenen Kalenderjahr mit dem Biogasrechner berechneten Nährstoffgehalte können für das gesamte darauffolgende Kalenderjahr verwendet werden. Bei größeren Veränderungen im Substrateinsatz (mehr als $\pm 15\%$) müssen die Nährstoffgehalte im Gärrest erneut, auch während des Jahres, berechnet werden.

Der Biogasrechner dient gleichzeitig der Plausibilisierung, ob die über Substrate zugeführten Nährstoffe die Anlage(n) über Gärreste wieder vollständig verlassen. Dies ist unabhängig von der gewählten Methodik zur Bestimmung der Nährstoffgehalte im Gärrest immer sicher zu stellen.

Tendenziell lässt sich feststellen, dass Gärreste einen Trockenmassegehalt zwischen 4 und 6 % haben und nach der Vergärung 60 bis 75 % des Stickstoffs in Ammoniumform vorliegt, sowie der pH-Wert auf ca. pH 8 ansteigen kann. 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 Nährstoffanfall von über 170 kg N/ha haben, müssen Gärreste abgeben, um eine Überversorgung der selbst bewirtschafteten Flächen zu vermeiden und die durch die DüV vorgegebenen Obergrenzen für den Stickstoffeinsatz einhalten zu können.

Werden auch Bioabfälle (siehe unten) in der Anlage vergoren, handelt es sich bei dem Gärrest nicht mehr um einen Wirtschaftsdünger, sondern um Bioabfall.

Komposte

Komposte entstehen aus der aeroben Behandlung von Stoffen, die nach der Düngemittelverordnung (DüMV) und der Bioabfallverordnung (BioAbfV) als Ausgangsstoffe für organische Düngemittel zugelassen sind. Neben der aeroben Behandlung müssen die Stoffe einer hygienisierenden und stabilisierenden Behandlung unterzogen werden. Je nach Material sind dafür unterschiedliche Rotteverfahren und -zeiten notwendig. Grundsätzlich muss eine deutliche Umwandlung aller Komponenten erkennbar sein. Ebenfalls ist zu beachten: Wirtschaftsdünger bleiben auch nach aerober Behandlung Wirtschaftsdünger (gem. Düngegesetz - DüngG) und werden nicht zu Kompost.

Bioabfälle

Abfälle vorwiegend pflanzlicher Herkunft werden als Bioabfälle bezeichnet. Dazu zählen auch Komposte, Grüngutabfälle, getrennt gesammelte Bioabfälle aus Siedlungen und Schlämme aus der Nahrungsmittelherstellung. In bestimmten Fällen können landwirtschaftlich produzierte pflanzliche Stoffe sowohl Wirtschaftsdünger (Anfall bei der Produktion) als auch Bioabfall (Anfall bei der Verarbeitung) sein. Die Verwertung als Düngemittel ist in der BioAbfV geregelt (siehe Kapitel 9). Allerdings sind auch die Vorgaben der DüMV und der DüV zu beachten. Begrenzungen bestehen hinsichtlich Schadstoffgehalten und maximalen Ausbringungsmengen, wobei immer die strengeren Grenzen aus den einzelnen Verordnungen einzuhalten sind.

Klärschlamm

Klärschlamm ist der bei der Abwasserbehandlung anfallende Schlamm. Aufgrund seiner Herkunft enthält 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 (siehe Kapitel 9), der DüMV und der DüV erlaubt. Eine Aufbringung darf jedoch nur erfolgen, wenn die Schadstoffgrenzwerte der AbfKlärV und der DüMV nicht überschritten werden, wobei immer die strengeren Grenzen aus den einzelnen Verordnungen einzuhalten sind.

3.2 Nährstoffwirkung und Nährstoffeffizienz

3.2.1 Stickstoffwirkung

Der Stickstoff der organischen Düngemittel besteht aus zwei Fraktionen: Eine ist in der organischen Substanz gebunden, die andere liegt als leicht verfügbares Ammonium-Ion (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). Für die Verfügbarkeit des Stickstoffs im Anwendungsjahr gibt die DüV Mindestwerte vor, die auch in der Düngebedarfsermittlung angesetzt werden müssen. Diese Werte entsprechen im Wesentlichen den Ammoniumgehalten der Düngemittel. Wird bei Untersuchungen festgestellt, dass der Ammoniumanteil des Düngers die in Tabelle 24 angegebenen Werte überschreitet, muss der Ammoniumanteil in % vom Gesamtstickstoff als Mindestwirksamkeit verwendet werden.

Tabelle 24: Mindestwirksamkeit des Stickstoffs aus organischen Düngern nach DüV

Düngemittel	Mindestwirksamkeit im Jahr des Aufbringens in % des Gesamtstickstoffgehaltes	
Rindergülle	bei Aufbringung auf Ackerland: 60 auf Grünland: 50	ab 1. Februar 2025: alle Flächen: 60
Schweinegülle	bei Aufbringung auf Ackerland: 70 auf Grünland: 60	ab 1. Februar 2025: alle Flächen: 70
Rinder-, Schaf- und Ziegenfestmist	25	
Schweinefestmist	30	
Hühnertrockenkot	60	
Geflügel- und Kaninchenfestmist	30	
Pferdefestmist	25	
Rinderjauche	90	
Schweinejauche	90	
Biogasgärrest flüssig	bei Aufbringung auf Ackerland: 60 auf Grünland: 50	ab 1. Februar 2025: alle Flächen: 60
Biogasgärrest fest	30	
Klärschlamm flüssig (< 15 % TM)	30	
Klärschlamm fest (≥ 15 % TM)	25	
Pilzsubstrat/Champost	10	
Grünschnittkompost (BioAbfV)	3	
Sonstige Komposte (BioAbfV)	5	

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. Dieser Stickstoff ist bereits in den Mindestwirksamkeiten berücksichtigt.

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 muss diese Nachlieferung mit 10 % des zur Vorfrucht (Haupt- sowie ggf. Zweit- und Zwischenfrüchte) mit der organischen Düngung ausgebrachten Gesamtstickstoffs berücksichtigt werden. Bei Kompost kann die Anrechnung in Höhe von 4 % im ersten Jahr nach der Ausbringung und jeweils 3 % in den weiteren zwei Folgejahren erfolgen.

3.2.2 Stickstoffeffizienz

Gasförmige Stickstoffverluste in Form von Ammoniak treten neben der Tierhaltung im Stall besonders bei der Ausbringung auf und belasten die Luft und die Umwelt. Nach der NEC-Richtlinie (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen) müssen die Ammoniakemissionen in Deutschland bis 2030 um 29 % gegenüber dem Basisjahr 2005 reduziert werden. Um die in der DüV vorgegebenen Mindestwirksamkeiten für Stickstoff bei der Ausbringung von organischen Düngern (Tabelle 24) möglichst zu erreichen und die betrieblichen Obergrenzen für Stickstoff einhalten zu können, bedarf es einer optimalen, verlustarmen Ausbringung. Eine deutliche Minderung der Ammoniakemissionen und dadurch eine Erhöhung der Stickstoffeffizienz kann erreicht werden durch:

- Ausbringung bei kühler, bedeckter und feuchter Witterung,
- unverzügliche Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland (nicht erst nach vier Stunden),
- Verdünnung oder Ansäuerung der Gülle,
- direkte Einbringung in den Boden (Injektionstechnik),
- bodennahe, streifenförmige Ausbringung.

Wie aus den Empfehlungen abzuleiten ist, sind zudem ausreichende Lagerkapazitäten die Grundvoraussetzung für einen effizienten Wirtschaftsdüngereinsatz. Der Einsatz von Wirtschaftsdüngern sollte zudem vorrangig zu Kulturen mit hohen Stickstoffausnutzungsgraden erfolgen.

Wenn eine Einarbeitung der oben genannten Dünger in den Boden auf Grund eines vorhandenen Bestands bzw. bei Direktsaat nicht möglich ist, sind die Witterungsbedingungen bei der Ausbringung für die Höhe der Ammoniakverluste und damit für die N-Ausnutzung der organischen Düngung entscheidend. Dies bedeutet, dass Gülle nicht bei hohen Temperaturen, also nicht spätmorgens bis frühabends, sondern bei kühlen Temperaturen (z. B. in den Abendstunden) bzw. bei leichtem Regen ausgebracht werden soll.

3.2.3 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 Düngebedarfsermittlung zu 100 % 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 Abgabe organischer Dünger mit einer P-Überdüngung zu rechnen. Diese Betriebe sollten möglichst auf die mineralische Phosphat-Düngung (z. B. Unterfußdüngung zu Mais) verzichten. Ähnliches gilt für Biogasbetriebe mit hohem Zukauf an Substraten zur Biogasvergärung.

Phosphat ist im Boden im Gegensatz zu Stickstoff und Schwefel nur wenig beweglich und muss zudem aktiv von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Damit hängt die räumliche Verfügbarkeit von Phosphat im Boden sehr stark vom Wurzelwachstum und der Wurzelverteilung der Kulturen im Boden bzw. von der Entfernung zwischen Nährstoff und Wurzel ab. Der Erhalt einer günstigen Bodenstruktur trägt damit zur P-Effizienz bei.

In Rinder- und Schweinegülle liegen ca. 80 %, in 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 wird erst nach länger dauerndem mikrobiologischem Aufschluss pflanzenverfügbar.

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

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

4 Betriebliche Nährstoffflüsse und Bilanzierung

Ein effizienter Nährstoffeinsatz und ein ausgeglichener Nährstoffhaushalt sind wesentliche Faktoren für den Betriebserfolg und sind angesichts der strengen rechtlichen Vorgaben die Basis für die weitere Betriebsentwicklung. Unausgewogene Nährstoffkreisläufe haben zudem durch zu hohe Nährstoffeinträge in Wasser, Boden und Luft negative Auswirkungen auf die Ökosysteme. Ein effizienter Nährstoffkreislauf nutzt daher der Umwelt und dem landwirtschaftlichen Betrieb in gleichem Maße. Somit kommt der Kenntnis und der Analyse einzelbetrieblicher Nährstoffkreisläufe über Bilanzierungen eine große Bedeutung zu.

Ziel laufender Nährstoffbilanzierungen 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 z. B. bei der Düngung kaum zu erwarten. Hohe Bilanzüberschüsse weisen auf eine Nährstoffanreicherung im Boden oder vermeidbare Nährstoffverluste hin, können jedoch auch ein Indikator für einen nicht optimalen Einsatz von Wirtschaftsdüngern oder Futtermitteln sein. Da jährliche Bilanzierungen große Schwankungen aufweisen können (z. B. wegen witterungsbedingten Ertragsschwankungen), sollten bei der Bewertung der Ergebnisse immer mehrere Jahre gemeinsam betrachtet werden.

Die erforderlichen Daten zur Erstellung der Bilanzen sind buchmäßig belegt bzw. berechnet und sichern objektive und reproduzierbare Ergebnisse. Umfassende Informationen zur Nährstoffbilanzierung einschließlich EDV-Anwendungen zur Berechnung sind zu finden unter:

www.lfl.bayern.de/naehrstoffbilanz

4.1 Stoffstrombilanz (Hof-Tor-Bilanz)

Die Stoffstrombilanz gibt einen Überblick über die Nährstoffeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion eines Betriebes. Bei diesem Bilanztyp werden die Zufuhren und Abfuhren in den Gesamtbetrieb berücksichtigt. Die Zufuhr z. B. von Stickstoff oder Phosphor erfolgt in Form von Düngemitteln, Futtermitteln, über Saatgut, den Zukauf von Tieren und aus der Luft über die Stickstoffbindung von Leguminosen. Die Abfuhr von Nährstoffen aus dem Betrieb erfolgt über den Verkauf von tierischen und pflanzlichen Produkten. Ziel ist, alle Zu- und Abfuhren eines landwirtschaftlichen Betriebes zu erfassen (Abbildung 6).

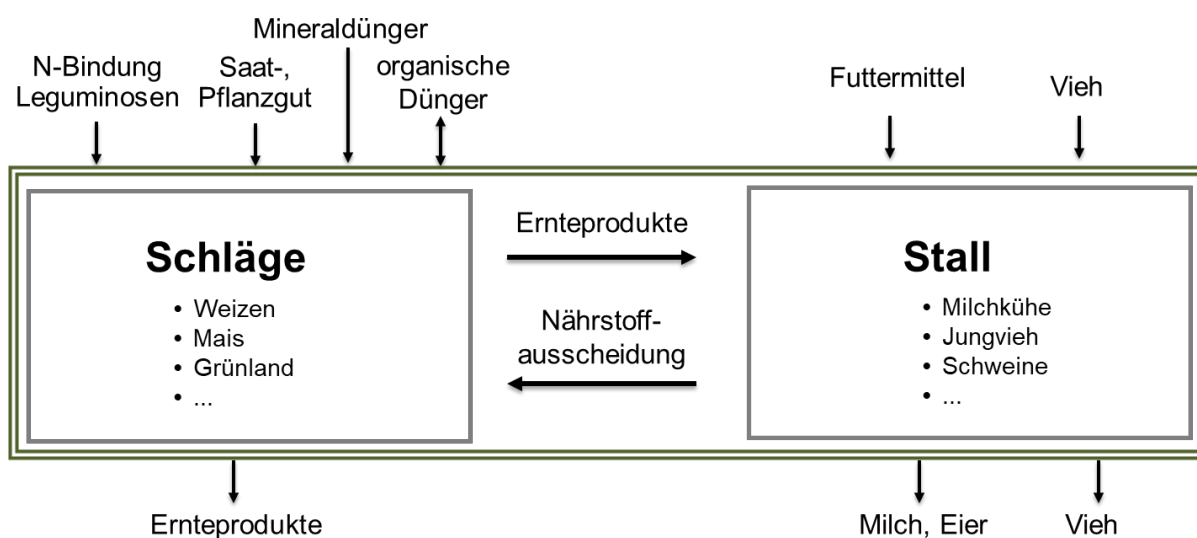


Abbildung 6: Schema der Stoffstrombilanz (Hof-Tor-Bilanz); Doppelrahmen zeigt Bilanztyp

Der optimale Einsatz von Dünge- und Futtermitteln zählt ebenso wie die Vermeidung von Stickstoffverlusten bei der Lagerung und Aufbringung von Wirtschaftsdüngern zu den zentralen Ansatzpunkten zur Verbesserung der betrieblichen Stoffstrombilanz. Da es sich um eine Bruttobilanzierung handelt, werden Austräge in den Boden und Verluste in die Luft in der Bilanz nicht abgezogen.

Die Stoffstrombilanzierung für Stickstoff und Phosphat ist durch das Düngegesetz und die Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV) für bestimmte Betriebe rechtlich verbindlich für das zurückliegende Kalender- oder Wirtschaftsjahr anzufertigen sowie für Stickstoff zusätzlich zu bewerten. Mit der Novelle der StoffBilV gehen die umfassende Anpassung des Bewertungsschemas für Stickstoff und die Einführung zusätzlicher Bewertungskriterien für Phosphat einher. Ab 2023 sind die meisten Betriebe zur Erstellung einer Stoffstrombilanz verpflichtet. Ausgenommen sind nur einzelne Betriebe aufgrund ihrer betrieblichen Struktur.

4.2 Stallbilanz (Stall-Tier-Bilanz)

Die Stallbilanz bildet die Nährstoffeffizienz der Tierproduktion und die zu erwartenden Nährstoffgehalte der anfallenden Wirtschaftsdünger ab (Abbildung 7). Betrachtungsebene können die gesamte Tierhaltung eines Betriebes oder auch einzelne Teilbereiche der Tierhaltung sein, wie z. B. einzelne Ställe oder Tiergruppen. Nach einer Bilanzierung von Teilbereichen sollte zusätzlich immer eine gesamtbetriebliche Betrachtung erfolgen, in der die einzelnen Bilanzergebnisse aufsummiert werden, um so die Ergebnisse für den Gesamtbetrieb zu plausibilisieren.

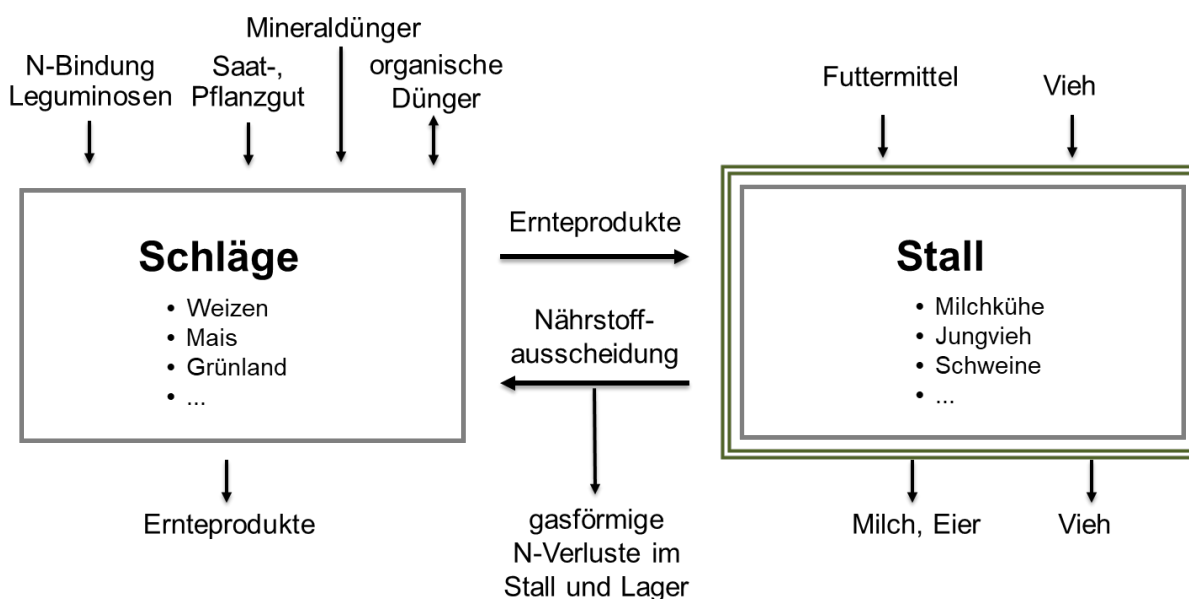


Abbildung 7: Schema der Stallbilanz (Stall-Tier-Bilanz); Doppelrahmen zeigt Bilanztyp

Die Stallbilanz saldiert die Nährstoffmengen, die über das eigenerzeugte Futter, den Futterzukauf (abzüglich Konservierungsverlusten) sowie den Tierzukauf in den Stall gelangen, mit den Nährstoffmengen, die als tierische Marktprodukte in Form von Milch, Eier, Wolle und Zucht-, Mast- und Schlachttieren sowie sonstigen Abgängen den Stall verlassen. Die Differenz entspricht den Nährstoffausscheidungen der Tiere. Ausgehend von den Nährstoffausscheidungen und unter Berücksichtigung der Einstreuemenge sowie Wassereinleitungen ergeben sich die Nährstoffgehalte des anfallenden Wirtschaftsdüngers. Bei Stickstoff sind zusätzlich die zulässigen tierart- und tierhaltungsspezifischen gasförmigen Stall- und Lagerverluste nach DüV zu berücksichtigen. Ergeben sich bei Stickstoff

Differenzen zwischen den ermittelten Nährstoffgehalten und eigenen Untersuchungen, treten in der Regel im Stall oder bei der Lagerung der Wirtschaftsdünger überhöhte Nährstoffverluste auf. Gibt es Unterschiede bei den Nährstoffen Phosphat oder Kali, können die Ursachen an den Angaben zu den Tieren (Leistung, Rasse, Gewichte etc.) und/oder der Fütterung (Phasenfütterung, Nährstoffgehalte im Futter etc.) liegen.

4.3 Schlagbilanz (Feld-Stall-Bilanz)

Die Bezugsebene der Feld-Stall-Bilanz ist die Fläche eines Betriebs. Die Bilanz ergibt sich aus der Zufuhr auf die Schläge in Form von Dünger und Stickstofffixierung der Leguminosen abzüglich der Abfuhr von den Schlägen als verkaufte Ernteprodukte oder Ernteprodukte, die für die Fütterung und zur Einstreu der eigenen Tiere verwendet werden (Abbildung 8). Die Nährstoffe der im Stall anfallenden Wirtschaftsdünger werden abzüglich der gasförmigen Stall- und Lagerverluste bei Stickstoff als Zufuhr auf die Schläge berücksichtigt. Im Vergleich zur Stoffstrombilanz (siehe Kapitel 4.1) sind keine Angaben über den Zukauf von Futtermitteln und Vieh sowie den Verkauf von tierischen Produkten notwendig.

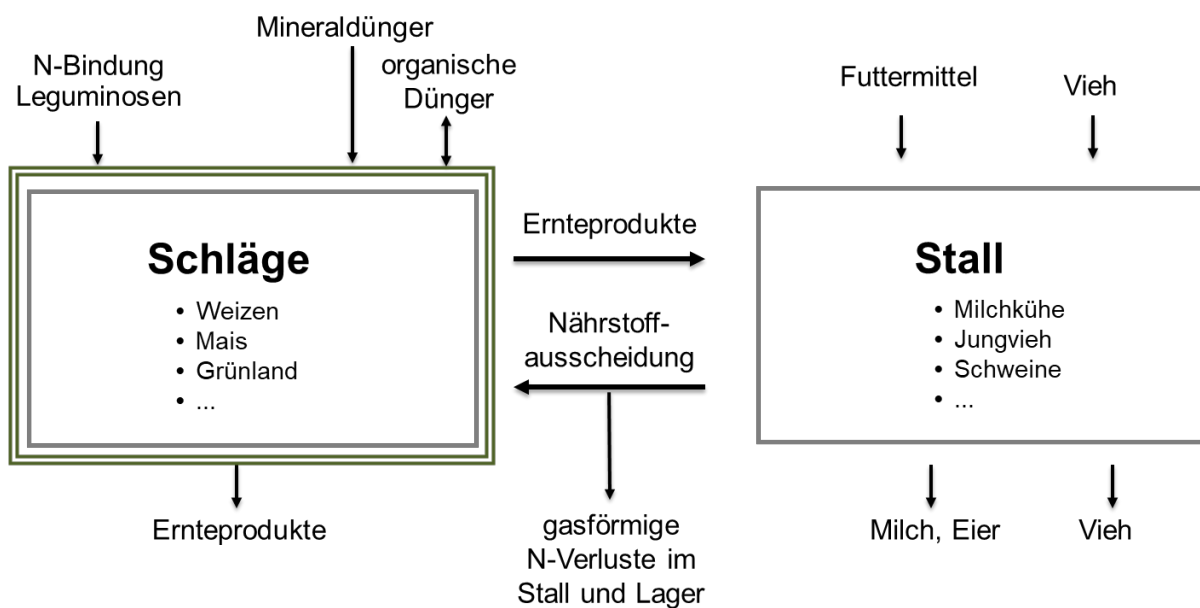


Abbildung 8: Schema der Schlagbilanz (Feld-Stall-Bilanz); Doppelrahmen zeigt Bilanztyp

Mit der Nährstoffbilanzierung für einzelne Schläge können deren individuelle Stickstoffeffizienz sowie in Kombination mit Bodenuntersuchungsergebnissen der Zusammenhang zwischen P/K-Ein- und Austrägen ermittelt werden.

Die Aussagekraft der Schlagbilanz hängt sehr stark von den verwendeten Ausgangsdaten ab. Insbesondere im tierhaltenden Betrieb beruht der Ertrag von Feldfutter/Grünland und die Nährstoffzufuhr über eigenen Wirtschaftsdünger häufig mehr auf Schätzungen als auf belastbaren Messungen oder Berechnungen. Eine kombinierte Berechnung der Schlagbilanz mit einer Stallbilanz kann helfen, die Nährstoffzufuhr und Nährstoffabfuhr zu plausibilisieren und die Schlagbilanz innerbetrieblich zu einem günstigen Instrument der Düngeoptimierung zu machen.

5 Vorbereitung auf die Düngesaison

Der Einsatz von stickstoff- und phosphathaltigen Düngemitteln unterliegt zahlreichen rechtlichen Vorgaben. Alle Regelungen im Blick zu haben ist nicht leicht, aber notwendig, um Verstöße und daraus resultierende Ordnungswidrigkeiten und Sanktionen für die landwirtschaftlichen Betriebe zu vermeiden. Dies gilt auch dann, wenn aus (arbeits-)wirtschaftlichen Zwängen zunehmend Arbeiten an Maschinenringe und Lohnunternehmer abgegeben werden. Diese Gruppen müssen sich gleichermaßen mit den gesetzlichen Regelungen befassen. Zum einen sind Fehler bei der praktischen Tätigkeit zu vermeiden, zum anderen sind die Kenntnisse wichtig für zukünftige strategische Planungen und Investitionsentscheidungen, z. B. in die Ausbringtechnik.

Nachfolgend sind die wichtigsten bundeseinheitlichen Vorgaben der DüV und der Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger (WDüngV) aufgeführt. Dieser Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Detaillierte Informationen hierzu sind auf der Internetseite der LfL unter www.lfl.bayern.de/duengung zu finden. Die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten stehen zusammen mit der Verbundberatung bei einzelbetrieblichen Fragestellungen und weitergehendem Beratungsbedarf als kompetente Ansprechpartner zur Verfügung.

5.1 Obergrenze für organische Dünger (Grenze 170 kg N/ha)

Mit organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln (inkl. Biogasgärreste, Klärschlamm etc.) dürfen im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) eines Betriebes maximal 170 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr ausgebracht werden. Bei Kompost liegt die Obergrenze bei 510 kg Gesamtstickstoff je Hektar in einem Zeitraum von drei Jahren. Flächen mit komplettem Verbot einer organischen Düngung und Flächen, die nicht genutzt und nicht gedüngt werden (z. B. Brache), sind bei der Berechnung der 170 kg N/ha-Grenze von der LF abzuziehen.

Zur fachlich abgesicherten Berechnung und Planung der organischen Stickstoffmenge je Hektar im Durchschnitt eines Betriebes steht unter www.lfl.bayern.de/170kkggrenze eine EDV-Anwendung zur Verfügung. Mit der Berechnung ist dem Betrieb zusätzlich die jährliche Gesamtsumme des aus organischen Düngemitteln zur Verfügung stehenden Stickstoffs bekannt. Dieser Wert sollte auch zur Plausibilisierung der betrieblichen Aufzeichnungen über die organischen Düngungsmaßnahmen im Jahresverlauf herangezogen werden.

5.2 Mindestlagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger

Für die im Betrieb anfallenden Wirtschaftsdünger und Biogasgärreste müssen Mindestlagerkapazitäten vorgehalten und entsprechend große Lagerstätten nachgewiesen werden. Die Lagerkapazität muss grundsätzlich so groß sein, dass diese Dünger über die jeweiligen Sperrfristen hinaus gelagert werden können. Anfallende Silagesickersäfte und Niederschlagswasser sind bei der Bemessung mit zu berücksichtigen, soweit diese in die Behälter eingeleitet werden. Tabelle 25 gibt einen Überblick zu den vorgeschriebenen Mindestlagerkapazitäten.

Tabelle 25: Mindestlagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdüngerart	Monate
Flüssige Wirtschaftsdünger (Jauche und Gülle), Gärreste	6 (9*)
Festmist von Huf- und Klauentieren und Komposte	2
Geflügelmist und -trockenkot	5

* gilt nur für Betriebe mit mehr als 3 GV/ha LF und Betriebe ohne eigene Ausbringflächen

Falls die notwendige Lagerkapazität im eigenen Betrieb nicht vorhanden ist, kann über schriftliche Vereinbarungen die Zupacht von Lagerraum nachgewiesen werden. Bei Betrieben mit der Verpflichtung zu neun Monaten Lagerkapazität kann die vertragliche Bereitstellung von Aufbringungsflächen die erforderliche Lagerkapazität verringern. Entsprechende Musterverträge sowie eine Berechnungshilfe zur Ermittlung des erforderlichen und vorhandenen Lagerraums stehen unter www.lfl.bayern.de/lagerkapazitaet zur Verfügung. Die Berechnung dient als Nachweis.

In der DüV sind für fast alle Tierarten Angaben für den Anfall an Gülle, Jauche und Festmist genannt. Die Anfallszahlen der DüV wurden auf die Tierklassen entsprechend dem bayerischen Mehrfachantrag umgerechnet. Diese Angaben sind für die Berechnung des rechtlich notwendigen Lagerraums zu verwenden. In der Praxis fallen jedoch bei manchen Tierarten höhere Mengen an. Es wird dringend empfohlen, beim Neubau von Lagerstätten mit den tatsächlich anfallenden Mengen zu rechnen. Nur so ist gewährleistet, dass zum einen die Sperrfristen eingehalten und zum anderen Ausbringtermine mit optimaler Nährstoffausnutzung gewählt werden können. In der Basisdaten-Tabelle 4b ist der Gülle- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in m³ pro mittleren Jahresbestand nach DüV angegeben. Basisdaten-Tabelle 4c enthält die Werte für den Anfall von Stallmist, wobei zwischen verschiedenen Einstreumengen unterschieden wird. Jeder Einstreumenge ist ein typischer Jaucheanfall zugeordnet, der bei den Berechnungen zu berücksichtigen ist.

Eine Feldrandlagerung für Festmist von Huf- und Klauentieren ist unter bestimmten Bedingungen ebenfalls möglich, kann jedoch bei der Berechnung des notwendigen Lagerraumes nicht berücksichtigt werden. Detaillierte Informationen zur maximalen Lagerdauer von organischen Düngemitteln außerhalb von ortsfesten Anlagen sind in der Cross Compliance-(CC-)Broschüre zu finden.

5.3 Zu- und Abgang von Wirtschaftsdünger (WDüngV)

Teilweise müssen Betriebe Wirtschaftsdünger abgeben, weil die anfallenden Nährstoffmengen aus der Tierhaltung oder der Biogaserzeugung nicht oder nicht vollständig auf der betrieblichen LF ausgebracht werden können (z. B. Beschränkung durch die Grenze 170 kg N/ha). Werden Wirtschaftsdünger überbetrieblich verwertet, muss dies nicht nur bei den abgebenden, sondern auch bei den aufnehmenden Betrieben in den Berechnungen und Aufzeichnungen nach DüV berücksichtigt werden. Zur vollständigen Planung der Düngesaison sollte die abzugebende Menge daher vorab ermittelt werden.

Zudem müssen sich abgebende Betriebe nach § 5 der WDüngV einmalig einen Monat vor erstmaligem Inverkehrbringen bei der LfL registrieren.

Abgeber, Beförderer und Aufnehmer müssen innerhalb eines Monats die zugehörigen Aufzeichnungen erstellen. Bei der Abgabe von Wirtschaftsdüngern darf nur der Abgeber deren Nährstoffgehalte deklarieren. Werden Wirtschaftsdünger aus einem anderen Bundesland oder dem Ausland importiert, muss der Empfänger dieser Stoffe bis zum 31. März für das vorangegangene Jahr den Abgeber, die Menge und das Datum der Annahme des Wirtschaftsdüngers an die LfL als zuständige Stelle melden.

Weitere Informationen sowie ein Musterformular für die Aufzeichnung und der Meldebogen für erstmaliges Inverkehrbringen sind unter www.lfl.bayern.de/verbringungsverordnung abrufbar.

Die Aufzeichnungspflichten greifen, sobald ein Betrieb insgesamt mehr als 200 Tonnen Frischmasse im Kalenderjahr in den Verkehr bringt, befördert oder aufnimmt. Sie gelten nicht, wenn die genannten Tätigkeiten im Umkreis von 50 km innerhalb eines Betriebes oder eines Betriebes des gleichen Verfügungsberechtigten vorgenommen werden.

5.4 Düngebedarfsermittlung

Eine an den Bedarf angepasste ausgewogene Düngung, die sich an betriebs- und schlagspezifischen Gegebenheiten orientiert, ist Grundvoraussetzung für eine optimale Pflanzenernährung unter Vermeidung von umweltbelastenden Überversorgungen.

In diesem Kapitel wird die Düngebedarfsermittlung der für die Einhaltung der DüV relevanten Nährstoffe Stickstoff und Phosphat sowie die Ermittlung des Kalibedarfs anhand eines händischen Rechenschemas vorgestellt. Hinweise zum Düngebedarf für Kalk, Magnesium, Schwefel und für einzelne Mikronährstoffe sind in Kapitel 2 enthalten.

Die DüV schreibt für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphat eine schriftliche Düngebedarfsermittlung für Flächen vor, auf die im Jahr mehr als 50 kg N/ha oder mehr als 30 kg P₂O₅/ha ausgebracht werden. Die Bedarfsermittlung ist für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit zu erstellen. Zu Bewirtschaftungseinheiten können mehrere Schläge einer Kultur zusammengefasst werden, wenn der Bedarfswert und die Zu- und Abschläge gleich hoch sind. Bei der Stickstoffbedarfsermittlung sind das Fruchtart, Ertragserwartung, Verwertungsrichtung, Humus, Vorfruchtgruppe, Zwischenfruchtgruppe und organische Düngung im Vorjahr. Bei Phosphat können Schläge mit der gleichen Fruchtart, Ertragserwartung, Stroh-/Blattbergung und Phosphat-Bodenversorgung zusammengefasst werden. Flächen mit den Bodengehaltsklassen A und B können als eine Einheit gesehen werden.

Der für Stickstoff berechnete Düngebedarf stellt eine Obergrenze dar, die grundsätzlich nicht überschritten werden darf. Aus fachlicher Sicht ist es sinnvoll, den Düngebedarf nicht nur für die durch die DüV vorgeschriebenen Nährstoffe Stickstoff und Phosphat, sondern auch für Kali, Magnesium, Schwefel und ggf. Spurennährstoffe zu ermitteln.

Ausführliche Informationen zur Düngebedarfsermittlung stehen zusammen mit zwei Berechnungsprogrammen unter www.lfl.bayern.de/duengebedarfsermittlung zur Verfügung.

Düngejahr

Im Gegensatz zur Berechnung der 170 kg N/ha-Grenze für organische und organisch-mineralische Düngemittel ist die Düngeplanung und Dokumentation nicht für das Kalenderjahr, sondern für das Düngejahr zu erstellen. Das Düngejahr beginnt nach der Ernte der Hauptfrucht und endet mit der Ernte der nächsten Hauptfrucht. Hauptfrucht ist dabei immer die Kultur, die im Mehrfachtantrag steht. Bei mehrjährigem Feldfutterbau als Hauptfrucht und bei Grünland endet das Düngejahr mit der letzten Nutzung im Kalenderjahr. Demnach zählt eine Düngung nach dem letzten Schnitt oder nach dem Weideabtrieb im Herbst bereits zum Düngejahr im darauffolgenden Kalenderjahr.

Abbildung 9 veranschaulicht die Abgrenzung von einem Düngejah zum nächsten, wobei in Tabelle 26 für die abgebildeten Schläge beispielhaft je eine Kulturführung genannt ist:

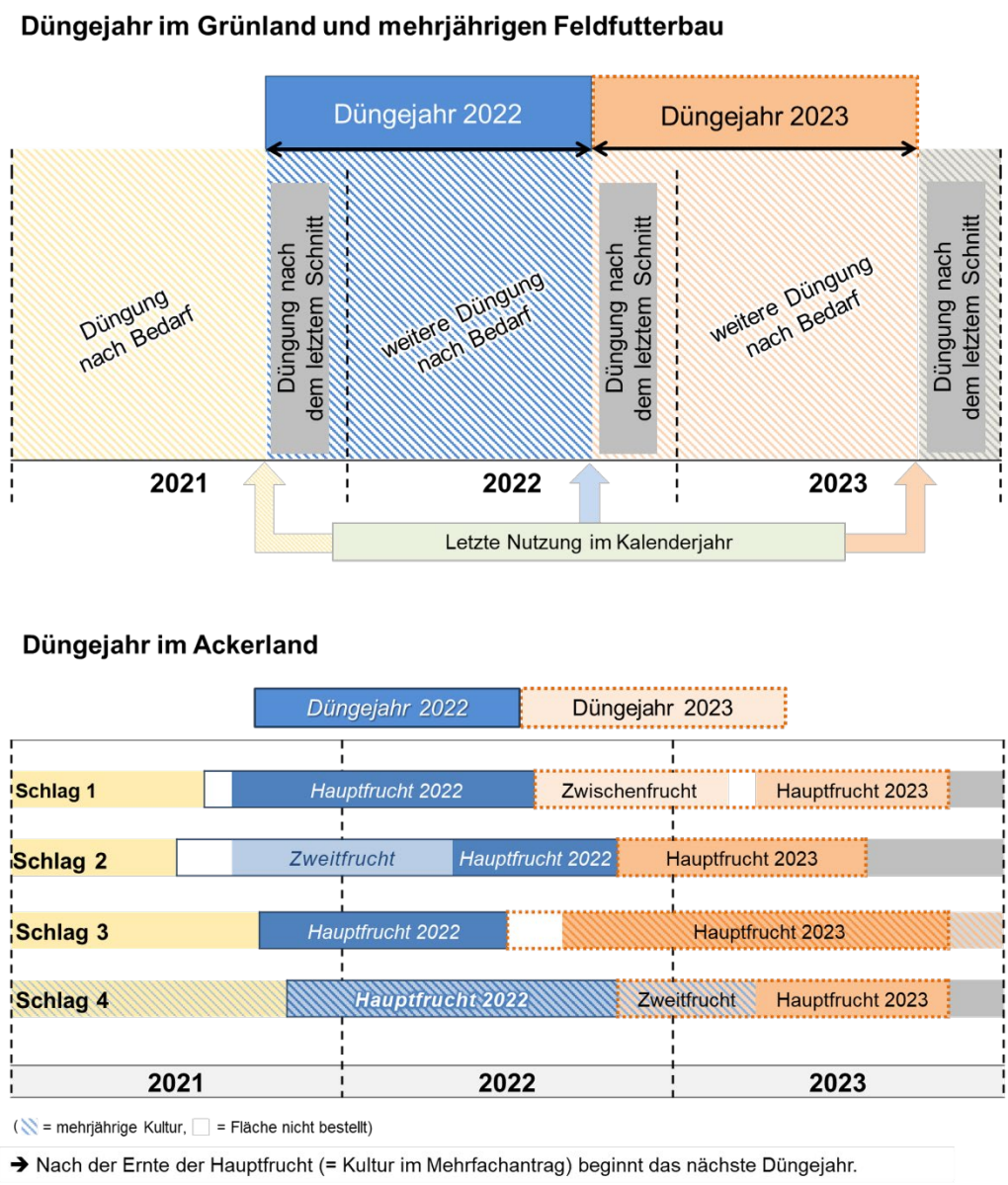


Abbildung 9: Abgrenzung eines Düngjahres

Tabelle 26: Beispiele für die in Abbildung 9 gezeigte Abgrenzung eines Düngjahres

	Düngjahr 2022	Düngjahr 2023
Schlag 1	Winterweizen	Senf (Zwischenfrucht), Kartoffeln
Schlag 2	Ackergras (Zweitfrucht), Mais	Winterweizen
Schlag 3	Roggen	Klee gras
Schlag 4	Mehnjähriges Klee gras	Klee gras (Zweitfrucht), Mais

Gegenüber den bisherigen Gelben Heften wurde die Systematik der Düngbedarfsermittlung für Haupt- und Zweitfrüchte sowie Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau vereinheitlicht und zusammengeführt. Gleichzeitig erfolgt die Weideanrechnung bei Acker- und Grünland nun identisch.

Zweitfrüchte und Zwischenfrüchte

Für Zwischenfrüchte entspricht der Düngbedarf im Sommer/Herbst den Obergrenzen der DüV. Eine zusätzliche Düngbedarfsermittlung ist deshalb für Zwischenfrüchte nicht erforderlich. Im Gegensatz zur Zwischenfrucht findet bei einer Zweitfrucht immer eine Ernte statt. Zudem spielt für die Unterscheidung der Aussaatzeitpunkt eine Rolle.

Der Düngbedarf für Zweitfrüchte wird jedes Jahr im Sommer im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt und auf der Homepage der LfL bekannt gegeben und muss daher zur Erfüllung der düngerechtlichen Vorgaben nicht zwingend selbst ermittelt werden.

Im Detail ist die Abgrenzung von Zwischenfrüchten und Zweitfrüchten in Abbildung 10 dargestellt.

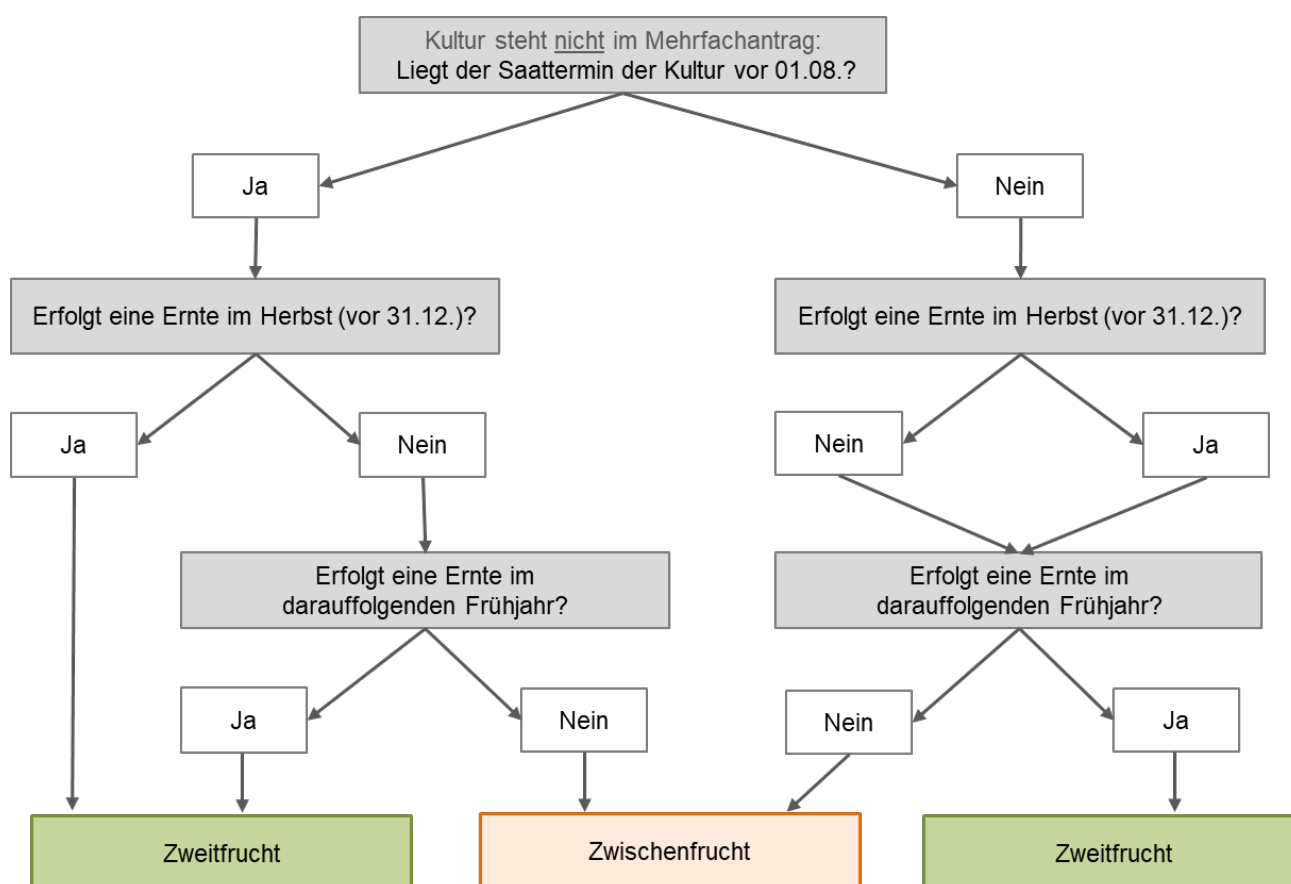


Abbildung 10: Unterscheidungsschema Zweit- und Zwischenfrucht

Welches Berechnungsschema für die Düngedarfsermittlung zu verwenden ist, zeigt Abbildung 11.

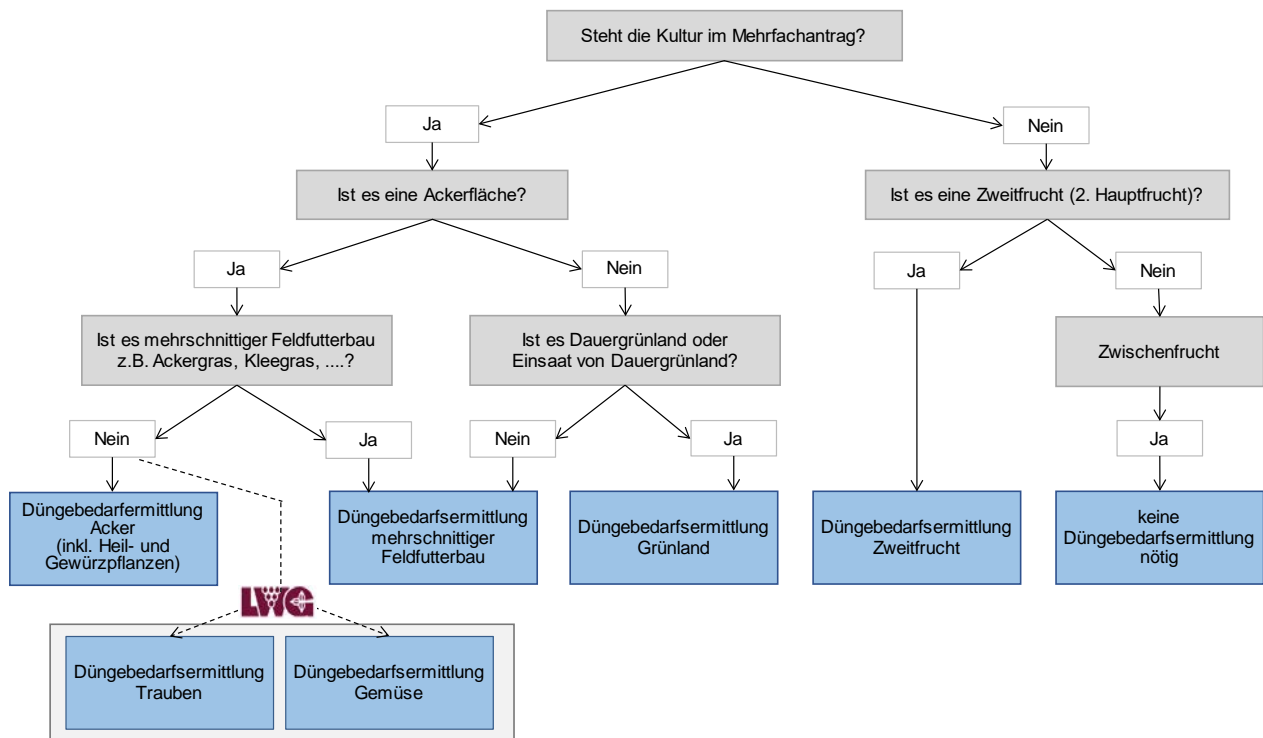


Abbildung 11: Übersicht zur Zuordnung der Düngedarfsermittlung

5.4.1 Düngebedarfsermittlung Stickstoff

Ausgangspunkt jeder Düngebedarfsermittlung (Tabelle 27) ist der Bedarf der Pflanzen, der sich an der Kultur, dem Ertrag und der Verwertungsrichtung orientiert. Ihren Stickstoffbedarf können die Pflanzen aus verschiedenen Quellen decken (siehe Kapitel 2).

Tabelle 27: Beispiele für eine Stickstoff-Düngebedarfsermittlung bei Ackerkulturen, Feldfutterbau, Grünland und Zweitfrüchten

Düngebedarfsermittlung Stickstoff		Basisdaten und Hinweise	Acker*	Feld- ** futterbau	Grünland	Zweit- früchte
I	Schlag					
II	Kultur/Nutzung	Tab. 2, 9a - 9e	Silomais	Klee gras 50 % Klee	Grünland ≥ 3 Schnitte	GPS Getreide
III	Ertragsniveau (Ø letzte 5 Jahre) [dt/ha]	eigene Daten, LfL	500 (FM)	550 (FM)	75 (TM)	200 (FM)
			kg N/ha			
1	Stickstoffbedarfswert bei Ertrag nach Basisdaten	Tab. 2, 9a - 9e	200	290	205	120
2	Zu-/Abschlag durch Ertrags- differenz zu Basisdaten	Tab. 2, 9a - 9e	+10	+29	-12,8	-0
3	Abschlag im Boden verfügbare N-Menge (N _{min})	Untersuchung, LfL, Simulation	-70			
4	Abschlag N-Nachlieferung aus Bodenvorrat (Humusgehalt)	Tab. 9f	0		-10	
5	Abschlag Vorfrucht	Tab. 9f	0			
6	Abschlag Zwischenfrucht	Tab. 9f	0			
7	Abschlag N-Fixierung durch Leguminosen	Tab. 1a - 1e, 9f	0	-181,5	-20	0
8	Abschlag N-Nachlieferung aus org. Düngung zur Vorfrucht	10 % von N _{ges} Tab. 5a	-12,3	-12,3	-12,3	
9	Abschlag N-Nachlieferung aus org. Düngung zur Zwischenfrucht/Zweitfrucht	10 % von N _{ges} Tab. 5a	-5,7			
10	Abschlag org. Düngung*** im Herbst zu W-Gerste & W-Raps	100 % vom NH ₄ -N; Tab. 5a	0			
11	Abschlag mineral. Düngung im Herbst zu W-Gerste & W-Raps	Tab. 3	0			
12	Düngebedarf		122	125,2	149,9	120
13	Abzug (geplante) organische Düngung zur Kultur inkl. Weide	Tab. 5a, Beweidung	-73,8	-61,5	-61,5 Gülle -2,9 Weide	-73,8
14	Mineralische Empfehlung		48,2	63,7	85,5	46,2
15	Zuschläge aufgrund nachträg- lich eintretender Umstände		---	---	---	---

* nicht für Gemüse nach Gemüse: siehe Vorgaben der Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)

** nur mehrschnittiger Feldfutterbau (einschnittiger Feldfutterbau nach Schema DBE Acker)

*** ohne Festmist von Huf- & Klautentieren und Kompost

Angaben zu den Beispielen

Acker

- Kultur: Silomais 32 % TS
- Ertrag: 500 dt FM/ha
- N_{\min} -Wert: 70 kg N/ha
- Humusgehalt im Boden < 4 %
- Vorfrucht: Winterweizen A/B
- Zwischenfrucht: Senf abfrierend
- Organische Düngung zur Vorfrucht: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)
- Organische Düngung Zwischenfrucht: 14 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)
- Organische Düngung Silomais: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)

Feldfutterbau

- Kultur: Klee gras (Kleeanteil 50 %)
- Ertrag: 550 dt FM/ha
- Organische Düngung Vorjahr: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)
- Organische Düngung Klee gras: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)

Grünland

- Kultur/Nutzung: Grünland mind. 3 Schnitte
- Ertrag: 75 dt TM/ha
- sehr schwach bis stark humoser Boden (Anteil organische Substanz < 8 %)
- Leguminosenanteil 5 - 10 %
- Organische Düngung Vorjahr: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)
- Organische Düngung Grünland: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)
- Weide: 20 Tage (8 h Weide pro Tag) mit
4 Milchkühen (8.000 kg Milchleistung, Ackerbetrieb)

Zweitfrucht

- Kultur/Nutzung: GPS-Getreide
- Ertrag: 200 dt FM/ha
- Organische Düngung GPS-Getreide: 30 m³/ha Mastbullengülle (7,5 % TM)

Erläuterung der einzelnen Schritte der Dügebedarfsermittlung Stickstoff

I, II Angaben zum Schlag und zur Kultur/Nutzung

Neben der Bezeichnung des Schlages (I) ist die Kultur/Nutzung (II) zu erfassen.

Tabelle 28 zeigt die bei Grünland ab dem Düngjahr 2022 zu verwendenden vier Nutzungen (linke Spalte) sowie die Zuordnungen der bis einschließlich des Düngjahrs 2021 verwendeten Nutzungsarten/Nutzungsintensitäten.

Tabelle 28: Nutzungen des Grünlands ab dem Düngjahr 2022 sowie die Zuordnung der bis 2021 verwendeten Nutzungsarten/Nutzungsintensitäten

Kultur/Nutzung ab 2022	Nutzungsart/Nutzungsintensität bis 2021
Streuwiese	Streuwiese
Almen/Alpen	Almen
Grünland extensiv	1 Schnittnutzung, 2 Schnittnutzungen Mähweide extensiv (20 % und 60 % Weideanteil) Weide extensiv Hutungen
Grünland	3, 4, 5 und 6 Schnittnutzungen Mähweide mittelintensiv (20 % und 60 % Weideanteil) Weide mittelintensiv Mähweide intensiv (20 % und 60 % Weideanteil) Weide intensiv

III Ertragsniveau

Als Ertrag ist bei allen Kulturen der durchschnittliche einzelbetriebliche Ertrag der letzten fünf Jahre anzusetzen. Weicht der tatsächliche Ertrag in einem der letzten fünf Jahre, z. B. durch besondere Witterungsverhältnisse um mehr als 20 % vom üblichen Ertragsniveau ab, kann der Ertrag des jeweils vorangegangenen Jahres alternativ zur Durchschnittsbildung verwendet werden. Die Ertragsermittlung kann z. B. über Verkaufsbelege, eine Plausibilisierung von verfütterten Mengen oder Ertragsmessungen durch Häcksler/Mähdrescher erfolgen.

Ist der einzelbetriebliche Ertrag nicht bekannt, kann der durchschnittliche Ertrag des Landkreises nach den Ergebnissen, die jährlich durch die LfL im Internet unter www.lfl.bayern.de/duengebedarfsermittlung bereitgestellt werden, verwendet werden.

1. Stickstoffbedarfswert

Der N-Bedarfswert stellt die notwendige Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff dar, um ein optimales Pflanzenwachstum zu erzielen. Dieser Wert wurde in einer Vielzahl von Feldversuchen ermittelt bzw. durch die DüV vorgegeben und beinhaltet bei Ackerkulturen eine mittlere N-Nachlieferung der Standorte.

Für Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau entspricht der N-Bedarfswert der N-Abfuhr, d. h. dem Produkt aus Ertrag und N-Gehalt (bzw. Rohproteingehalt ÷ 6,25).

Da bei Leguminosen in Reinkultur die Nährstoffabfuhr vollständig über die N-Fixierung und aus dem Bodenvorrat abgedeckt wird, beträgt deren Stickstoffbedarfswert Null. Aufgrund des fehlenden Stickstoffdügebedarfs ist nach den Vorgaben der DüV keine organische bzw. mineralische N-Düngung zulässig.

Die N-Bedarfswerte sind im Internet unter www.lfl.bayern.de/basisdaten bzw. im Anhang des Gelben Hefts (Basisdaten-Tabelle 2; Tabellen 9a - 9e) zu finden.

Die für Grünland in Basisdaten-Tabelle 2 bzw. für mehrschnittigen Feldfutterbau in Basisdaten-Tabelle 9e aufgeführten Stickstoffgehalte wurden aus den in der DüV genannten Rohproteingehalten abgeleitet. Für den Fall, dass das fünfjährige Mittel des Rohproteingehaltes einer Fläche von den genannten Zahlen abweicht, sieht die DüV eine Möglichkeit der Anpassung des Rohproteingehaltes und damit der Netto-Stickstoffabfuhr vor. Eine solche Anpassung ist in der Praxis für den Einzelbetrieb jedoch kaum begründet möglich. Darüber hinaus sind die in der DüV genannten Rohproteingehalte ohnehin hoch angesetzt. So liegen die mittleren Rohproteingehalte von bayerischen Grünlandbeständen mit drei- bzw. viermaliger Schnittnutzung um ca. 10 % bzw. 8 % unter den in der DüV zugrunde gelegten Werten.

2. Zu-/Abschlag Ertragsdifferenz

Die N-Bedarfswerte gelten bei dem definierten Ertragsniveau nach Basisdaten. Bei abweichenden Erträgen nach Zeile III des Schemas müssen Korrekturen entsprechend den Basisdaten-Tabellen 2 und 9 berechnet werden. Für höhere Erträge können Zuschläge vorgenommen werden, bei niedrigeren Erträgen sind mit Ausnahme von Zweitfrüchten Abzüge vorzunehmen. Die Berechnung der Zu- und Abschläge erfolgt linear.

Beispiel Silomais:

Ertrag aus Basisdaten: 450 dt FM/ha	}	50 dt FM/ha höherer Ertrag
Tatsächlicher Ertrag: 500 dt FM/ha		

je 50 dt/ha Ertragsdifferenz gilt nach Basisdaten-Tabelle 9a ein Zuschlag von 10 kg N/ha

→ $1 \times 10 \text{ kg N/ha} = 10 \text{ kg N/ha}$ Zuschlag

Beispiel Grünland:

Ertrag aus Basisdaten: 80 dt TM/ha	}	5 dt TM/ha niedrigerer Ertrag
Tatsächlicher Ertrag: 75 dt TM/ha		

je 1 dt /ha Ertragsdifferenz gilt nach Basisdaten-Tabelle 2 ein Abschlag von 2,56 kg N/ha

→ $5 \times 2,56 \text{ kg N/ha} = 12,8 \text{ kg N/ha}$ Abschlag

3. Im Boden pflanzenverfügbare Stickstoffmenge (N_{\min})

Die DüV schreibt für Ackerland (ohne mehrschnittigen Feldfutterbau) eine Berücksichtigung des im Boden verfügbaren Stickstoffs vor. Die Feststellung kann über die N_{\min} -Methode erfolgen. Sie informiert über Menge und Verteilung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (Nitrat und Ammonium) im Wurzelraum (0 - 60 bzw. 0 - 90 cm). Dazu können auf den eigenen Flächen repräsentative Proben gezogen und untersucht werden. Alternativ sind Untersuchungsergebnisse vergleichbarer Standorte oder die Ergebnisse der N-Simulation heranzuziehen (siehe Kapitel 1.2).

Die LfL veröffentlicht jährlich für verschiedene Kulturarten und Standorte im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt, in Erzeugerringrundschriften sowie im Internet die N_{\min} -Gehalte bayerischer Böden im Frühjahr. Diese veröffentlichten Werte dürfen nicht für rote Flächen verwendet werden.

Im zeitigen Frühjahr liegen noch keine aktuellen N_{\min} -Ergebnisse vor. Deshalb gibt die LfL jedes Jahr einen vorläufigen N_{\min} -Wert für die Planung bekannt, damit die erste Gabe ausgebracht werden kann. Bei Vorliegen der endgültigen Werte und einer Abweichung von mehr als 10 kg N/ha nach oben muss die Düngebedarfsermittlung angepasst werden.

Der N_{\min} -Wert wird in Zeile 3 des Schemas abgezogen.

4. Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat

Die Höhe der anzusetzenden Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat richtet sich nach dem Gehalt an organischer Substanz (Humus), woraus stets ein kleiner Teil an Stickstoff mineralisiert wird und damit den Pflanzen zur Verfügung steht. Bei humosen Ackerböden (ohne mehrschichtigen Feldfutterbau) mit einem Humusgehalt über 4,0 % muss in Zeile 4 ein Abschlag von 20 kg N/ha vorgenommen werden. Die Einstufung ergibt sich aus der ersten Zahl der Standardbodenuntersuchung (siehe Tabelle 1). Bei Grünland erfolgen die Abschläge entsprechend Basisdaten-Tabelle 9f.

Sofern Grünlandflächen nicht auf Anmoor oder Moor stehen, sind als Mindestabschlag 10 kg N/ha (Böden mit < 8 % organischer Substanz) bzw. 30 kg N/ha (Böden mit 8 bis < 15 % organischer Substanz) für die N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat anzurechnen. Nach Untersuchungen der LfL liegt der Humusgehalt bei vielen bayerischen Grünlandböden bei rund 7 - 8 %. Bei der Standardbodenuntersuchung wird der Bereich 8 - 15 % Humus nicht eigens ausgewiesen. Eine Untersuchung auf den Humusgehalt ist in Bayern nicht Pflicht. Damit unterliegt der Bereich der Gehaltsklasse 8 % bis < 15 % organische Substanz der fachlichen Einschätzung bzw. Angabe des Bewirtschafters.

Im Gegensatz zu Grünlandflächen sieht die DüV für Flächen des mehrschichtigen Feldfutterbaus keinen Abschlag für die Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat vor. Aus fachlicher Sicht wird jedoch empfohlen, insbesondere bei mehrjährigem Leguminosen-Gras-Anbau einen Abschlag von 10 kg N/ha vorzunehmen.

5. Vorfrüchte und

6. **Zwischenfrüchte** hinterlassen leicht mineralisierbare organische Substanz im Boden, deren Stickstoffanteil für die Folgekultur zur Verfügung steht. Mit welchen Stickstofflieferungen zu rechnen ist und wie hoch die zu berücksichtigenden Abschläge dafür sind, ist in Basisdaten-Tabelle 9f zu finden.

7. Stickstofffixierung durch Leguminosen

Die Höhe der N-Fixierung der Leguminosen bei Acker, mehrschichtigem Feldfutterbau und Zweitfrüchten wird je dt FM Ertrag und der N-Fixierung (N-Fix) in kg N/dt FM nach Basisdaten-Tabelle 1 berechnet. Der Leguminosenanteil beim mehrschichtigen Feldfutterbau ist vom tatsächlichen Ertragsanteil abzuschätzen. Bei Zweitfrüchten ist der Samenanteil (Körner pro m²) entscheidend.

Beispiel: Klee gras mit 50 % Klee

550 dt FM Ertrag/ha, N-Fix = 0,33 kg N/dt FM;

Berechnung: 550 dt FM/ha x 0,33 kg N/dt FM = 181,5 kg N/ha

Bei Grünland wird die N-Nachlieferung aus der N-Bindung der Leguminosen aus dem Leguminosenanteil in % abgeleitet (siehe Basisdaten-Tabelle 9f). In der Praxis ist die Schätzung eines mittleren Leguminosenanteils bei Grünland schwierig, weil der Leguminosenanteil auf derselben Fläche räumlich, zwischen den einzelnen Jahren und innerhalb eines Jahres, stark schwanken kann. Empfohlen wird, von einem Ertragsanteil im Bereich von 5 - 10 % Leguminosen auszugehen. Das entspricht einem Mindestabschlag von 20 kg N/ha. Dies auch, da Untersuchungen der LfL zeigen, dass der durchschnittliche Leguminosenanteil im bayerischen Grünland bei rund 8 - 9 % liegt. Einen – langjährig – wesentlich höheren Leguminosenanteil haben häufig extensiv bewirtschaftete Flächen (z. B. Wiesen mit weniger als drei regelmäßigen Schnitten pro Jahr) mit Stallmistdüngung oder geringen Jauche- und Güllegaben, sowie Flächen, die gut mit Phosphat und Kali 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 als 10 % im Bestand über mehrere Jahre etablieren. Dagegen können sehr obergrasreiche und intensiv mit (mineralischem) Stickstoff gedüngte Grünlandbestände einen Leguminosenanteil von unter 5 % aufweisen.

8. Stickstoffnachlieferung aus der organischen Düngung der Vorfrucht

Wurde der Schlag zur vorangegangenen Hauptfrucht mit organischen Düngern (Gülle, Stallmist etc.) versorgt, wird durch die Mineralisierung der im organischen Dünger enthaltenen organischen Substanz pflanzenverfügbarer Stickstoff nachgeliefert. Bei der Düngebedarfsermittlung wird diese Nachlieferung bei Hauptfrüchten und Grünland in Höhe von 10 % des zur vorangegangenen Hauptfrucht ausgebrachten Gesamtstickstoffs aus der organischen Düngung berücksichtigt.

Beispiel: 30 m³ Mastbullengülle, $N_{\text{ges}} = 4,1 \text{ kg N/m}^3$ (Basisdaten-Tabelle 5a)

Berechnung: $30 \text{ m}^3/\text{ha} \times 4,1 \text{ kg N/m}^3 \times 10 \% = 12,3 \text{ kg N/ha}$

9. Stickstoffnachlieferung aus der organischen Düngung zur Zwischenfrucht/Zweitfrucht

Wie bei der organischen Düngung der Vorfrucht wird auch bei der organischen Düngung zur Zwischenfrucht der nachgelieferte, pflanzenverfügbare Stickstoff aus der im Dünger enthaltenen organischen Substanz angerechnet. Bei der Düngebedarfsermittlung wird diese Nachlieferung bei der nachfolgenden Hauptfrucht in Höhe von 10 % des zur Zwischenfrucht ausgebrachten Gesamtstickstoffs aus der organischen Düngung berücksichtigt. Gleiches gilt bei der organischen Düngung der Zweitfrüchte.

Beispiel: 14 m³ Mastbullengülle, $N_{\text{ges}} = 4,1 \text{ kg N/m}^3$ (Basisdaten-Tabelle 5a)

Berechnung: $14 \text{ m}^3/\text{ha} \times 4,1 \text{ kg N/m}^3 \times 10 \% = 5,7 \text{ kg N/ha}$

10. Organische Düngung im Herbst zu Wintergerste (nach Getreidevorfrucht) und Winterraps

Wurde organischer Dünger (ausgenommen Festmist von Huf- und Klauentieren und Kompost) im Herbst zu Winterraps oder Wintergerste ausgebracht, wird dieser zu 100 % mit der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Menge (siehe Basisdaten-Tabelle 5a) angerechnet.

Beispiel: 14 m³ Mastbullengülle, $\text{NH}_4\text{-N} = 2,05 \text{ kg N/m}^3$ (Basisdaten-Tabelle 5a)

Berechnung: $14 \text{ m}^3/\text{ha} \times 2,05 \text{ kg N/m}^3 \times 100 \% = 28,7 \text{ kg N/ha}$

Eine Herbstgabe mit Festmist von Huf- und Klauentieren oder Kompost ist bei allen Kulturen, einschließlich Wintergerste und Winterraps, unter organische Düngung zur Kultur (Zeile 13) zu berücksichtigen.

11. Mineralische Düngung im Herbst zu Wintergerste (nach Getreidevorfrucht) und Winterraps

Wurde mineralischer Dünger im Herbst zu Winterraps oder Wintergerste ausgebracht, wird 100 % des Gesamtstickstoffs (siehe Basisdaten-Tabelle 3) angerechnet.

12. Stickstoffdüngedbedarf

In Zeile 12 ergibt sich als Ergebnis der Berechnung der Gesamtdüngebedarf, der über Mineraldünger und/oder organische Dünger gedeckt werden kann. Muss der Bedarf aufgrund der Auflagen der roten Flächen um 20 % gekürzt werden (siehe Kapitel 8.1), ist dies hiervon abzuziehen.

13. Organische Düngung zur Kultur inkl. Berücksichtigung des N-Anfalls durch Beweidung

Die organische Düngung zur Kultur umfasst neben den ausgebrachten organischen Düngern auch die auf der Weide anfallenden Ausscheidungen der Tiere, welche hier als Nährstoffanfall durch Beweidung bezeichnet werden.

a) Anrechnung der organischen Düngung mit Gülle, Jauche, Festmist, Gärresten und sonstigen organischen Düngern mit pflanzlicher Herkunft

Basis für die Berechnung ist immer der Gesamtstickstoff der organischen Dünger. Die Stickstoffgehalte der organischen Dünger sind in der Basisdaten-Tabelle 5a zu finden. Alternativ zu den Basisdaten können auch plausible eigene Untersuchungsergebnisse oder die berechneten Stickstoffgehaltswerte herangezogen werden (siehe Kapitel 3.1).

Für organische Dünger muss im Jahr der Ausbringung mindestens die Stickstoffwirksamkeit der Basisdaten-Tabelle 5a angesetzt werden. Wird festgestellt, dass der Ammoniumanteil des Düngers die in der Tabelle angegebenen Werte überschreitet, muss der Ammoniumanteil am Gesamtstickstoffs in % als Wert für die Mindestwirksamkeit verwendet werden.

Beispiel 1 - Acker:

30 m³ Mastbullengülle, N_{ges} = 4,1 kg N/m³, Mindestwirksamkeit 60 %

Berechnung: 30 m³/ha x 4,1 kg N/m³ x 60 % = 73,8 kg N/ha

Beispiel 2 - Grünland:

30 m³ Mastbullengülle, N_{ges} = 4,1 kg N/m³, Mindestwirksamkeit 50 %

Berechnung: 30 m³/ha x 4,1 kg N/m³ x 50 % = 61,5 kg N/ha

Beispiel 3 - Ammoniumanteil größer als prozentuale Mindestwirksamkeit:

Biogasgärrest N_{ges} = 5 kg N/m³, NH₄-N = 3,5 kg NH₄-N/m³

Berechnung: 3,5 kg NH₄-N/m³ ÷ 5 kg N/m³ = 70 % Mindestwirksamkeit;

bei 170 kg N_{ges}/ha müssen somit 119 kg N/ha angerechnet werden

(170 kg N/ha x 70 % = 119 kg N/ha).

Bei den Zweitfrüchten „Weidelgras“ und „Klee gras, Gemenge“ wird mit der Mindestwirksamkeit von Grünland gerechnet.

b) Berücksichtigung des anzurechnenden N-Anfalls durch Beweidung

Die Nährstoffrücklieferung durch Beweidung ist zwar keine aktive organische Düngung, dennoch sind die während der Beweidungsdauer durch die Tiere ausgeschiedenen Stickstoffmengen unter Berücksichtigung bestimmter Vorgaben anzurechnen. Nicht anzurechnen ist dagegen, im Gegensatz zur sonstigen organischen Düngung auf Acker-, Feldfutterbau- und Grünlandflächen, die N-Nachlieferung aus der Beweidung im Vorjahr.

Das Vorgehen der Ermittlung des anzurechnenden N-Anfalls bei Beweidung ist in Tabelle 29 für das in Tabelle 27 verwendete Grünland-Beispiel aufgeführt. Ebenfalls enthalten ist in dieser Berechnung der Anfall für Phosphat und Kali, worauf in Kapitel 5.4.2 verwiesen wird.

Zuerst ist der prozentuale Anteil der Weidezeit je Jahr (E) zu berechnen. Dieser hängt von der Zahl der Beweidungstage je Jahr (C) und der täglichen Weidedauer (D) ab. Der jährliche Nährstoffanfall auf der Weidefläche (G) ist das Produkt aus dem Anteil der Weidezeit je Jahr (E), der Nährstoffausscheidung pro Tier und Jahr (F) - die sich aufgrund der Tierart (A) ergibt - und der Anzahl der Tiere (B).

Von den durch die Tiere auf Weideflächen anfallenden Nährstoffmengen (G) sind dann nur beim Stickstoff die gasförmigen N-Verluste (H) (siehe Kap. 3.1, Tabelle 23) in Abzug zu bringen. Von dem sich ergebenden Wert (I) werden unabhängig von der Tierart bei Stickstoff 50 % und bei Phosphat bzw. Kali 100 % angerechnet. Daraus ergibt sich der Wert für den jährlich anzurechnenden Nährstoffanfall (J) von der Weidefläche.

Werden verschiedene Tierarten auf einer Fläche im Jahresverlauf gehalten, ist der anzurechnende Nährstoffanfall für die einzelnen Tierarten getrennt zu erheben und die Werte sind zu addieren. In der Praxis ist die Berechnung des nach DüV anzurechnenden Nährstoffanfalls durch Beweidung aufgrund der verschiedenen Weidessysteme (reine Weideflächen, Mähweiden mit unterschiedlichem Schnittnutzungsanteilen) im Regelfall sehr komplex und für den Gesamtbetrieb „per Hand“ nur sehr aufwändig durchzuführen. Daher wird empfohlen, die Berechnungen mit den verfügbaren EDV-Programmen (z. B. LfL-Lagerraumprogramm) vorzunehmen.

Tabelle 29: Berechnung des pro Hektar anzurechnenden Nährstoffanfalls durch Beweidung (Beispiel: 4 Milchkühe mit 8.000 kg Milchleistung eines Betriebs mit Ackerbau und Grünland weiden 20 Tage im Jahr 8 Stunden pro Tag auf 1 ha Grünland)

Nährstoffanfall durch Beweidung		Quellen	Berechnung		
A	Tierart	Basisdaten-Tab. 4a	Milchkuh, 8.000 kg, Ackerbetrieb, Stallhaltung		
B	Anzahl der Tiere je Hektar	eigene Daten	4		
C	Anzahl der Beweidungstage je Jahr	eigene Daten	20		
D	Weidezeit in Stunden je Tag	eigene Daten	8		
E	Anteil der Weidezeit je Jahr	$C \times D \div 24 \text{ Stunden} \div 365 \text{ Tage}$	1,8 %		
			Nährstoffanfall in kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
F	Nährstoffausscheidung pro Tier und Jahr	Basisdaten-Tab. 4a	115	42	116
G	Jährlicher Nährstoffanfall auf der Weidefläche	$F \times B \times E$	8,3	3,0	8,4
H	Abzug anrechenbare gasförmige N-Verluste an N _{ges}	Basisdaten-Tab. 5a (z. B. für Rinder: 30%)	- 2,5		
I	Verbleibender jährlicher Nährstoffanfall auf der Fläche		5,8	3,0	8,4
J	Jährlich anzurechnender Nährstoffanfall	I x Mindestwirksamkeit (für N: 50 %; für P und K: 100 %)	2,9	3,0	8,4

14. Mineralische Empfehlung

Die Differenz zwischen dem errechneten Stickstoffdüngbedarf während der Vegetation aus Zeile 12 und der organischen Düngung der Zeile 13 ergibt die mögliche mineralische Düngung zur Kultur. Mineraldünger werden mit 100 % Wirksamkeit angesetzt. Die Aufteilung auf einzelne Gaben ist in der Regel sinnvoll und erfolgt in Abhängigkeit von der Kultur, der Bestandsentwicklung, dem Witterungsverlauf und eventuell dem Produktionsziel.

15. Zuschläge aufgrund nachträglich eintretender Umstände

Der Düngbedarf darf nach DüV aufgrund nachträglich eintretender Umstände (Bestandsentwicklung) außerhalb der roten Gebiete um höchstens 10 % überschritten werden. Dies muss im Falle einer Kontrolle belegt werden können!

5.4.2 Düngbedarfsermittlung Phosphat und Kali

Der Phosphat- und Kalidüngbedarf ist unter Berücksichtigung des Nährstoffbedarfs der Pflanzen, bei einem durchschnittlich zu erwarteten Ertrag und den im Boden verfügbaren Phosphat- und Kalimengen zu ermitteln. Um das optimale Ertragspotential des Standorts auszuschöpfen, sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchung bei der Düngbedarfsermittlung zu berücksichtigen. Verpflichtend im Rahmen der DüV ist dies nur für Phosphat. Es wird jedoch aus fachlicher Sicht empfohlen, auch für Kali und ggf. Magnesium (siehe Kapitel 2.5) die Ergebnisse der Bodenuntersuchung für die Düngbedarfsermittlung heranzuziehen.

Da der mehrschnittige Feldfutterbau auf Ackerflächen steht, sind hinsichtlich der Einteilung der Gehaltsklassen von Phosphat und Kali (siehe Kapitel 2.3 und 2.4) und der damit verbundenen Düngempfehlung die Werte für Ackerflächen zu verwenden.

Die Düngbedarfsermittlung für Phosphat und Kali kann jährlich erfolgen, jedoch auch im Rahmen der Fruchtfolge berechnet werden. Denn anders als bei der Stickstoffversorgung und -düngung braucht nicht jede Kultur eine zeitnahe Phosphat- und Kalidüngung. Aus pflanzenbaulicher Sicht ist es ausreichend, die Düngung zu den phosphat- bzw. kalibedürftigen Kulturen zu geben. Diese fruchtfolgebezogene Düngung auf dem Einzelschlag wird als Schaukeldüngung bezeichnet.

Die Schaukeldüngung beruht darauf, dass bei Kulturen, bei denen die Phosphat- und Kaliversorgung kaum ertragsrelevant ist, z. B. Getreide, weniger Phosphat und Kali gedüngt wird, als über die Ernte vom Feld abgefahren wird. Die dadurch eingesparten Nährstoffmengen werden im Gegenzug innerhalb der Fruchtfolge den sonstigen Ackerkulturen zugeschlagen. Diese reagieren auf eine Düngung über dem eigentlichen, aus der Nährstoffabfuhr resultierenden Nährstoffbedarf, noch mit einem Mehrertrag.

Unabhängig von der fachlichen Düngempfehlung beschränkt die DüV die Phosphat-Düngung auf hoch und sehr hoch mit Phosphat versorgten Flächen (Gehaltsklassen D und E) auf die Phosphat-Abfuhr innerhalb von drei Jahren.

Tabelle 30 zeigt anhand von drei Beispielflächen das Schema der einjährigen Düngbedarfsermittlung für Phosphat und Kali für Acker- und Grünlandflächen.

Die Schaukeldüngung über die Fruchtfolge auf dem Einzelschlag ist mit Zeile 1b optional enthalten. Bei einer Düngbedarfsermittlung ohne Berücksichtigung der Schaukeldüngung kann diese Zeile übersprungen werden.

Tabelle 30: Düngbedarfsermittlung je Schlag (einjährig) für Phosphat und Kali (kg/ha)

Düngebedarfsermittlung Phosphat und Kali		Quellen und Hinweise	Getreide		Sonstige Acker- kulturen		Grünland	
I	Schlag		Beispiel 1		Beispiel 2		Beispiel 3	
II	Kultur/Nutzung		W-Weizen C-Sorte (ohne Strohabfuhr)		Silomais (mit ZWF-Abfuhr)		Grünland ≥ 3 Schnitte	
III	Ertrag (dt/ha)	eigene Daten, LfL	80 (FM)		500 (FM)		75 (TM)	
IV	Getreideanteil auf der Fläche	% in der Fruchtfolge	75 %		75 %			
			kg/ha					
			P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
1a	Nährstoffabfuhr Kultur (Ertrag x Nährstoffgehalt)	III x Basisdaten Tab. 1, 2	64	44	80	255	61	246
1b	Zu-/Abschlag Kultur (nur bei Schaukel- düngung)	Getreide: 1a x Tabelle 31	-21	-15				
		sonstige Acker- kulturen: Abb. 12			+59	+45		
1c	Abschlag Kali im Grünland ¹	-0,1 x 1a						-25
1d	Nährstoffabfuhr Zwischen-/Zweitfrucht (Ertrag x Nährstoffgehalt)	Basisdaten Tab. 1b	0	0	+21	+75		
1	Nährstoffbedarf		43	29	160	375	61	221
2a	Gehaltsklasse des Bodens	Untersuchung	C	C	C	C	C	C
2	Zu-/Abschlag aufgrund der Gehaltsklasse des Bodens	Tabelle 32	0	0	0	0	0	0
3	Düngebedarf		43	29	160	375	61	221
4	Abzug durchschnittliche org. Düngung pro Jahr	z. B. LfL-Lager- raumprogramm	0	0	0	0	0	0
5	Mineral. Empfehlung ²		43	29	160	375	61	221

¹ Der mehrschnittige Feldfutterbau ist analog zum Grünland ebenfalls vom Kali-Luxuskonsum betroffen. Anhand der Eingruppierung als sonstige Ackerkultur werden ihm i. d. R. Zuschläge zugesprochen. Daher wird zusätzlich ein Abschlag von 20 % der Nährstoffabfuhr empfohlen (-0,2 x Zeile 1a).

² Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen sollten kleine Mengen ins Folgejahr geschoben und dann zusätzlich ausgebracht werden. Negative Werte werden auf 0 gesetzt.

Erläuterung der einzelnen Schritte der Düngbedarfsermittlung Phosphat und Kali

Tabelle 31: Fruchtartenfaktor für Getreide

Anteil Getreide in der Fruchtfolge	Faktor Getreide P_2O_5/K_2O
25 %	-1
33 %	-1
50 %	-1
66 %	-0,5
75 %	-0,33
100 %	0

Tabelle 32: Zu-/Abschlag Bodenuntersuchung für Schema in Tabelle 30

Gehalts- klasse	Acker		Grünland	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
A/B	60	75	30	30
C	0			
D	- halber Nährstoffbedarf			
E	- Nährstoffbedarf			

I bis IV. Angaben zur Kultur, deren Ertragsniveau und zum Getreideanteil in der Fruchtfolge

Neben der Bezeichnung des Schlags (I) ist die Kultur/Nutzung (II) zu erfassen, für welche die Düngbedarfsermittlung berechnet werden soll. Zudem ist der durchschnittliche Ertrag (III) erforderlich. Im Falle einer Schaukeldüngung ist für Ackerflächen der Getreideanteil, der auf dem zu berechnenden Schlag angebaut wird, in Prozent in der Fruchtfolge (IV) anzugeben.

1a. Nährstoffabfuhr Kultur

Die Nährstoffabfuhr der Kultur ergibt sich aus dem angegebenen Ertrag (III) multipliziert mit dem Nährstoffgehalt des Ernteprodukts. Die Nährstoffgehalte sind in den Basisdaten-Tabellen 1 für Ackerkulturen zu finden, wobei die Stroh-/Blattbergung zu beachten ist. Für Grünland befinden sich die Nährstoffgehalte in Basisdaten-Tabelle 2.

1b. Zu- und Abschläge in Abhängigkeit der Kultur bei einer Schaukeldüngung

Hier ist die optionale Schaukeldüngung abgebildet. Da sich diese für die Nutzungen Getreide und sonstige Ackerkulturen unterscheidet, sind jeweils unterschiedliche Rechengänge erforderlich. Wird von einer Schaukeldüngung abgesehen, kann dieses Feld leer gelassen bzw. mit einer Null belegt werden.

Die bei Getreide mögliche Nährstoffeinsparung, die in die Berechnung als Abschlag bei Getreidekulturen (1b) eingeht, ist abhängig vom Getreideanteil in der Fruchtfolge. Er berechnet sich aus dem Faktor nach Tabelle 31 multipliziert mit der Nährstoffabfuhr der Hauptfrucht (1a). Bei einem Getreideanteil von bis zu 50 % in der Fruchtfolge kann auf eine Phosphat- oder Kalidüngung verzichtet werden. Bei höheren Getreideanteilen ist es jedoch sinnvoll, einen Teil der Phosphat- oder Kalidüngung dem Getreide zu geben.

Der Zuschlag für sonstige Ackerkulturen ist nach dem Schema in Abbildung 12 zu berechnen.

Die Zuordnung der Heil- und Gewürzpflanzen sowie Gemüse ist von der Phosphatbedürftigkeit der einzelnen Kultur abhängig.

Da auf Grünlandflächen kein Fruchtwechsel stattfindet, ist bei Grünland keine Schaukeldüngung nötig.

1c. Abschlag bei Kali im Grünland

Für Kali ist es aufgrund eines möglichen Luxuskonsums beim Grünland und den daraus resultierenden Problemen in der Fütterung (siehe Kapitel 2.4) ratsam, die Kalidüngung um 10 % zu reduzieren. Daher wird die Nährstoffabfuhr (1a) von Kali mit -0,1 multipliziert.

1d. Nährstoffabfuhr Zwischen- und Zweitfrucht

Die Nährstoffabfuhr einer im Düngejahr geernteten Zwischenfrucht bzw. Zweitfrucht berechnet sich aus dem Ertrag multipliziert mit dem Nährstoffgehalt der Kultur. Das anzusetzende Ertragsniveau kann für diese Kulturen der Basisdaten-Tabelle 1b entnommen werden, ebenso der Nährstoffgehalt. In Beispiel 2 wurde die Zwischenfrucht vor Silomais abgefahren.

1. Nährstoffbedarf

Der Nährstoffbedarf der Fläche im Düngejahr berechnet sich aus der Summe der Nährstoffabfuhr der Hauptfrucht (1a), dem Zu- oder Abschlag der Fruchtart (Schaukeldüngung) (1b), dem Kaliabschlag bei Grünland bzw. mehrschnittigem Feldfutterbau (1c) und der Nährstoffabfuhr der Zwischen- oder Zweitfrucht (1d).

Ohne Schaukeldüngung (und Kaliabschlag bei Grünland) entspricht der Nährstoffbedarf der Nährstoffabfuhr.

2. Zu- und Abschlag aufgrund der Gehaltsklasse des Bodens

Unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung des Bodens werden Zu- bzw. Abschläge berechnet. Dazu ist in Zeile 2a die Bodengehaltsklasse einzutragen. Die Einteilung dieser Gehaltsklassen kann im Kapitel 2.3 für Phosphat und in 2.4 für Kali nachgeschlagen werden. Für A/B und C-Flächen ist der Wert der Tabelle 32 zu übernehmen. Bei D-Flächen ist der Nährstoffbedarf (1) zu reduzieren und daher mit -0,5 zu multiplizieren. Bei E-Flächen ist die Nährstoffversorgung des Bodens ausreichend für den Nährstoffbedarf der Pflanzen. Deshalb wird der gesamte Nährstoffbedarf abgezogen, d. h. mit -1 multipliziert.

3. Düngebedarf

Der Nährstoffbedarf (1) wird in Abhängigkeit der Gehaltsklasse des Bodens ggf. um die Zu-/Abschläge korrigiert. Das Ergebnis ist der Düngebedarf des Schlages im Düngejahr. Es wird empfohlen, den Düngebedarf durch organische und mineralische Düngung zu decken.

4. Abzug durchschnittliche organischer Düngung pro Jahr

Anders als in der Düngebedarfsermittlung bei Stickstoff wird statt der tatsächlichen Düngung des Einzelschlages die durchschnittliche organische Düngung herangezogen. Eine aufwändige Erfassung der schlagbezogenen Düngung der einzelnen Jahre im Rahmen der Fruchtfolge ist durch dieses Vorgehen nicht notwendig.

Werden im Betrieb alle Flächen gleichmäßig bei der organischen Düngung berücksichtigt, entspricht das der durchschnittlichen organischen Düngung des Betriebes, was z. B. im LfL-Lagerprogramm bzw. im LfL-Biogasrechner ermittelt werden kann. Dies entspricht der ausgebrachten Düngermenge, multipliziert mit dem jeweiligen Nährstoffgehalt, geteilt durch die Flächen, auf denen der Dünger aufgebracht wird. Bei grundsätzlich unterschiedlicher Düngeintensität bestimmter Schlage mit organischen Düngern, z. B. Acker- und Grünland bzw. Hof nahe und weit entfernte Flächen, ist die durchschnittliche organische Düngung anteilig aufzuteilen.

Beispiel 1:

Betriebsfläche: 100 ha

org. Düngieranfall im Durchschnitt der Betriebsfläche: 50 kg P_2O_5 /ha

20 ha Flächen ohne organische Düngung (z. B. weit entfernte Flächen)

Flächengruppe 1 – ohne Düngung: 0 kg P_2O_5 /ha

Flächengruppe 2 – mit Düngung: $50 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha} \div 0,8 = 62,5 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$

→ Der Anfall wird auf 80 % der Flächen mit jeweils 62,5 kg P_2O_5 /ha verteilt.

Beispiel 2:

Betriebsfläche: 100 ha (80 ha Grünland und 20 ha Ackerland)

org. Düngieranfall im Durchschnitt der Betriebsfläche: 50 kg P_2O_5 /ha

Bei 20 ha Ackerland wird organischer Dünger reduziert ausgebracht (50 % vom Durchschnitt)

Ackerland – reduziert: $50 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha} \times 0,5 = 25 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$

Grünland – erhöht: $(50 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha} \times 100 \text{ ha} - 25 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha} \times 20 \text{ ha}) \div 80 \text{ ha} = 56,3 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$

Werden Flächen beweidet, sind die durch die Tiere während der Standzeit auf der Weide jährlich ausgeschiedenen Phosphat- und Kalimengen ebenfalls zu berücksichtigen. Das Schema zur Berechnung des anzurechnenden Nährstoffanfalls durch Beweidung ist in Kapitel 5.4.1 (siehe Tabelle 29) auch für die Nährstoffe Phosphat und Kali aufgeführt.

5. Mineralische Empfehlung

Die Differenz aus Düngebedarf (3) und der organischen Düngung (4) ergibt die mineralische Empfehlung. Negative Werte werden auf 0 gesetzt. Ergeben sich in Folge dieser Berechnung kleine Mengen, die mit der vorhandenen Ausbringtechnik nicht ausgebracht werden können, sollten diese auch aus arbeitswirtschaftlichen Gründen ins Folgejahr übertragen werden.

Für viehstarke Betriebe mit hoher durchschnittlicher organischer Düngung auf Ackerland ist die Anwendung der Schaukeldüngung besonders zu empfehlen. Bei der Schaukeldüngung werden mögliche Phosphor- und Kali-Nährstoffüberhänge aus der organischen Düngung, z. B. beim Getreide, über die Jahre ausgeglichen. Bei Verzicht auf die Schaukeldüngung findet diese ausgleichende Nährstoffverteilung nicht statt.

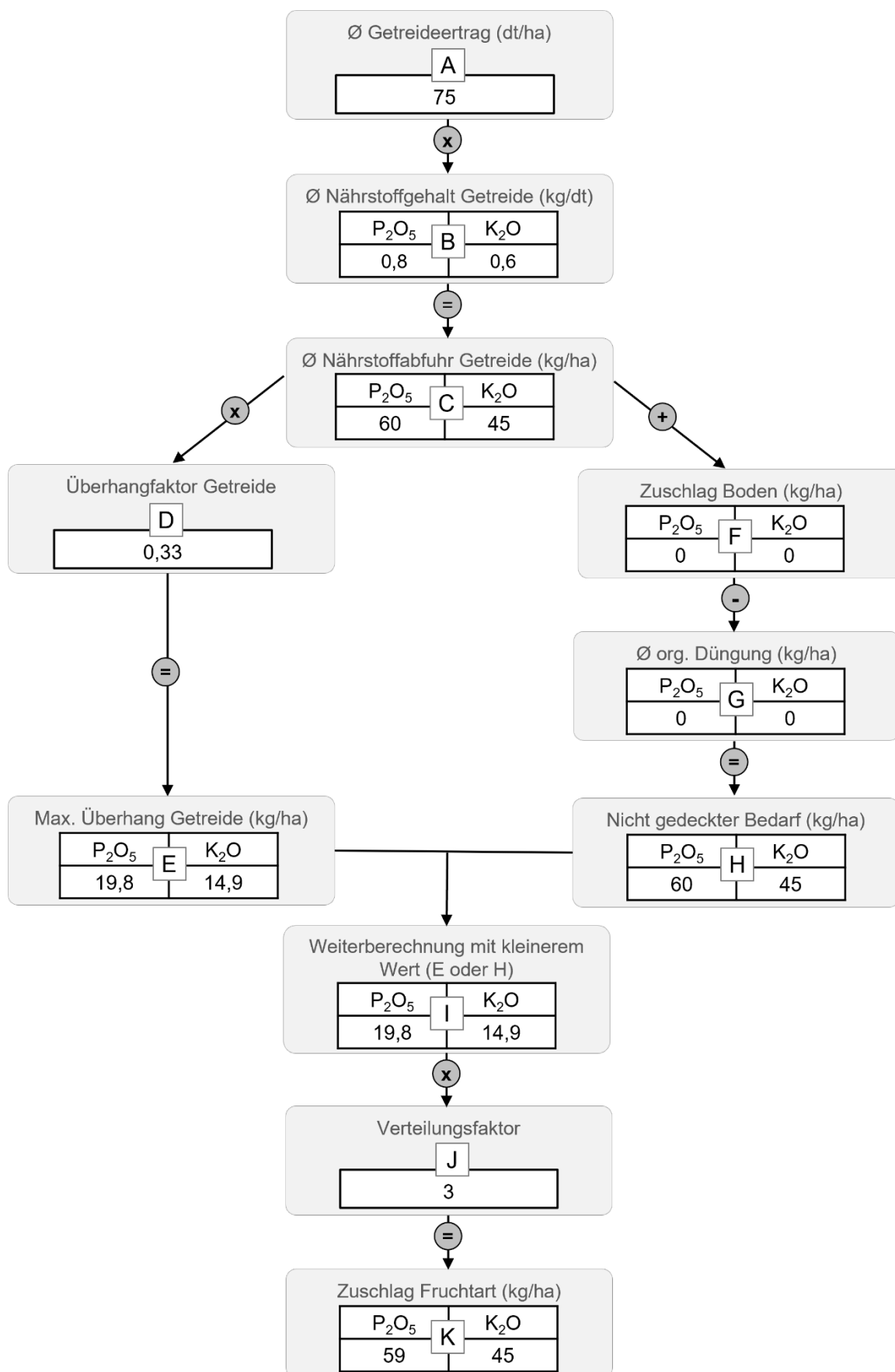


Abbildung 12: Berechnung Zuschlag Kultur für sonstige Ackerkulturen – nur für die optionale Schaukeldüngung erforderlich

Erläuterung der einzelnen Schritte zur Ermittlung des Zuschlags in Zeile 1b für sonstige Ackerkulturen bei einer Schaukeldüngung

A: Durchschnittlicher Getreideertrag (dt/ha) in der Fruchtfolge im Mittel der Getreidekulturen

B: Durchschnittliche Nährstoffgehalte Getreide (kg/dt)

	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ohne Strohbergung	0,8	0,6
Mit Strohbergung	1,0	1,8

C: Berechnungsergebnis aus $A \times B$ = Durchschnittliche Nährstoffabfuhr Getreide (kg/ha)

D: Überhangfaktor Getreide in Abhängigkeit des Getreideanteils in der Fruchtfolge des Schlags

Anteil Getreide in Fruchtfolge	25 %	33 %	50 %	66 %	75 %
Faktor	1	1	1	0,5	0,33

E: Berechnungsergebnis aus $C \times D$ = maximaler Überhang aus Getreidefruchtfolge (kg/ha)

- ➔ Dieser Wert gibt die maximale Nährstoffmenge an, die durchschnittlich von einer Getreidekultur zu den sonstigen Ackerkulturen verschoben und über deren Nährstoffbedarf hinaus zusätzlich gegeben werden könnte.

F: Zuschlag Boden (kg/ha)

	P ₂ O ₅	K ₂ O
Gehaltsklasse A/B	60	75
Gehaltsklasse C, D, E	0	0

G: Durchschnittliche organische Düngung (kg/ha), entspricht Punkt 4 in Tabelle 30

H: Berechnungsergebnis aus $C + F - G$ = nicht gedeckter Bedarf (kg/ha)

- ➔ Dieser Wert entspricht der bei Getreide eingesparten Nährstoffmenge unter Berücksichtigung der Bodenversorgung (F) und der organischen Düngung (G). Nährstoffe können eingespart werden, wenn die Nährstoffabfuhr (C) plus Zuschlag Boden (F) höher ist als eine Nährstoffzufuhr über organische Dünger (G).

I: Auswahl des kleineren Werts (E oder H) für Weiterberechnung

- ➔ Unter Punkt I wird mit dem kleineren Wert weitergerechnet. Entweder begrenzt der nicht gedeckte Bedarf (H) oder der maximale Überhang aus der Getreidefruchtfolge (E) die Nährstoffmenge, die vom Getreide auf die sonstigen Ackerkulturen verlagert werden kann.

J: Verteilungsfaktor in Abhängigkeit des Getreideanteils in der Fruchtfolge des Schlags

Anteil Getreide in Fruchtfolge	25 %	33 %	50 %	66 %	75 %
Faktor	0,33	0,5	1	2	3

K: Berechnungsergebnis aus $I \times J$ = Zuschlag Fruchtart für Tabelle 30, Zeile 1b

- ➔ Der Faktor J gibt an, wie viel der eingesparten Menge (I) zu einer sonstigen Ackerkultur zugeschlagen werden kann. Bei einem Getreideanteil von 75 % folgt z. B. auf drei Jahre Getreideanbau ein Jahr mit einer sonstigen Ackerkultur, z. B. Silomais. Als Zuschlag (K) kann in diesem Fall das Dreifache der Menge (I) gewährt werden.

5.4.3 Verpflichtung zur schriftlichen Düngebedarfsermittlung

Bis auf wenige Ausnahmen ist die Düngebedarfsermittlung nach DüV für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen zu erstellen und zu dokumentieren. Ausgenommen bzw. befreit von der Aufzeichnungspflicht der Düngebedarfsermittlung sind:

- Flächen, auf denen nur Zierpflanzen oder Weihnachtsbaumkulturen angebaut werden, Baumschul-, Rebschul-, Strauchbeeren- und Baumobstflächen, nicht im Ertrag stehende Dauerkulturflächen des Wein- und Obstbaus sowie Flächen, die der Erzeugung schnellwüchsiger Forstgehölze zur energetischen Nutzung dienen,
- Flächen mit ausschließlicher Weidehaltung bei einem jährlichen Stickstoffanfall (Stickstoffausscheidung) an Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von bis zu 100 kg N/ha, wenn keine zusätzliche Stickstoffdüngung erfolgt,
- Betriebe, die auf keinem Schlag mehr als 50 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr und auf keinem Schlag mehr als 30 kg Phosphat je Hektar und Jahr (auch in Form von Abfällen nach Kreislaufwirtschaftsgesetz) düngen, sowie
- Betriebe, die
 - weniger als 15 Hektar LF bewirtschaften (abzüglich der unter den ersten beiden Aufzählungspunkten genannten Flächen),
 - höchstens bis zu zwei Hektar Gemüse, Hopfen, Wein oder Erdbeeren anbauen,
 - einen jährlichen Nährstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von nicht mehr als 750 kg Stickstoff je Betrieb aufweisen und
 - keine außerhalb des Betriebes anfallenden Wirtschaftsdünger sowie organischen und organisch-mineralischen Düngemittel, bei denen es sich um Gärreste aus dem Betrieb einer Biogasanlage handelt, aufnehmen und aufbringen.

Um von der Aufzeichnungspflicht gemäß des letztgenannten Aufzählungspunkts befreit zu sein, müssen alle vier dort genannten Bedingungen erfüllt sein.

Ausgenommen bzw. befreit von der Pflicht einer Düngebedarfsermittlung sind zudem Betriebe ohne jegliche Fläche im mit Nitrat belasteten oder eutrophierten Gebiet nach Anlage 1 und 2 der Ausführungsverordnung Düngeverordnung (AVDüV - siehe Kapitel 8), die gleichzeitig:

- einen Anteil von weniger als 20 % der LF in einem Wasserschutzgebiet haben,
- weniger als 30 Hektar LF (abzüglich der unter den ersten beiden Aufzählungspunkten genannten Flächen) bewirtschaften,
- höchstens bis zu drei Hektar Gemüse, Hopfen, Wein oder Erdbeeren anbauen,
- einen jährlichen Nährstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von nicht mehr als 110 kg Gesamtstickstoff je Hektar LF aufweisen und
- keine außerhalb des Betriebes anfallenden Wirtschaftsdünger sowie organischen und organisch-mineralischen Düngemittel, bei denen es sich um Gärreste aus dem Betrieb einer Biogasanlage handelt, aufnehmen und aufbringen.

Auch in diesem Fall müssen alle fünf dort aufgezählten Punkte erfüllt sein.

6 Vorgaben bei der Düngung

Nachfolgend sind die wichtigsten bundeseinheitlichen Vorgaben der DüV aufgeführt, die bei der Aufbringung von Düngemitteln und zum Abschluss eines Düngjahres zu beachten sind. Bei der Düngung sind die Ausbringverbote aufgrund des Bodenzustands und die Abstandsregelungen zu Oberflächengewässern zu beachten. Zudem ist eine Ausbringung von organischen Düngemitteln nur mit einer zugelassenen Gerätetechnik und auf unbestelltem Ackerland unter Einhaltung der Einarbeitungszeit möglich. Am Ende eines Düngjahres sind bestimmte Dokumentations- und Bilanzierungspflichten zu erfüllen. Dieser nachfolgende Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Detaillierte Informationen hierzu sind auf der Internetseite der LfL unter www.lfl.bayern.de/duengung zu finden. Die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten stehen zusammen mit der Verbundberatung bei einzelbetrieblichen Fragestellungen und weitergehendem Beratungsbedarf als kompetente Ansprechpartner zur Verfügung.

6.1 Bodenzustand

Stickstoff- oder phosphathaltige Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel dürfen auf überschwemmtem, wassergesättigtem, gefrorenem oder schneebedecktem Boden nicht aufgebracht werden. Ein leichtes Überfrieren des Bodens über Nacht ist unschädlich, solange der Boden im Laufe des Tages frostfrei ist. Kalkdünger mit einem Gehalt von weniger als zwei Prozent Phosphat dürfen auf gefrorenem Boden aufgebracht werden, soweit ein Abschwemmen in oberirdische Gewässer oder auf benachbarte Flächen nicht zu besorgen ist.

Bei schneebedecktem Boden ist, unabhängig von der Schneehöhe, eine Düngung generell verboten. Bei teilweise schneebedeckten Feldstücken darf nur der eindeutig nicht schneebedeckte Teil gedüngt werden.

6.2 Einarbeitung

Organische und organisch-mineralische Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff ($> 1,5$ % Gesamtstickstoff in der TM, davon > 10 % verfügbarer N) müssen auf unbestelltem Ackerland unverzüglich nach ihrer Ausbringung eingearbeitet werden, spätestens jedoch innerhalb von 4 Stunden (ab 2025 innerhalb 1 Stunde) nach Beginn des Aufbringens. Von der Einarbeitungsfrist befreit sind folgende Düngemittel:

- Festmist von Huf- oder Klauentieren,
- Kompost,
- organische oder organisch-mineralische Düngemittel mit einem TM-Gehalt < 2 %.

Harnstoff (≥ 44 % N) muss ebenfalls innerhalb von 4 Stunden eingearbeitet werden oder mit einem Ureasehemmer versehen sein.

6.3 Mindestabstände zu Oberflächengewässern

Bei der Ausbringung von stickstoff- oder phosphathaltigen Düngemitteln sind ein direkter Eintrag und ein Abschwemmen von Nährstoffen in Gewässer zu vermeiden. Aus diesem Grund gibt die DüV Mindestabstände zu Oberflächengewässern vor. Diese werden ab Böschungsoberkante gemessen. Nachfolgende Abbildung 13 gibt einen Überblick zu den Gewässerabständen sowie weiteren Anforderungen, die einzuhalten sind:

Das Diagramm zeigt einen Querschnitt durch ein Gelände. Links befindet sich ein Gewässer (blau). Rechts davon liegt eine grüne Fläche (Acker). Ein roter Düngewagen ist auf dem Acker positioniert. Ein Pfeil zeigt den Abstand vom Gewässer zum Acker an, beschriftet mit 'Keine Düngung!' und 'Düngung mit Auflagen'. Die Fläche zwischen Gewässer und Acker ist als 'Gewässerabstand (nicht gelbe Fläche)' gekennzeichnet.

Hangneigung der Fläche	Nicht gelbe Fläche		Zusätzliche Anforderungen				
	Keine Düngung (AL/DG)	Abstand mit Auflagen	unbestellter Acker	bestellter Acker			auf Acker und Grünland
< 5 %	1 m *	4 m	* 4 m Mindestabstand, wenn Streubreite ≠ Arbeitsbreite				
5 % bis < 10 %	3 m *	20 m	sofortige Einarbeitung innerhalb des Abstands	a) mit Reienkultur (Reihenabstand ≥ 45 cm) ↓ entwickelte Untersaat oder sofortige Einarbeitung	b) ohne Reienkultur ↓ hinreichende Bestandsentwicklung	c) Anbau im Mulch- oder Direktsaatverfahren	ab 10 % Hangneigung je Gabe ≤ 80 kg N/ha
10 % bis < 15 %	5 m	20 m					
≥ 15 %	10 m	30 m	sofortige Einarbeitung auf der Gesamtfläche				

Abbildung 13: Mindestabstände zu Oberflächengewässern bei nicht gelben Flächen

6.4 Gerätetechnik

Flüssige organische und organisch-mineralische Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff müssen auf bestelltem Ackerland bodennah streifenförmig aufgebracht oder direkt in den Boden eingebracht werden. Für Grünland, Dauergrünland und mehrschnittigen Feldfutterbau gelten die genannten Vorgaben ab 2025.

Befreiungen von der streifenförmigen Aufbringung sind nach der DüV aufgrund naturräumlicher oder agrarstruktureller Besonderheiten möglich. In Bayern sind nach derzeitigem Stand per Allgemeinverfügung kleine Betriebe mit weniger als 15 Hektar landwirtschaftliche genutzte Fläche von den Vorgaben zur Ausbringtechnik befreit.

Bei der Grenze kleiner 15 Hektar LF können folgende Flächen unberücksichtigt bleiben:

- Flächen, auf denen nur Zierpflanzen oder Weihnachtsbaumkulturen angebaut werden, Baumschul-, Rebschul-, Strauchbeeren- und Baumobstflächen, nicht im Ertrag stehende Dauerkulturf Flächen des Wein- oder Obstbaus sowie Flächen, die der Erzeugung schnellwüchsiger Forstgehölze zur energetischen Nutzung dienen,
- Flächen mit ausschließlicher Weidehaltung bei einem jährlichen Stickstoffanfall (Stickstoffausscheidung) an Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von bis zu 100 kg N/ha, wenn keine zusätzliche Stickstoffdüngung erfolgt,
- Grünlandflächen mit einer Hangneigung größer 20 % auf mehr als 30 % eines Feldstücks (Steillagen) sowie
- Streuobstwiesen.

Die Grünlandflächen eines Betriebes, die unter die Definition der Steillagen fallen, können vom Landwirt im Integrierten Bayerischen Landwirtschaftlichen Informations-System (iBALIS) unter der Rubrik „Betriebsinformation“ eingesehen werden.

Da die emissionsmindernde Wirkung einer starken Verdünnung mit Wasser auf sehr niedrige TM-Gehalte (max. 2 % einschließlich Jauche) und die Ansäuerung (pH-Wert max. 6,4) wissenschaftlich belegt ist, werden hierfür in Bayern unter bestimmten Bedingungen ebenfalls Ausnahmen gewährt.

6.5 Sperrfristen

Die optimale Verwertung der Gülle hängt wesentlich vom richtigen Ausbringzeitpunkt ab. In der Regel ist eine Ausbringung von Oktober bis Januar auf Ackerflächen mit schlechteren Ausnutzungsgraden durch Festlegung oder Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten verbunden.

Unabhängig davon schreibt die DüV Zeiten vor, in denen keine Düngemittel mit wesentlichen Gehalten an Stickstoff ausgebracht werden dürfen. Das sind Düngemittel, die mehr als 1,5 % Gesamtstickstoff in der Trockenmasse aufweisen. Abbildung 14 gibt einen Überblick zu den Sperrfristen.

Sperrfristen auf <u>nicht</u> roten Flächen						
Dünger	Nutzung	Zeitraum	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
Dünger mit wesentlichem Stickstoffgehalt außer Festmist von Huf- und Klauentieren und Kompost	Acker grundsätzlich	nach Ernte der letzten Hauptfrucht bis 31.01.				
	Ausnahme Acker	Zwischenfrucht* (Aussaat bis 15.09.)				
		W-Raps (Aussaat bis 15.09.)				
		W-Gerste nach Getreidevorfrucht (Aussaat bis 01.10.)				
	Mehrfähriger Feldfutterbau (Aussaat bis 15. Mai)	01.11. – 31.01. max. 80 kg N/ha ab 01.09. (inkl. 30 kg NH ₄ ⁺ / 60 kg N je ha nach letztem Schnitt) bis Sperrfristbeginn				
	Grünland					
	Gemüse, Erdbeeren, Beerenobst	02.12. – 31.01.				
Festmist von Huf- und Klauentieren & Kompost	alle Flächen**	01.12. – 15.01.				
Dünger mit wesentlichem Phosphatgehalt	alle Flächen	01.12. – 15.01.				

* Zwischenfrüchte mit einem Leguminosenanteil > 75 % haben keinen Düngebedarf.
 ** Eine Ausbringung von Festmist von Huf- und Klauentieren & Kompost im Herbst ist nur zu bestellten Flächen zulässig!

(Stand: 01.12.2021)

Abbildung 14: Übersicht zu den Sperrfristen auf nicht roten Flächen

Die Sperrfrist für Grünland und mehrjährigen Feldfutterbau kann um 2 oder 4 Wochen nach hinten verschoben werden. Die Länge der Sperrfrist bleibt dabei unverändert:

- Sperrfrist bei 2 Wochen Verschiebung: 15. November bis einschließlich 14. Februar
- Sperrfrist bei 4 Wochen Verschiebung: 29. November bis einschließlich 28. Februar

Werden Zwischenfrüchte, Winterraps, Feldfutter (Saat bis zum Ablauf des 15. September) oder Wintergerste (Saat bis zum Ablauf des 1. Oktober) nach Getreide angebaut, dürfen diese Kulturen bis zum 1. Oktober bis zur Höhe des N-Bedarfs, maximal aber je Hektar mit 60 kg Gesamtstickstoff oder 30 kg Ammoniumstickstoff gedüngt werden. Bei Grünland und mehrjährigem Feldfutterbau (mit Ausnahme von Leguminosen in Reinkultur) dürfen in Bayern flüssige Wirtschaftsdünger nach der letzten Nutzung bis zum Beginn der Sperrfrist maximal bis zur Höhe der oben genannten N-Höchst-mengen ausgebracht werden. Dies wird beispielsweise bei Rinderjauche bereits mit einer Gabe von

10 m³/ha und bei Milchviehgülle (7,5 % TM, Acker) mit einer Gabe von ca. 15 m³/ha erreicht. Wegen der besseren N-Ausnutzung ist eine Ausbringung im Frühjahr der Herbstdüngung zu Grünland und mehrschnittigem Feldfutterbau vorzuziehen.

Die starke Einschränkung der Herbstausbringung kann vor allem bei tierhaltenden Betrieben und Biogasanlagenbetreibern zu weitreichenden Konsequenzen führen. Betriebe, die größere Mengen organischer Dünger einsetzen, müssen darauf bedacht sein, Ausbringtermine mit guter Ausnutzung und optimalen Ausbringbedingungen zu wählen. Dafür sind ausreichende Lagerkapazitäten unabdingbar.

6.6 Dokumentation der Düngemaßnahmen

Spätestens zwei Tage nach jeder Düngungsmaßnahme sind für jeden Schlag bzw. jede Bewirtschaftungseinheit folgende Angaben aufzuzeichnen:

- Eindeutige Bezeichnung und Größe des Schlages/der Bewirtschaftungseinheit,
- Art und Menge des aufgebrauchten Stoffes und
- die aufgebrachte Menge an Gesamtstickstoff und Phosphat, bei organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln zusätzlich die Menge an verfügbarem Stickstoff.

Bei Weidehaltung ist zudem die Zahl der Weidetiere und Weidetage nach Abschluss der Weidehaltung aufzuzeichnen.

Formulare für die Aufzeichnung der einzelnen Düngemaßnahmen sind auf der Homepage der LfL abrufbar. Gleichzeitig ist die schlagbezogene Dokumentation in den LfL-Programmen zur Düngedarfsermittlung möglich. Mit der Erfassung in einem Programm ist der Abgleich möglich, ob die schlagbezogene Düngeobergrenze für Stickstoff aus der Düngedarfsermittlung eingehalten wird.

Von der Dokumentationspflicht sind die in Kapitel 5.4.3 genannten Betriebe und Flächen ebenfalls ausgenommen.

7 Abschluss der Düngesaison

Die rechtlichen Dokumentationspflichten umfassen neben der Düngebedarfsermittlung und der Aufzeichnung der tatsächlichen organischen und mineralischen Düngung innerhalb von zwei Tagen die Erstellung einer Jahreszusammenfassung des ermittelten Düngebedarfs und der tatsächlichen Düngung für alle Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchte bis zum 31. März des nachfolgenden Jahres nach Anlage 5 der DüV (siehe Abbildung 15).

1. Gesamtbetrieblicher Düngebedarf

	Menge Betrieb kg
Stickstoff (N)	*
Phosphat (P ₂ O ₅)	

2. Erfassung der im Betrieb aufgebrauchten Nährstoffe

	Stickstoff	Menge Betrieb kg N	Phosphat	Menge Betrieb kg P ₂ O ₅
1	Mineralische Düngemittel		Mineralische Düngemittel	
2	Wirtschaftsdünger tier. Herkunft		Wirtschaftsdünger tier. Herkunft	
3	davon verfügbarer Stickstoff			
4	Weidehaltung		Weidehaltung	
5	Sonstige org. Düngemittel		Sonstige org. Düngemittel	
6	davon verfügbarer Stickstoff			
7	Bodenhilfsstoffe		Bodenhilfsstoffe	
8	Kultursubstrate		Kultursubstrate	
9	Pflanzenhilfsmittel		Pflanzenhilfsmittel	
10	Abfälle zur Beseitigung		Abfälle zur Beseitigung	
11	Stickstoffbindung Leguminosen			
12	Sonstige		Sonstige	
13	Summe Gesamtstickstoff		Summe Phosphat	
14	Berechnung nach § 6 Abs. 4 DüV			
15	Summe verfügbarer Stickstoff			

* einschließlich im Herbst angerechneter N zu Wintergerste (nach Getreidevorfrucht) und Winterraps

Abbildung 15: Schema der Anlage 5 der DüV

Sofern die schlagbezogene Dokumentation in den LfL-Programmen zur Düngebedarfsermittlung (Excel und Online) erfolgt, können die Summenbildungen am Ende eines Düngejahres automatisch erstellt werden. Von der Erstellung der Aufzeichnungen nach Anlage 5 sind die in Kapitel 5.4.3 genannten Betriebe und Flächen ebenfalls ausgenommen.

Darüber hinaus besteht für bestimmte Betriebe durch die Stoffstrombilanzverordnung die Pflicht zur Erstellung einer Stoffstrombilanz für das vorausgegangene Kalender- oder Wirtschaftsjahr (siehe Kapitel 4.1).

Insbesondere für Betriebe, die organische Dünger einsetzen und knapp an der Grenze 170 kg N/ha liegen, ist es ratsam, die vorausgegangene Planung anhand der tatsächlichen, durchschnittlichen Tierzahlen und Aufnahme- bzw. Abgabemengen zu überprüfen (siehe Kapitel 5.1). Gleiches gilt in Bezug auf die Mindestlagerkapazitäten (siehe Kapitel 5.2).

Bei überbetrieblichem Wirtschaftsdüngereinsatz sollte nach Abschluss des Düngejahres nochmals überprüft werden, ob die Aufzeichnungen nach der WDüngV vollständig geführt sind (siehe Kapitel 5.3).

8 Zusätzliche Vorgaben in belasteten Gebieten

Die DüV verpflichtet die Landesregierungen in Gebieten mit einer hohen Nitratbelastung des Grundwassers (sogenannte „rote Gebiete“) oder einer Eutrophierung von Oberflächengewässern durch Phosphorverbindungen (sogenannte „gelbe Gebiete“) per Landesverordnung auszuweisen und für diese Gebiete zusätzliche Auflagen bei der Bewirtschaftung und Düngung zu erlassen.

Mit der Verordnung über besondere Anforderungen an die Düngung und Erleichterungen bei der Düngung (Ausführungsverordnung Düngeverordnung – AVDüV) kommt die bayerische Landesregierung ihrer Pflicht nach, eine Gebietskulisse auszuweisen und Maßnahmen festzulegen. Im Nachfolgenden wird stichpunktartig ein Überblick zu den Vorgaben gegeben, der jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Ausführliche und aktuelle Informationen zu den Maßnahmen und zur Ausweisung der Gebiete sind im Internet abrufbar unter www.lfl.bayern.de/avduev.

8.1 Ergänzende Vorgaben in roten Gebieten

Auf roten Flächen sind die folgenden zusätzlichen Vorgaben einzuhalten:

- Absenkung der Stickstoffdüngung auf 20 Prozent unter Bedarf *)
 - Die Stickstoffdüngung ist gegenüber dem berechneten Düngebedarf bei Haupt- und Zweitfrüchten um 20 Prozent im Durchschnitt aller roten Flächen zu reduzieren.
 - Dauergrünland ist von der Absenkung ausgenommen und darf bedarfsgerecht gedüngt werden, wenn der Dauergrünlandanteil maximal 20 Prozent der roten Fläche im ausgewiesenen Gebiet des Grundwasserkörpers umfasst. Einzelbetriebliche Informationen zu befreiten Flächen sind im zugangsgeschützten iBalis-Bereich für die Landwirte abrufbar.
- 170 kg N/ha-Obergrenze für Stickstoff aus organischen Düngern einzelflächenbezogen *)
 - Auf jedem Schlag bzw. jeder Bewirtschaftungseinheit dürfen im Mittel von zwei Düngejahren maximal 170 kg N je Hektar und Jahr aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln aufgebracht werden.

*) Betriebe, die im Durchschnitt auf roten Flächen maximal 160 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr und davon maximal 80 kg N je Hektar und Jahr über mineralische Düngemittel ausbringen (160/80-Regelung) sind befreit.

- Verpflichtender Anbau von Zwischenfrüchten
 - Sommerungen (Aussaat nach 1. Februar) dürfen nur mit Stickstoff gedüngt werden, wenn im Herbst des Vorjahres eine Zwischenfrucht angebaut und diese vor dem 15. Januar nicht umgebrochen wurde. Dies gilt auch dann, wenn die Zwischenfrucht genutzt wurde (Abfuhr, Beweidung).
 - Flächen mit Vorfruchternte (inkl. Zweitfrüchte) nach dem 1. Oktober oder einem langjährigen Niederschlagsmittel unter 550 mm sind ausgenommen.
- Einschränkung der Stickstoffdüngung im Sommer/Herbst und längere Sperrfristen für alle Düngemittel (> 1,5 % Gesamtstickstoff in der TM) gemäß nachfolgender Abbildung 16.

Sperrfristen auf roten Flächen							
Dünger	Nutzung	Zeitraum	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.
Dünger mit wesentlichem Stickstoffgehalt außer Festmist von Huf- und Klauentieren und Kompost	Acker grundsätzlich	nach Ernte der letzten Hauptfrucht bis 31.01.					
	Ausnahme Acker Zwischenfrucht** mit Futternutzung* (Aussaat bis 15.09.)	bis inkl. 01.10. 30 kg NH ₄ ⁺ / 60 kg N je ha erlaubt					
		W-Raps (Aussaat bis 15.09.)	bis inkl. 01.10. 30 kg NH ₄ ⁺ / 60 kg N je ha erlaubt, wenn N _{min} ≤ 45 kg/ha				
	Mehrfähriger Feldfutterbau (Aussaat bis 15. Mai)	01.10. – 31.01. max. 60 kg N/ha ab 01.09. (inkl. 30 kg NH ₄ ⁺ / 60 kg N je ha nach letztem Schnitt) bis Sperrfristbeginn					
	Grünland						
	Gemüse, Erdbeeren, Beerenobst	02.12. – 31.01.					
Festmist von Huf- und Klauentieren & Kompost	alle Flächen***	01.11. – 31.01. bei Zwischenfrucht ohne Futternutzung max. 120 kg N/ha bis Sperrfristbeginn					
Dünger mit wesentlichem Phosphatgehalt	alle Flächen	01.12. – 15.01.					

* Futternutzung ≠ Verwertung in der Biogasanlage

** Zwischenfrüchte mit einem Leguminosenanteil > 75 % haben keinen Düngebedarf.

*** Eine Ausbringung von Festmist von Huf- und Klauentieren & Kompost im Herbst ist nur zu bestellten Flächen zulässig!

(Stand: 01.12.2021)

Abbildung 16: Übersicht über die Sperrfristen auf roten Flächen

Die Verschiebung der Sperrfrist auf Grünland und mehrjährigem Feldfutterbau ist auch für Flächen im roten Gebiet möglich.

- Stickstoffbodenuntersuchung**
 Mindestens eine N_{min}- oder EUF-Untersuchung pro Kultur (ab 1,0 Hektar) zur Ermittlung des im Boden verfügbaren Stickstoffs. Das Ergebnis ist bei der Düngebedarfsermittlung des beprobten Feldstücks bzw. der beprobten Bewirtschaftungseinheit zu verwenden. Für die weiteren nitratbelasteten Feldstücke kann die Ermittlung des im Boden verfügbaren Stickstoffs mit dem N-Simulationsverfahren der LfL erfolgen. Betriebe und Flächen, die von der Erstellung einer Düngebedarfsermittlung befreit sind, sind auch von dieser zusätzlichen Anforderung befreit.
- Wirtschaftsdüngeruntersuchung**
 Der bezogen auf Stickstoff mengenmäßig (kg N) bedeutendste Wirtschaftsdünger oder Gärrest des Betriebes ist vor dem Aufbringen jährlich auf Gesamtstickstoff, verfügbaren Stickstoff und Phosphat zu untersuchen. Alternativ können die im LfL-Lagerraumprogramm bzw. LfL-Biogasrechner berechneten Werte verwendet werden. Von dieser Auflage befreit sind Betriebe bis max. 750 kg Anfall an Gesamtstickstoff aus Wirtschaftsdüngern pro Jahr, die gleichzeitig keinen Wirtschaftsdünger aufnehmen.

8.2 Ergänzende Vorgaben in gelben Gebieten

Auf gelben Flächen sind folgende zusätzlichen Vorgaben einzuhalten:

- Verpflichtender Anbau von Zwischenfrüchten
 - Sommerungen (Aussaat nach 1. Februar) dürfen nur mit Phosphat gedüngt werden, wenn im Herbst des Vorjahres eine Zwischenfrucht angebaut und diese vor dem 15. Januar nicht umgebrochen wurde. Dies gilt auch dann, wenn die Zwischenfrucht genutzt wurde (Abfuhr, Beweidung).
 - Alternativ zur Zwischenfrucht kann auch eine Stoppelbrache (Getreide) bis 15. Januar stehen bleiben.
 - Ausnahmen: Flächen mit Vorfruchternte (inkl. Zweitfrüchte) nach dem 1. Oktober oder einem langjährigen Niederschlagsmittel unter 550 mm.
- Erweiterte Abstände zu Oberflächengewässern bei der Aufbringung von phosphathaltigen Düngemitteln gemäß nachfolgender Abbildung 17.

Hangneigung der Fläche	gelbe Fläche		Zusätzliche Anforderungen				
	Keine Düngung (AL/DG)	Abstand mit Auflagen	unbestellter Acker	bestellter Acker			auf Acker und Grünland
< 5 %	1 m **	5 m	** 5 m Mindestabstand, wenn Streubreite ≠ Arbeitsbreite				
5 % bis < 10 %	3 m **	20 m	sofortige Einarbeitung innerhalb des Abstands	a) mit Reihenkultur (Reihenabstand ≥ 45 cm)	b) ohne Reihenkultur	c) Anbau im Mulch- oder Direktsaatverfahren	ab 10 % Hangneigung
10 % bis < 15 %	10 m	30 m		entwickelte Untersaat oder sofortige Einarbeitung	hinreichende Bestandsentwicklung		
≥ 15 %	10 m	30 m	sofortige Einarbeitung auf der Gesamtfläche				je Gabe ≤ 80 kg N/ha

Abbildung 17: Mindestabstände zu Oberflächengewässern bei der Düngung gelber Flächen

8.3 Erleichterungen

Betriebe ohne Flächen in roten oder gelben Gebieten können von folgenden Erleichterungen Gebrauch machen, sofern weniger als 20 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Betriebes in Wasserschutzgebieten liegt:

- Befreiung von den Aufzeichnungspflichten (Düngebedarfsermittlung, Dokumentation) bei weniger als 30 Hektar LF (abzüglich befreiter Flächen nach Kapitel 5.4.3), sofern max. 110 kg Gesamtstickstoff je Hektar LF aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft jährlich anfallen, max. drei Hektar Gemüse, Hopfen, Wein oder Erdbeeren angebaut und keine Wirtschaftsdünger oder Gärreste aufgenommen werden.
- Rinderhaltende Betriebe > 3 GV/ha mit ausreichend Grünland benötigen eine Mindestlagerkapazität von sechs statt neun Monaten. Die genaue Berechnung auf Basis des Anteils der Rinderhaltung sowie des Grünlands kann mit dem Lagerraumprogramm der LfL durchgeführt werden.

9 Übersicht der rechtlichen Regelungen zur Düngung

Allein im Bereich Düngung gibt es eine Reihe von Gesetzen und Verordnungen, die der Landwirt und ebenso von ihm beauftragte Dritte (Selbsthilfeeinrichtungen, Lohnunternehmer) zu beachten haben. Häufig stehen dahinter EU-Rechtsvorschriften, die im nationalen Recht umzusetzen sind. Beispiele hierfür sind die Nitratrichtlinie, die in den Cross Compliance-Verpflichtungen bzw. der Konditionalität (GAP ab 2023) mit enthalten ist, die NEC-Richtlinie und die Wasserrahmenrichtlinie.

Die wichtigsten rechtlichen Regelungen zur Düngung sind in Tabelle 33 zusammengefasst.

Tabelle 33: Übersicht über die wichtigsten Gesetze und Verordnungen

Gesetze, Verordnungen	Wesentliche Inhalte
Düngegesetz (DüngG)	Grundsätzliche Regelungen und Definitionen, Inverkehrbringen, Stoffstrombilanz
Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV)	Gute fachliche Praxis bei der Anwendung, Düngbedarfsermittlung, Sperrfristen, Obergrenzen, Aufzeichnungen, Lagerkapazitäten
Verordnung über besondere Anforderungen an die Düngung und Erleichterungen bei der Düngung (Ausführungsverordnung Düngeverordnung – AVDüV)	Länderregelung mit zusätzlichen Anforderungen an die Düngung in mit Nitrat belasteten (roten) und eutrophierten (gelben) Gebieten
Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdüngern (Wirtschaftsdüngerverbringungsverordnung – WDüngV)	Aufzeichnungs- und Meldepflichten bei Abgabe, Aufnahme oder Transport von mehr als 200 t Wirtschaftsdünger (Frischmasse)
Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung – StoffBiIV)	Erstellung der Stoffstrombilanz, Erfassung der betrieblichen Nährstoffsituation (Hoftorbilanz)
Düngemittelverordnung (DüMV)	Inverkehrbringen von Düngemitteln, Düngemitteltypen, Stoffliste, stoffliche und formale Anforderungen an (zugelassene) Düngemittel, Auflagen für die Ausbringung
Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV)	Stoffliste geeigneter Bioabfälle, Untersuchung, Behandlung und Anwendung von Bioabfällen, Auflagen für Ausbringung, Lieferscheinverfahren
Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)	Regelt das Vermeiden, Verwerten und Beseitigen von Abfällen
Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)	Bezeichnung von Abfällen und Einstufung der Gefährlichkeit
Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung – AbfKlärV)	Regelt die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm

Die rechtlichen Vorgaben der DüV, AVDüV, WDüngV und StoffBilV wurden bereits umfassend erläutert. Weitere Gesetze und Verordnungen, die in Bezug auf die Düngung in der Landwirtschaft relevant sind, werden nachfolgend kurz dargestellt:

Das **Düngegesetz (DüngG)** enthält grundsätzliche Regelungen und Definitionen. Es stellt die rechtliche Grundlage vieler weiterer Verordnungen in Deutschland dar. Wichtig sind u. a. die Definitionen für Wirtschaftsdünger und für das Inverkehrbringen:

- Wirtschaftsdünger sind Düngemittel, die
 - als tierische Ausscheidungen bei der Haltung von Tieren zur Erzeugung von Lebensmitteln oder bei der sonstigen Haltung von Tieren in der Landwirtschaft oder
 - als pflanzliche Stoffe im Rahmen der pflanzlichen Erzeugung oder in der Landwirtschaft, auch in Mischungen untereinander oder nach aerober oder anaerober Behandlung, anfallen oder erzeugt werden.
- Inverkehrbringen ist das Anbieten, Vorrätighalten zur Abgabe, Feilhalten und jedes Abgeben von Stoffen der Düngemittelverordnung (auch das unentgeltliche Abgeben zählt zum Inverkehrbringen).

Die **Düngemittelverordnung (DüMV)** regelt das Herstellen und Inverkehrbringen von mineralischen, organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen. Auch Wirtschaftsdünger unterliegen den Vorgaben der DüMV.

Düngemittel und Wirtschaftsdünger dürfen nur in Verkehr gebracht bzw. an Dritte abgegeben werden, wenn sie bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Haustieren und Nutzpflanzen nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden. In der Anlage 1 der DüMV werden die zugelassenen Düngemitteltypen beschrieben. Anlage 2 der DüMV enthält organische Stoffe und Aufbereitungshilfsmittel, die für die Herstellung eines Düngemittels verwendet werden können. Nur solche Dünger, die diesen Vorgaben entsprechen, dürfen auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen ausgebracht werden. Es können auch Einschränkungen und Anwendungsvorgaben angegeben sein. Für das Inverkehrbringen von organischen Düngemitteln sind Grenzwerte für Schadstoffe festgesetzt sowie Anforderungen an die Seuchen- und Phytohygiene formuliert. Die seuchenhygienischen Anforderungen (in 50 g Probenmaterial keine Salmonellen nachweisbar) gelten auch dann als eingehalten, wenn die Kennzeichnung auf die Salmonellen hinweist und Auflagen zur Anwendung gemacht werden. Dazu zählen die ausschließliche Ausbringung auf unbestelltem Ackerland mit sofortiger Einarbeitung oder Ausbringung zu Wintergetreide und Winterraps nur bis zum Schosserstadium (EC 30) verbunden mit bodennaher Ausbringungstechnik. Bis zur nächsten Nutzung von Grünland und Futterflächen ist ein Abstand von sechs Wochen vorgeschrieben.

Düngemittel und auch Wirtschaftsdünger dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie entsprechend der Vorgaben der DüMV gekennzeichnet sind. Die Kennzeichnung für Wirtschaftsdünger muss für alle relevanten Nährstoffe Gehaltsangaben enthalten, evtl. auch zu enthaltenen Schadstoffen. Neben Angaben zur Zusammensetzung bzw. den verwendeten Ausgangsstoffen sind die Menge des abgegebenen Produktes (Gewicht, Volumen), Name und Anschrift des Herstellers zu vermerken.

Die **Klärschlammverordnung (AbfKlärV)** regelt die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Nach AbfKlärV dürfen innerhalb von drei Jahren maximal 5 t Klärschlamm-TM je Hektar ausgebracht werden. Dieser Menge entsprechen z. B. 100 m³ Klärschlamm mit 5 % TM (Nassschlamm). Klärschlamm darf nur auf Böden aufgebracht werden, die rechtzeitig vorher untersucht wurden. Die Bodenuntersuchung umfasst die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink, den Nährstoff Phosphat, den pH-Wert, den Humusgehalt, sowie den Gehalt des Bodens an polychlorierten Biphenylen (PCB₆) und Benzo(a)pyren (B(a)P).

Klärschlamm darf auf folgenden Flächen nicht ausgebracht werden:

- Grünland und Dauergrünland, Ackerfutteranbauflächen.
- Anbauflächen für Mais, sofern keine Einarbeitung des Klärschlammes vor der Saat erfolgt; ausgenommen sind Körnernutzung und die Verwendung zur Biogaserzeugung.
- Auf Anbauflächen für Zuckerrüben, deren Blätter verfüttert werden sollen, ist eine Aufbringung von Klärschlamm nur vor der Aussaat mit anschließender tiefwendender Einarbeitung oder bei direkter Einbringung des Klärschlammes in den Boden zulässig.
- Auf Flächen, die auch zum Anbau von Feldgemüse genutzt werden, muss zwischen der letzten Beschlämmung und dem nächsten Anbau von Feldgemüse ein zeitlicher Abstand von mindestens 24 Monaten eingehalten werden. Obwohl nicht verboten, sollte auf die Ausbringung von Klärschlamm in Fruchtfolgen mit Feldgemüse und Kartoffeln aus phytosanitären Gründen (z. B. Kartoffelschleimkrankheit) verzichtet werden.
- Anbauflächen für Gemüse, Obst oder Hopfen, Flächen von Haus-, Nutz- oder Kleingärten, Forstflächen, Rebflächen, Streuobstbestände, Spargel und Frühkartoffeln.
- in Wasserschutzgebieten (Zonen I, II und III)
- Brachland- und Naturschutzflächen, Naturschutzgebieten, Nationalparks, nationalen Naturmonumenten, Naturdenkmälern, geschützten Landschaftsbestandteilen und gesetzlich geschützten Biotopen.

Auf Flächen mit Baumschulen, Christbaumkulturen und Tabak ist eine Aufbringung möglich.

Die **Bioabfallverordnung (BioAbfV)** gilt für die Verwertung, die Behandlung und Untersuchung unbehandelter und behandelter Bioabfälle, die zur Düngung verwendet werden. Bioabfälle sind Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft oder aus Pilzmaterialien, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme weiter abgebaut werden können. Ausgenommen sind Klärschlämme und tierische Nebenprodukte, die der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 unterliegen. Tierische Wirtschaftsdünger von Nutztieren und Pferden fallen nicht unter die BioAbfV. Ebenso fällt die Eigenverwertung von pflanzlichen Bioabfällen auf selbst bewirtschafteten Betriebsflächen nicht unter die BioAbfV.

Die BioAbfV enthält im Anhang 1 eine Stoffliste, in der grundsätzlich für die landwirtschaftliche Verwertung geeignete Abfälle aufgeführt sind. Einige davon, hauptsächlich Schlämme aus gewerblichen Herstellungsverfahren, dürfen nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde ausgebracht werden. Dafür müssen vor der ersten Abgabe Art, Beschaffenheit und Herkunft der zuständigen Behörde gemeldet werden, die nach eingehender Prüfung eine Bescheinigung ausstellt.

Folgende Punkte sind besonders zu beachten:

- Einmalige Bodenuntersuchung vor der ersten Ausbringung auf Schwermetalle und pH-Wert. Das Ergebnis muss innerhalb von drei Monaten nach der ersten Aufbringung an die zuständige Behörde gemeldet werden. Eine Befreiung davon ist nur auf Antrag und nur für gütegesicherte Komposte möglich.
- Die Aufbringfläche muss innerhalb von zwei Wochen nach der ersten Aufbringung der zuständigen Behörde gemeldet werden.
- In Abhängigkeit von den Schwermetallgehalten dürfen in drei Jahren maximal bis zu 20 t TM/ha bzw. bis zu 30 t TM/ha aufgebracht werden.
- Auf Grünland und Feldfutterflächen dürfen nur diejenigen Bioabfälle ausgebracht werden, die gemäß Anhang 1 der BioAbfV dafür zugelassen sind. Auf Feldfutterflächen ist die Anwendung auch anderer Bioabfälle möglich, wenn die Ausbringung vor dem Anbau und eine Einarbeitung erfolgt.
- Bei Aufbringung von Bioabfällen mit tierischen Nebenprodukten auf Grünland oder Feldfutterflächen darf eine Nutzung durch Beweidung oder Schnitt erst nach 21 Tagen erfolgen.
- Keine Ausbringung von Klärschlamm innerhalb von drei Jahren auf derselben Fläche.
- Ausstellen eines Lieferscheines bei jeder Abgabe mit Angaben u.a. über die Fläche, ausgebrachte Menge, Chargennummer, Unterschriften des Abgebers, des Herstellers, des Aufnehmers, Datum der Abgabe. Nach Ausbringung unverzügliche Zusendung an die zuständige Behörde und die örtliche Landwirtschaftsbehörde.
- Auch der Bewirtschafter der Fläche muss eine Kopie des vollständig ausgefüllten Lieferscheins an die zuständige Behörde und die örtliche Landwirtschaftsbehörde senden.
- Es sind zahlreiche Ausnahmen, z. B. für Mitglieder einer regelmäßigen Gütesicherung, möglich.

EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Mit der WRRL haben sich die EU-Staaten verpflichtet, Flüsse, Seen und das Grundwasser auf einem hohen Niveau zu schützen. Grundsätzliches Ziel ist das Erreichen des "guten Zustands" der Gewässer bis spätestens 2027. Für Gewässer, bei denen der gute Zustand noch nicht erreicht ist, sind Maßnahmenprogramme zu erarbeiten und umzusetzen. Die Maßnahmenprogramme gliedern sich in grundlegende und ergänzende Maßnahmen. Wenn die grundlegenden Maßnahmen, z. B. Düngerecht, nicht ausreichen, sind ergänzende Maßnahmen erforderlich. Im Bereich der Landwirtschaft sollen die ergänzenden Maßnahmen auch in der dritten Bewirtschaftungsperiode (2022 bis 2027) auf freiwilliger Basis erfolgen. Die wichtigsten vorgeschlagenen Maßnahmen sind:

- Grünstreifen zum Gewässer- und Bodenschutz
- Zwischenfruchtanbau mit Umbruch im Frühjahr
- Mulchsaat, Streifen-/Direktsaatverfahren bei Reienkulturen
- Bewirtschaftung nach Kriterien des ökologischen Landbaus
- Verzicht auf Intensivfrüchte in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten
- Stilllegung mit gezielter Begrünung
- Anpassung und Optimierung der Düngung

Soweit es sich um freiwillige Maßnahmen handelt, bestehen verschiedene Fördermöglichkeiten für die Umsetzung, beispielsweise über das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP). Ausführliche Informationen zu den Förderprogrammen sind im Internetauftritt des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zu finden unter: www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/foerderung. Zudem wird empfohlen, die Informationsangebote zu den Förderprogrammen und die Beratungsangebote der Gewässerschutzberatung an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Anspruch zu nehmen.

Weitere Informationen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind zudem im Internetauftritt der LfL unter www.lfl.bayern.de/wasserrahmenrichtlinie zu finden.

Anhang

Vorlage 1: Schema zur Düngbedarfsermittlung für Magnesium

Düngejahr: _____

Düngebedarfsermittlung Magnesium		Quellen				
I	Schlag					
II	Kultur/Nutzung					
III	Ertrag (dt/ha)	eigene Daten, LfL				
IV	Nährstoffgehalt (kg MgO/dt FM bzw. TM)	Basisdaten Tab.1a - e; 2				
			kg MgO/ha			
1	Nährstoffabfuhr (Ertrag x Nährstoffgehalt)					
2a	Gehaltsklasse des Bodens	Gelbes Heft Tabelle 13				
2	Zu-/Abschlag aufgrund der Gehaltsklasse des Bodens	Gelbes Heft Tabelle 13				
3	Düngebedarf					
4	Abzug (geplante) organi- sche Düngung zur Kultur	Basisdaten Tab. 5a				
5	Mineralische Empfehlung					

Vorlage 2: Schema zur Düngbedarfsermittlung für Stickstoff

Düngejahr: _____

Düngebedarfsermittlung Stickstoff		Basisdaten und Hinweise	Acker*	Feld- ** futterbau	Grünland	Zweit- früchte
I	Schlag					
II	Kultur/Nutzung	Tab. 2, 9a - 9e				
III	Ertragsniveau (Ø letzte 5 Jahre) [dt/ha]	eigene Daten, LfL				
			kg N/ha			
1	Stickstoffbedarfswert bei Ertrag nach Basisdaten	Tab. 2, 9a - 9e				
2	Zu-/Abschlag durch Ertrags- differenz zu Basisdaten	Tab. 2, 9a - 9e				
3	Abschlag im Boden verfügbare N-Menge (N _{min})	Untersuchung, LfL, Simulation				
4	Abschlag N-Nachlieferung aus Bodenvorrat (Humusgehalt)	Tab. 9f				
5	Abschlag Vorfrucht	Tab. 9f				
6	Abschlag Zwischenfrucht	Tab. 9f				
7	Abschlag N-Fixierung durch Leguminosen	Tab. 1a - 1e, 9f				
8	Abschlag N-Nachlieferung aus org. Düngung zur Vorfrucht	10 % von N _{ges} Tab. 5a				
9	Abschlag N-Nachlieferung aus org. Düngung zur Zwischenfrucht/Zweitfrucht	10 % von N _{ges} Tab. 5a				
10	Abschlag org. Düngung*** im Herbst zu W-Gerste & W-Raps	100 % vom NH ₄ -N; Tab. 5a				
11	Abschlag mineral. Düngung im Herbst zu W-Gerste & W-Raps	Tab. 3				
12	Düngebedarf					
13	Abzug (geplante) organische Düngung zur Kultur inkl. Weide	Tab. 5a, Beweidung				
14	Mineralische Empfehlung					
15	Zuschläge aufgrund nachträg- lich eintretender Umstände					

* nicht für Gemüse nach Gemüse: siehe Vorgaben der Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)

** nur mehrschnittiger Feldfutterbau (einschnittiger Feldfutterbau nach Schema DBE Acker)

*** ohne Festmist von Huf- & Klautieren und Kompost

Vorlage 3: Jährlich anzurechnender Nährstoffanfall pro Hektar durch Beweidung

Düngejahr: _____

Schlag: _____

Nährstoffanfall durch Beweidung		Quellen	Berechnung		
A	Tierart	Basisdaten-Tab. 4a			
B	Anzahl der Tiere je Hektar	eigene Daten			
C	Anzahl der Beweidungstage je Jahr	eigene Daten			
D	Weidezeit in Stunden je Tag	eigene Daten			
E	Anteil der Weidezeit je Jahr	$C \times D \div 24 \text{ Stunden} \div 365 \text{ Tage}$			
			Nährstoffanfall in kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
F	Nährstoffausscheidung pro Tier und Jahr	Basisdaten-Tab. 4a			
G	Jährlicher Nährstoffanfall auf der Weidefläche	$F \times B \times E$			
H	Abzug anrechenbare gasförmige N-Verluste an N _{ges}	Basisdaten-Tab. 5a			
I	Verbleibender jährlicher Nährstoffanfall auf der Fläche				
J	Jährlich anzurechnender Nährstoffanfall	I x Mindestwirksamkeit (für N: 50 %; für P und K: 100 %)			

Vorlage 4: Schema zur Düngbedarfsermittlung für Phosphat und Kali

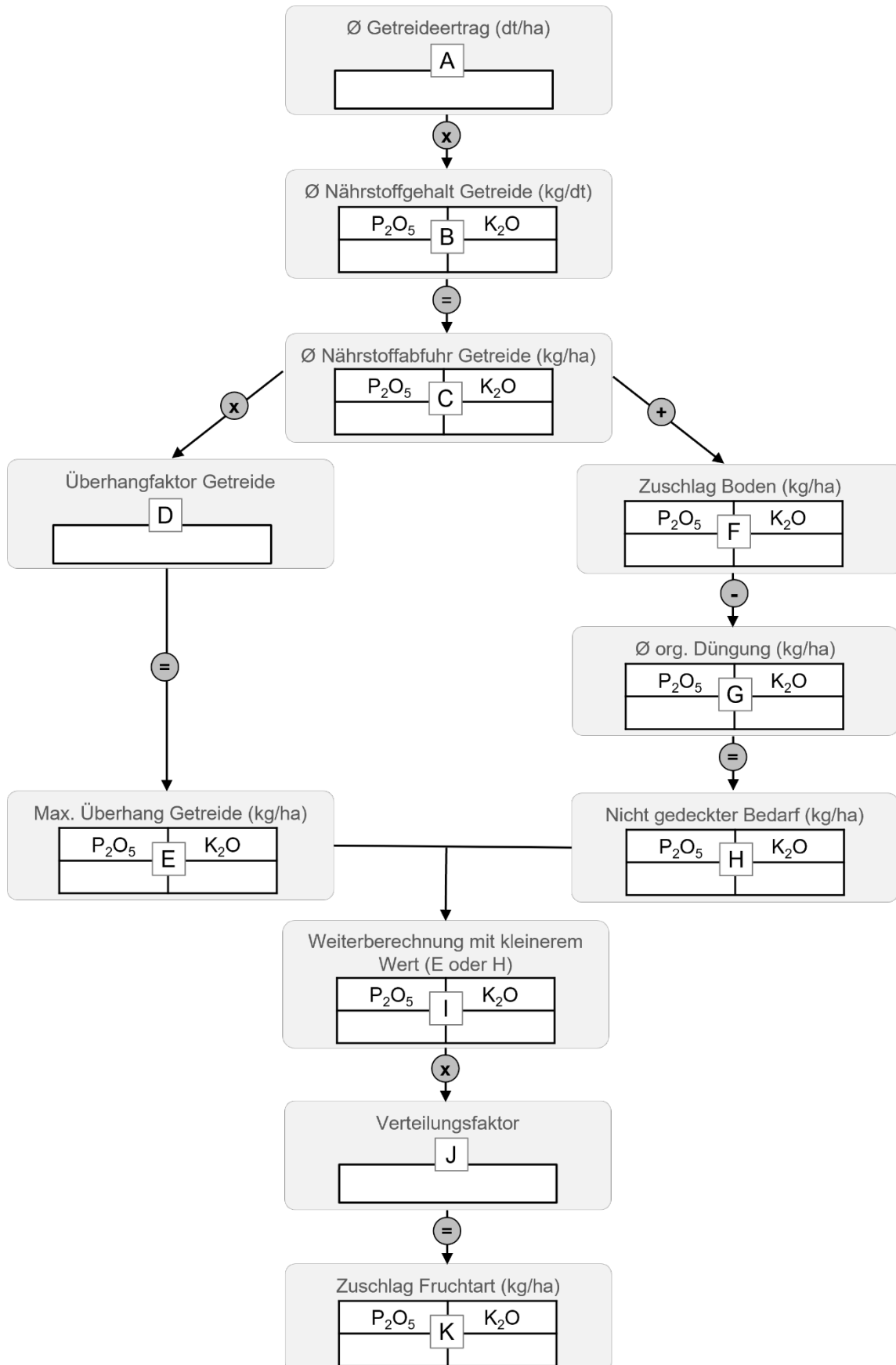
Düngejahr: _____

Düngebedarfsermittlung Phosphat und Kali		Quellen und Hinweise	Getreide		Sonstige Acker- kulturen		Grünland	
I	Schlag							
II	Kultur/Nutzung							
III	Ertrag (dt/ha)	eigene Daten, LfL						
IV	Getreideanteil auf der Fläche	% in der Fruchtfolge						
			kg/ha					
			P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
1a	Nährstoffabfuhr Kultur (Ertrag x Nährstoffgehalt)	III x Basisdaten Tab. 1, 2						
1b	Zu-/Abschlag Kultur (nur bei Schaukel- düngung)	Getreide: 1a x Tabelle 31 im Gelben Heft						
		sonstige Acker- kulturen: Vorlage 5						
1c	Abschlag Kali im Grünland ¹	-0,1 x 1a						
1d	Nährstoffabfuhr Zwischen-/Zweitfrucht (Ertrag x Nährstoffgehalt)	Basisdaten Tab. 1b						
1	Nährstoffbedarf							
2a	Gehaltsklasse des Bodens	Untersuchung						
2	Zu-/Abschlag aufgrund der Gehaltsklasse des Bodens	Tabelle 32 im Gelben Heft						
3	Düngebedarf							
4	Abzug durchschnittliche org. Düngung pro Jahr	z. B. LfL-Lager- raumprogramm						
5	Mineral. Empfehlung ²							

¹ Der mehrschnittige Feldfutterbau ist analog zum Grünland ebenfalls vom Kali-Luxuskonsum betroffen. Anhand der Eingruppierung als sonstige Ackerkultur werden ihm i. d. R. Zuschläge zugesprochen. Daher wird zusätzlich ein Abschlag von 20 % der Nährstoffabfuhr empfohlen (-0,2 x Zeile 1a).

² Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen sollten kleine Mengen ins Folgejahr geschoben und dann zusätzlich ausgebracht werden. Negative Werte werden auf 0 gesetzt.

Vorlage 5: Berechnung des Zuschlags bei der optionalen Schaukeldüngung sonstiger Kulturen



Basisdaten

Aufgrund des großen Umfangs an Basisdaten werden im Gelben Heft nur die Tabellen, die am häufigsten benötigt werden, abgedruckt und in den Tabellen nur die bedeutendsten Kulturen, Tierarten und Dünger genannt. Tabellen, die nicht abgedruckt sind, aber im Internet zu finden sind, haben den Vermerk "*nur im Internet*". Die Nummerierung der hier aufgeführten Basisdaten-Tabellen ist mit der Nummerierung der Tabellen im Internet identisch.

Basisdaten-Tabelle

Tabelle 1a:	Nährstoffgehalte von Hauptfrüchten
Tabelle 1b:	Nährstoffgehalte von Zweitfrüchten und Zwischenfrüchten
Tabelle 1c:	Nährstoffgehalte von Gemüse
Tabelle 1d:	Nährstoffgehalte von Heil- und Gewürzpflanzen
Tabelle 1e:	Nährstoffgehalte von mehrschnittigem Feldfutterbau und mehrjährigen Energiepflanzen
Tabelle 2:	Nährstoffgehalte und Stickstoffbedarfswerte von Grünland
Tabelle 3:	Nährstoffgehalte verschiedener Mineraldünger
Tabelle 4a:	Jährliche Nährstoffausscheidung und Grobfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung
Tabelle 4b:	Jährlicher Gülle- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in m ³ pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung
Tabelle 4c:	Tägliche Einstreumenge und jährlicher Festmistanfall verschiedener Tierarten in t pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung
Tabelle 5a:	Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung
Tabelle 5b:	Weitere Informationen zu organischen Düngern (<i>nur im Internet</i>)
Tabelle 6:	Nährstoffgehalte tierischer Produkte
Tabelle 7:	Nährstoffgehalte von Futtermitteln (<i>nur im Internet</i>)
Tabelle 8a:	Kalkdüngerbedarf von Ackerböden (siehe Kapitel 2.1.1 und <i>im Internet</i>)
Tabelle 8b:	Kalkdüngerbedarf von Hopfen (<i>nur im Internet</i>)
Tabelle 8c:	Kalkdüngerbedarf von Grünland (siehe Kapitel 2.1.2 und <i>im Internet</i>)
Tabelle 9a:	Stickstoffbedarfswerte von Hauptfrüchten
Tabelle 9b:	Stickstoffbedarf von Zweitfrüchten nach Berücksichtigung des Stickstoffgehalts im Boden
Tabelle 9c:	Stickstoffbedarfswerte von Gemüse in Abhängigkeit des Ertragsniveaus
Tabelle 9d:	Stickstoffbedarfswerte von Heil- und Gewürzpflanzen
Tabelle 9e:	Stickstoffbedarfswerte von mehrschnittigem Feldfutterbau und mehrjährigen Energiepflanzen
Tabelle 9f:	Kenngrößen zur Düngbedarfsermittlung von Acker (Hauptfrüchten) und Grünland
Tabelle 10:	Simulation des N _{min} -Werts in Abhängigkeit der Kultur (<i>nur im Internet</i>)

Die vollständige Zusammenstellung der Basisdaten steht im Internet zur Verfügung unter:

www.lfl.bayern.de/basisdaten

Basisdaten-Tabelle 1a: Nährstoffgehalte von Hauptfrüchten (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM	HNV ¹⁾ 1:x
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Getreide, Körnermais										
Winterweizen C-Sorte	Korn	86	1,81	0,80	0,55	0,20	12	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,21	1,04	1,67	0,36				
Winterweizen A/B-Sorte	Korn	86	2,11	0,80	0,55	0,20	14	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,51	1,04	1,67	0,36				
Winterweizen E-Sorte	Korn	86	2,41	0,80	0,55	0,20	16	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,81	1,04	1,67	0,36				
Winterbrauweizen	Korn	86	1,81	0,75	0,55	0,20	12	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,21	0,99	1,67	0,36				
Sommerweizen	Korn	86	2,11	0,75	0,55	0,20	14	70		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,51	0,99	1,67	0,36				
Wintergerste	Korn	86	1,65	0,80	0,60	0,20	12	70		0,7
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		2,00	1,01	1,79	0,27				
Winterbraugerste (zweizeilig)	Korn	86	1,51	0,80	0,60	0,20	11	70		0,7
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		1,86	1,01	1,79	0,27				
Sommerfuttergerste	Korn	86	1,65	0,80	0,60	0,20	12	50		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		2,05	1,04	1,96	0,28				
Sommerbraugerste	Korn	86	1,38	0,80	0,60	0,20	10	50		0,7
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		1,73	1,01	1,79	0,27				
Winterroggen	Korn	86	1,51	0,80	0,60	0,10	11	70		0,9
	Stroh	86	0,50	0,30	2,00	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		1,96	1,07	2,40	0,28				
Hafer	Korn	86	1,51	0,80	0,60	0,20	11	55		1,1
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,06	1,13	2,47	0,42				
Triticale	Korn	86	1,65	0,80	0,60	0,20	12	70		0,9
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,10	1,07	2,13	0,38				
Dinkel (mit Spelzen)	Korn	86	1,65	0,80	0,80	0,20	12	60		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,05	1,04	1,92	0,36				
Emmer / Einkorn	Korn	86	1,81	0,75	0,55	0,20	12	30		1
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,31	1,05	1,95	0,40				
Hartweizen (Durum)	Korn	86	1,81	0,80	0,60	0,20	12	55		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,21	1,04	1,72	0,36				
Körnermais	Korn	86	1,38	0,80	0,50	0,20	10	90		1
	Stroh	86	0,90	0,20	2,00	0,40				
	Korn + Stroh ²⁾		2,28	1,00	2,50	0,60				
Körnerleguminosen										
Ackerbohnen	Korn	86	4,10	1,20	1,40	0,20	30	35	5,00	1
	Stroh	86	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ²⁾		5,60	1,50	4,00	0,50				
Erbsen	Korn	86	3,60	1,10	1,40	0,20	26	35	4,40	1
	Stroh	86	1,50	0,30	2,60	0,30				
	Korn + Stroh ²⁾		5,10	1,40	4,00	0,50				
Sojabohnen	Korn	86	4,40	1,50	1,70	0,50	32	20	5,30	1
	Stroh	86	1,50	0,30	4,00	1,20				
	Korn + Stroh ²⁾		5,90	1,80	5,70	1,70				

Basisdaten-Tabelle 1a: Nährstoffgehalte von Hauptfrüchten (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM	HNv ¹⁾ 1:x
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Ölfrüchte										
Winterraps	Korn	91	3,35	1,80	1,00	0,50	23	40		1,7
	Stroh	86	0,70	0,40	2,35	0,41				
	Korn + Stroh ²⁾		4,54	2,48	5,00	1,20				
Sonnenblumen	Korn	91	2,91	1,60	2,40	0,60	20	30		2
	Stroh	86	1,00	0,90	4,50	0,30				
	Korn + Stroh ²⁾		4,91	3,40	11,40	1,20				
Hackfrüchte										
Kartoffel (Speise, Stärke)	Knolle	22	0,35	0,14	0,60	0,04		450		0,2
	Kraut	15	0,20	0,04	0,36	0,08				
	Knolle + Kraut ²⁾		0,39	0,15	0,67	0,06				
Kartoffel (Veredelung)	Knolle	22	0,35	0,14	0,60	0,04		450		0,2
	Kraut	15	0,20	0,04	0,36	0,08				
	Knolle + Kraut ²⁾		0,39	0,15	0,67	0,06				
Frühkartoffel	Knolle	22	0,35	0,14	0,60	0,04		400		0,2
	Kraut	15	0,20	0,04	0,36	0,08				
	Knolle + Kraut ²⁾		0,39	0,15	0,67	0,06				
Zuckerrüben	Rübe	23	0,18	0,10	0,25	0,08		650		0,7
	Blatt	18	0,40	0,11	0,71	0,10				
	Rübe + Blatt ²⁾		0,46	0,18	0,75	0,15				
Futterrüben, Runkelrüben (Gehaltsrüben)	Rübe	15	0,18	0,09	0,50	0,05		650		0,4
	Blatt	16	0,30	0,08	0,63	0,08				
	Rübe + Blatt ²⁾		0,30	0,12	0,75	0,08				
Futterpflanzen										
Silomais (32 % TM)	Ganzpflanze	32	0,43	0,16	0,51	0,10	10,5	450		
Corn-Cop-Mix (CCM) (60 % TM)	Kolben	60	1,01	0,41	0,36	0,10		120		
Lieschkolbensilage (50 % TM)	Kolben/Liesch.	50	0,76	0,32	0,36	0,10		150		
GPS Weizen (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,56	0,23	0,47	0,10	10,0	350	0,67	
GPS Wintergerste (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,56	0,23	0,47	0,10	10,0	350		
GPS Sommergerste (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,56	0,23	0,47	0,10	10,0	350		
GPS Triticale (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,56	0,23	0,47	0,10	10,0	350		
GPS Roggen (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,56	0,23	0,47	0,10	10,0	350		
GPS Erbsen/Ackerb. (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,67	0,23	0,47	0,10	12,0	143		
Energiepflanzen										
Sorgumhirse	Ganzpflanze	28	0,41	0,18	0,48	0,04	8,4	450		
GPS Sonnenblumen (35 % TM)	Ganzpflanze	35	0,47	0,20	0,56	0,11		400		
Dauerkulturen										
Hopfen (10 % Wasser)	Dolden	90	3,00	1,00	2,60	0,50		17,5		8
	Rebenhäcksel	27	0,60	0,13	0,59	0,21		140		
	Ganzpflanze ²⁾		7,80	2,00	7,30	2,20				
Hopfen (Herkules)	Dolden	90	3,00	1,00	2,60	0,50		17,5		8
	Rebenhäcksel	27	0,60	0,13	0,59	0,21		140		
	Ganzpflanze ²⁾		7,80	2,00	7,30	2,20				
Tabak (Burley dachtrocken)	Blätter	78	4,00	0,70	5,70	0,40		23		
Erdbeeren, Frühjahr	Frucht	10	0,17	0,05	0,28	0,03		140		

¹⁾ Haupternteprodukt-Nebenernteprodukt-Verhältnis (z. B. Korn-Stroh-Verhältnis)²⁾ Nährstoffgehalt Haupternte- und Nebenernteprodukt bezogen auf das Haupternteprodukt

Basisdaten-Tabelle 1b: Nährstoffgehalte von Zweitfrüchten und Zwischenfrüchten
(Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO			
Zweitfrucht (2. Hauptfrucht)									
Weidelgras (inkl. Legum. bis 30 % Anteil)	Ganzpflanze	20	0,53	0,16	0,72	0,08		250	
Kleegras, Gemenge (30 - 70 % Leguminosen)	Ganzpflanze	20	0,58	0,14	0,65	0,09		250	0,33
Kleegras , Gemenge (> 70 % Leguminosen)	Ganzpflanze	20	0,65	0,13	0,65	0,10		250	0,65
GPS Getreide, GPS Hirse	Ganzpflanze	30	0,48	0,20	0,40	0,09		250	
Sonstige GPS, Hanf	Ganzpflanze	20	0,32	0,13	0,27	0,06		200	
Druschfrucht (≤ 50 % Leguminosen)	Korn	86	2,33	0,65	0,50	0,30		25	
Küchenkräuter (Dill, Kerbel, Koriander, Blatt- Petersilie für Verarbeitung)	Kraut	9,2	0,40	0,092	0,71	0,04		140	
Zwischenfrucht									
Zwischenfrucht mit 0 - 25 % Leguminosen	Ganzpflanze	16	0,46	0,14	0,50	0,05		150	
Zwischenfrucht mit 25 - 75 % Leguminosen	Ganzpflanze	16	0,46	0,14	0,50	0,05		150	0,19
Zwischenfrucht mit > 75 % Leguminosen	Ganzpflanze	16	0,46	0,14	0,50	0,05		150	0,38

Basisdaten-Tabelle 1c: Nährstoffgehalte von Gemüse (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO			
Blumenkohl	Kopf	7	0,28	0,103	0,36	0,02		350	
Brokkoli	Kopf	9	0,45	0,149	0,46	0,03		150	
Buschbohnen	Hülse + Korn	8	0,25	0,092	0,30	0,04		120	0,2
Chinakohl	Kopf	6	0,15	0,092	0,30	0,02		700	
Grünkohl	Blatt	15	0,49	0,163	0,59	0,04		400	
Gurke, Einlege-	Frucht	4	0,15	0,069	0,24	0,02		800	
Knollenfenchel	Knolle	7	0,20	0,069	0,48	0,03		400	
Kopfsalat	Kopf	5	0,18	0,069	0,36	0,03		500	
Kürbis, Hokaido	Frucht	12	0,25	0,206	0,55	0,08		300	
Kürbis, Öl-, lagertrock. Kerne	Kerne	10	3,00	2,900	3,00	1,40		7	
Kürbis, Speise-	Frucht	12	0,25	0,206	0,55	0,08		400	
Melone, Wasser-	Frucht	10	0,10	0,020	0,13	0,02		500	
Melone, Zucker-, Honig-	Frucht	10	0,15	0,054	0,37	0,02		500	
Möhren, Industrie-	Wurzel	10	0,13	0,080	0,42	0,03		900	
Möhren, Wasch-	Wurzel	10	0,13	0,080	0,42	0,03		700	
Pastinake	Wurzel	22	0,25	0,236	0,60	0,05		400	
Petersilie, Wurzel-	Wurzel	15	0,42	0,137	0,84	0,09		400	
Porree	Stange	11	0,25	0,080	0,36	0,03		600	
Radies	Knolle mit Laub	6	0,20	0,069	0,34	0,03		300	
Rosenkohl, nur Röschen	Röschen	15	0,65	0,195	0,66	0,04		250	
Rote Rüben	Rübe mit Blatt	15	0,28	0,115	0,48	0,05		600	
Rotkohl	Kopf	10	0,22	0,080	0,36	0,03		600	
Sellerie, Knollen-	Knolle mit Laub	10	0,25	0,149	0,54	0,03		650	
Sellerie, Stangen-	Stange	12	0,25	0,115	0,54	0,03		500	
Spargel 1. Standjahr	Stange	10	0,26	0,082	0,24	0,02		0	
Spargel 2. Standjahr	Stange	10	0,26	0,082	0,24	0,02		20	
Spargel 3. Standjahr	Stange	10	0,26	0,082	0,24	0,02		80	
Spargel ab 4. Standjahr	Stange	10	0,26	0,082	0,24	0,02		100	
Weißkohl, Frischmarkt-	Kopf	9	0,20	0,073	0,31	0,03		700	
Weißkohl, Industrie-	Kopf	9	0,20	0,073	0,31	0,03		1000	
Wirsing	Kopf	10	0,35	0,115	0,39	0,03		400	
Zucchini	Frucht	5	0,16	0,060	0,20	0,03		650	
Zuckermais	Kolben	22	0,35	0,160	0,26	0,06		200	
Zwiebel, Bund-	Zwiebel mit Laub	10	0,20	0,060	0,24	0,03		680	
Zwiebeln Säschalotten	Zwiebel	20	0,25	0,131	0,32	0,04		400	
Zwiebel, Trocken-	Zwiebel	14	0,18	0,080	0,24	0,03		600	

Quelle: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)

Basisdaten-Tabelle 1d: Nährstoffgehalte von Heil- und Gewürzpflanzen (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM	HNV ¹⁾ 1:x	EV ²⁾ Faktor FM/Droge
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Anis	Samen	2,65	1,15	1,55	0,38	13		9,8	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	0,30	0,21	1,05	0,08	127			1,5
Arzneifenchel	Samen	2,78	1,26	2,58	0,43	25		6,0	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	0,39	0,16	1,15	0,10	150			1,5
Bibernelle, Kleine	Wurzeln	0,35	0,17	0,51	0,06	70		3,6	5
	Krauternterückstände	0,45	0,21	0,85	0,09	250			5
Dill, Frischmarkt	Kraut	0,300	0,092	0,71	0,04	200			10
Dill, Industrieware	Kraut b. Knospenansatz	0,300	0,092	0,71	0,04	250			10
Gartenkresse	Kraut	0,53	0,26	0,75	0,05	150			10
Kümmel, einjährig	Samen	2,65	1,15	1,55	0,38	20		7,5	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	0,23	0,21	1,05	0,08	150			1
Kümmel, zweijährig, ohne Ernte		2,65	1,15	0,55	0,38	0			
Kümmel, zweijährig, Erntejahr	Samen	2,65	1,15	1,55	0,38	23		7,4	
	Stroh, Samenernterückst.	0,23	0,21	1,05	0,08	170			1,5
Meerrettich	Wurzeln	0,69	0,22	0,72	0,07	200		1,3	5
	Krauternterückstände	0,38	0,10	0,64	0,06	260			5
Mohn	Samen und Kapseln	1,59	0,95	1,63	0,52	25		1,4	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	0,52	0,68	2,41	0,53	35			1,5
Petersilie, Blatt-, bis 1. Schnitt	Blätter bis 1. Schnitt	0,45	0,115	0,53	0,06	240			10
Petersilie, Blatt-, nach 1. Schnitt	Blätter nach 1. Schnitt	0,45	0,115	0,53	0,06	160			10
Petersilie, Blatt-, Verarbeitung, alle Schnitte	Blätter mit Stängel	0,49	0,13	1,08	0,08	500			10
Senf, Brauner	Samen	3,05	1,53	0,67	0,34	9		1,4	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	1,35	0,37	1,32	0,23	13			1
Senf, Gelber/Weißer	Samen	5,00	1,77	0,93	0,30	15		4,0	1,5
	Stroh, Samenernterückst.	0,70	0,40	2,50	0,15	60			5

Quelle: LfL-Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, IPZ 3d Kulturpflanzenvielfalt, Arznei- und Gewürzpflanzen, pflanzengenetische Ressourcen

¹⁾ Haupternteprodukt-Nebenernteprodukt-Verhältnis (z. B. Kraut-Wurzel-Verhältnis), das Haupternteprodukt steht in der Tabelle über dem Nebenernteprodukt

²⁾ EV = Eintrocknungsverhältnis Frischmasse: Drogenmasse (Quelle: EUROPAM)

Basisdaten-Tabelle 1e: Nährstoffgehalte von mehrschnittigem Feldfutterbau und mehrjährigen Energiepflanzen (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM	HNV ¹⁾ 1:x
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Mehrschnittiger Feldfutterbau										
Esparsette	Ganzpflanze	20	0,47	0,14	0,65	0,07	20,3	200	0,47	
Ackergras	Ganzpflanze	20	0,53	0,16	0,72	0,08	16,6	600		
Kleegras (Kleeanteil 30 %)	Ganzpflanze	20	0,56	0,15	0,67	0,08	17,6	550	0,20	
Kleegras (Kleeanteil 50 %)	Ganzpflanze	20	0,58	0,14	0,65	0,09	18,2	500	0,33	
Kleegras (Kleeanteil 70 %)	Ganzpflanze	20	0,61	0,14	0,65	0,09	19,2	500	0,46	
Luzernegras (Luz.anteil 30 %)	Ganzpflanze	20	0,56	0,15	0,65	0,08	17,6	500	0,20	
Luzernegras (Luz.anteil 50 %)	Ganzpflanze	20	0,58	0,15	0,65	0,09	18,2	500	0,33	
Luzernegras (Luz.anteil 70 %)	Ganzpflanze	20	0,61	0,14	0,65	0,09	19,2	500	0,46	
Rotklee (20 % TM)	Ganzpflanze	20	0,65	0,13	0,65	0,10	20,5	450	0,65	
Luzerne (20 % TM)	Ganzpflanze	20	0,65	0,14	0,65	0,09	20,5	500	0,65	
Energiepflanzen										
Silphie (Hauptfrucht im Ansaatjahr)	Ganzpflanze	25	0,25	0,12	0,57	0,16		0		
Silphie (ab 2. Standjahr)	Ganzpflanze	25	0,25	0,12	0,57	0,16		450		
Sida (Virginiamalve)	Ganzpflanze	28	0,29	0,10	0,41	0,09		200		
Igniscum	Ganzpflanze	28	0,31	0,11	0,41	0,11		550		
Riesenweizengras (Szarvasi)	Ganzpflanze	28	0,33	0,11	0,53	0,04		500		
Chinaschilf (Miscanthus)	Ganzpflanze	80	0,15	0,12	0,42	0,06		250		
Switchgras	Ganzpflanze	28	0,31	0,09	0,49	0,09		350		
Rohrglanzgras	Ganzpflanze	28	0,41	0,15	0,73	0,05		400		

Basisdaten-Tabelle 2: Nährstoffgehalte und Stickstoffbedarfswerte von Grünland (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	TM	Nährstoffgehalt					Roh-	Ø	Stickstoff-	Ertrags-	je Ertragsdifferenz	
	in	kg/dt Trockenmasse					protein	Ertrag	bedarfs	-differenz	Zuschlag	Abschlag
	%	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	% in TM	dt/ha TM	in kg N/ha	in dt/ha	in kg N/ha	in kg N/ha
Grünland												
Streuwiese	100	1,28	0,46	1,81	0,33	0,13	8,0	35	45	1	1,28	1,28
Almen/Alpen	100	2,24	0,73	2,77	0,40	0,22	14,0	40	90	1	2,24	2,24
Grünland extensiv ¹⁾	100	1,82	0,65	2,50	0,40	0,18	11,4	40	73	1	1,82	1,82
Grünland ²⁾	100	2,56	0,81	3,28	0,45	0,26	16,0	80	205	1	2,56	2,56
sonstiges												
Stilllegung Grünland (Nicht-LF nach DüV)	100							0	0	1	0	0

¹⁾ **Grünland extensiv:** 1 - 2 Schnittnutzungen pro Jahr, extensive Weiden und Mähweiden

²⁾ **Grünland:** mindestens 3 Schnittnutzungen pro Jahr, mittel bis intensiv genutzte Weiden und Mähweiden

Die für die Düngbedarfsermittlung notwendige N-Fixierung durch Leguminosen im Grünland findet sich in Basisdaten-Tabelle 9f.

Basisdaten-Tabelle 3: Nährstoffgehalte verschiedener Mineraldünger (Stand: Dezember 2021)

Mineraldünger	Nährstoffgehalt kg/dt						Kalkwirkung je 100 kg Dünger *
	N _{gesamt}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	
AHL 25/6	25 (32,8)**	9(11,8)**				6 (7,9)**	-35
AHL 28	28 (36)**	7 (9)**					-28
ALZON® neo-N	46						-46
Ammoniumsulfat (SSA)	21	21				24	-63
Ammoniumsulfatlösung (ASL)	8 (10)**	8 (10)**				9 (11,3)**	-24
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	26	19				13	-49
Carbokalk	0,3 (0,1)		1,4 (1,3)	0,1	1,7 (1)	0,2 (0,3)	27 (28)
Dolophos 15			15		7		30
Dolophos 26			26		3		10
Harnstoff + Ureaseinhibitor	46						-46
Harnstoff + S	33	10,4				12	-54
Kalkammonsalpeter	27	13,5					-15
KAS + S	24	12				6	-21
Kalkstickstoff	19,8						30
Kieserit					25	20	0
Korn-Kali				40	6	5	0
Magnesia-Kainit				9	4	3,6	0
NP 19+17	19	12,5	17,4		4	6	-31
NP 20+20	20	11,5	20			3	-18
NPK 12+12+17 chloridarm	12	7	12	17	2	6	-13
NPK 12+12+17 S/Cl	12	7	12	17	3,5	5,4	-15
NPK 14+10+20	14	8,5	10	20		4	-14
NPK 15+13+13	15	10,2	13	13		5	-12
NPK 15+15+15+S	15	9	15	15		2	-14
NPK 15+5+18+9S chloridarm	15	9	5	18	2,5	9,6	-18
NPK 15+5+18 chloridarm	15	8,6	5	18	2	10	-15
NPK 20+10+8+4S	20	12,2	10	8		4,8	-28
NPK 20+10+10	20	11,2	10	10		3	-21
NPK 23+5+5	23	13	5	5		6	-23
NPK 23+8+5	23	13	8	5	2	4	-30
NPK 24+8+8	24	11	8	8			-18
NPK 7+9+17	7	7	9	17	2	10	-7
Patentkali / Kalimagnesia				30	10	17	0
PK 7+21 (+ 5 MgO + 9 S)			7	21	5	9	0
PK 8+15 (+ 6 MgO + 10 S)			8	15	6	10	0
PK 10+15 (+ 5 MgO + 10 S)			10	15	5	10	0
PK 10+25 (+ 4 MgO + 7 S)			10	25	4	7	0
PK 11+22 (+ 4 MgO + 8 S)			11	22	4	7	0
PK 12+19 (+ 4 MgO + 8 S)			12	19	4	8	0
PK 12+24 (+ 2 MgO + 7 S)			12	24	2	7	0
PK 14+14 (+ 4 MgO + 9 S)			14	14	4	9	0
PK 14+20 (+6 S)			14	20		6	0
PK 16+12 (+ 2 MgO + 9 S)			16	12	2	9	0
PK 16+16 (+ 2 MgO + 8 S)			16	16	2	8	0
PK 20+30			20	30			3
Polysulfat Premium				13	5,6	18	0
PotashpluS				37	2,8	9	0
Schwarzkalk	0,8						37
Stickstoffmagnesia	22	11			7		-4
Superphosphat			18 (-22)			(10-)12	0
Triple-Superphosphat			45				-3
Weicherdiges Rohphosphat			26				31

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

** je 100 Liter

Basisdaten-Tabelle 4a: Jährliche Nährstoffausscheidung und Grobfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Dezember 2021)

Produktionsverfahren	Nährstoffausscheidung in kg (DüV) je mittlerer Jahresbestand ²⁾				Grobfutteraufnahme in kg je mittlerer Jahresbestand ²⁾			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Rinder								
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	21,81	7,40	22,24	5,56	17,54	5,79	19,94	2,99
Kälbermast bis 250 kg, MAT-Fütterung, 2,1 Umtriebe/Jahr	13,56	6,78	12,48	3,12	0,63	0,42	0,67	0,11
Fresseraufzucht (80-210 kg), Standardfutter	19,56	6,73	11,90	2,98	7,47	2,87	5,62	1,05
Fresseraufzucht (80-210 kg), N-/P-reduziert	18,19	5,61	11,41	2,85	7,47	2,87	5,62	1,05
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	37,50	14,50	31,25	7,82	20,00	8,00	22,00	3,30
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (Mast)	54,50	20,50	45,50	11,38	28,50	11,50	31,50	4,73
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	64,00	21,90	76,90	19,23	62,00	19,40	73,40	11,01
Ackerbetrieb ¹⁾, Stallhaltung								
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	37,00	11,50	45,30	11,33	35,00	11,60	43,30	6,50
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	56,00	18,80	68,00	17,00	53,00	17,40	64,40	9,66
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	64,00	21,90	76,90	19,23	62,00	19,40	73,40	11,01
Milchkuh (6000 kg Milch)	100,00	36,00	104,00	26,00	77,00	27,00	93,00	13,95
Milchkuh (8000 kg Milch)	115,00	42,00	116,00	29,00	84,00	29,00	101,00	15,15
Milchkuh (10000 kg Milch)	133,00	46,97	125,00	31,25	89,00	31,00	107,00	16,05
Milchkuh (12000 kg Milch)	152,00	52,00	135,00	33,75	94,00	32,00	112,00	16,80
Grünlandbetrieb ¹⁾, konventionell								
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	46,20	13,50	56,00	14,00	47,10	13,60	55,30	8,30
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	70,70	20,20	90,70	22,68	71,60	21,40	86,00	12,90
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	82,50	22,30	96,50	24,13	84,40	24,40	98,90	14,84
Milchkuh (6000 kg Milch)	109,00	37,00	129,00	32,25	98,00	31,00	121,00	18,15
Milchkuh (8000 kg Milch)	124,00	43,00	134,00	33,50	98,00	31,00	120,00	18,00
Milchkuh (10000 kg Milch)	141,00	48,00	143,00	35,75	101,00	33,00	124,00	18,60
Mutterkuh 700 kg, mit Nachzucht bis 6 Mon., 230 kg Absetzgewicht	105,00	31,00	129,00	32,25	108,00	32,00	128,00	19,20
Schweine								
Zucht								
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	27,30	12,60	12,77	4,47				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	24,10	11,20	11,58	4,05				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	23,10	10,30	11,58	4,05				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	27,50	12,80	13,13	4,60				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	24,20	11,20	11,82	4,14				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	23,20	10,30	11,82	4,14				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, Standard	41,10	17,90	21,09	7,38				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	36,80	16,00	19,52	6,83				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	35,00	14,70	19,52	6,83				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, Standard	42,90	18,60	21,33	7,47				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	38,40	16,70	20,73	7,26				
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	36,60	15,10	20,73	7,26				
Aufzucht								
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, Standard	4,46	1,64	2,73	0,96				
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, N-/P-red.	4,19	1,61	2,61	0,91				
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, stark N-/P-red.	3,94	1,46	2,61	0,91				

Basisdaten-Tabelle 4a: Jährliche Nährstoffausscheidung und Grobfutteraufnahme verschiedener Tierarten in kg pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Dezember 2021)

Fortsetzung

Produktionsverfahren	Nährstoffausscheidung in kg (DüV) je mittlerer Jahresbestand ²⁾				Grobfutteraufnahme in kg je mittlerer Jahresbestand ²⁾			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Mast								
Mastschweine (750 g TZ), Standard	14,06	5,96	7,00	2,45				
Mastschweine (750 g TZ), N-/P-red.	13,44	5,06	6,77	2,37				
Mastschweine (750 g TZ), stark N-/P-red.	12,08	4,81	6,57	2,30				
Mastschweine (850 g TZ), Standard	15,41	6,28	7,53	2,64				
Mastschweine (850 g TZ), N-/P-red.	14,78	5,56	7,27	2,54				
Mastschweine (850 g TZ), stark N-/P-red.	13,39	4,95	7,06	2,47				
Zuchteber	22,10	9,62	8,80	3,08				
Geflügel								
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, Standard	0,81	0,42	0,40	0,16				
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, N-/P-red.	0,78	0,37	0,40	0,16				
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., Standard	0,29	0,19	0,17	0,07				
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., N-/P-red.	0,27	0,16	0,16	0,06				
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., Standard	0,52	0,25	0,28	0,11				
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., N-/P-red.	0,48	0,23	0,28	0,11				
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., Standard	2,42	1,37	1,17	0,47				
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., N-/P-red.	2,25	1,06	1,11	0,44				
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., Standard	1,72	0,94	0,96	0,38				
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., N-/P-red.	1,62	0,66	0,92	0,37				
Gänse Spätmast/Weidemast	1,87	0,58	1,79	0,72				
Pekingenten, 3,0 kg Zuw., 6,5 Durchgänge	0,71	0,40	0,38	0,15				
Flugenten (w:m=1:1), 4 Durchgänge	0,63	0,40	0,31	0,12				
Strauß bis ein Jahr	12,35	7,90	9,20	3,68				
Strauß über ein Jahr	24,70	15,80	18,40	7,36				
Emu, Nandu bis ein Jahr	3,70	2,35	2,75	1,10				
Emu, Nandu über ein Jahr	7,40	4,70	5,50	2,20				
Sonstige								
Lämmer, Schafe bis ein Jahr, konventionell, Zwergschafe, Zwergziegen	6,78	2,18	7,42	1,86	6,18	1,94	7,54	1,04
Mutterschafe (ohne Lamm), andere Schafe, konventionell	14,17	4,29	15,50	3,88	12,80	3,56	14,30	1,80
Mutterschaf mit Nachzucht (1,5 Lämmer), 40 kg Zuw., konvent.	20,10	6,19	22,00	5,50	18,20	5,26	20,90	2,72
Mutterziegen (1,5 Lämmer), 800 kg Milch; andere Ziegen	15,20	5,73	18,00	4,50	11,70	3,81	14,84	1,99
Ponys, Esel, Pferde bis ein Jahr, 300 kg LM, Stall-/Weidehaltung	33,40	15,35	50,97	12,74				
Pferde über ein Jahr, 500-600 kg LM, Stall-/Weidehaltung	53,60	23,37	67,00	16,75				
Kaninchen mit Nachzucht bis 3 kg (Häsin + 52 Jungtiere je Jahr)	9,70	5,40	8,30	2,08				
Damwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)	21,60	6,19	24,00	4,80	21,30	6,10	16,50	2,50
Damwild Alttier (männlich/weiblich)	15,83	4,50	17,60	3,52	15,10	4,80	18,00	2,70
Rotwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)	31,00	9,90	36,90	7,38	31,00	9,90	36,90	4,10
Rotwild Alttier (männlich/weiblich)	22,70	7,20	27,00	5,40	22,70	7,20	27,00	
Lama 135 kg, mit Nachzucht	22,70	7,20	27,00	5,40	22,70	7,20	27,00	4,10
Alpaka 65 kg, mit Nachzucht	11,35	3,60	13,50	2,70	11,35	3,60	4,95	2,05

Basisdaten-Tabelle 4b: Jährlicher Gülle- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in m³ pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Dezember 2021)

Produktionsverfahren	Großvieheinheit je mittleren Jahresbestand ²⁾ (DüV)	Gülleanfall ³⁾ in m ³ je mittleren Jahresbestand ²⁾ (DüV)	Jaucheanfall ⁴⁾ in m ³ je mittleren Jahresbestand ²⁾ hoch (DüV)
Rinder			
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	0,20	4,08	1,28
Kälbermast bis 250 kg, MAT-Fütterung, 2,1 Umtriebe/Jahr	0,25	2,61	0,63
Fresseraufzucht (80-210 kg), Standardfutter	0,20	4,00	0,62
Fresseraufzucht (80-210 kg), N-/P-reduziert	0,20	4,00	0,62
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	0,40	7,10	2,70
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (Mast)	1,00	9,90	3,90
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	1,00	13,10	3,40
Ackerbetrieb ¹⁾, Stallhaltung			
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	0,40	7,60	2,00
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	0,70	11,50	3,00
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	1,00	13,10	3,40
Milchkuh (6000 kg Milch)	1,00	19,00	6,00
Milchkuh (8000 kg Milch)	1,00	20,00	6,40
Milchkuh (10000 kg Milch)	1,00	21,00	6,80
Milchkuh (12000 kg Milch)	1,00	22,00	7,20
Grünlandbetrieb ¹⁾, konventionell			
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	0,40	7,60	2,00
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	0,70	11,50	3,00
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	1,00	13,10	3,40
Milchkuh (6000 kg Milch)	1,00	19,00	6,00
Milchkuh (8000 kg Milch)	1,00	20,00	6,40
Milchkuh (10000 kg Milch)	1,00	21,00	6,80
Mutterkuh 700 kg, mit Nachzucht bis 6 Mon., 230 kg Absetzgewicht	1,10	20,00	6,00
Schweine			
Zucht			
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	0,32	4,20	1,30
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	0,32	4,20	1,30
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	0,32	4,20	1,30
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	0,32	4,40	1,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	0,32	4,40	1,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	0,32	4,40	1,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, Standard	0,40	6,50	2,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	0,40	6,50	2,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	0,40	6,50	2,40
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, Standard	0,42	7,00	2,60
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	0,42	7,00	2,60
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	0,42	7,00	2,60
Aufzucht			
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, Standard	0,03	0,70	0,35
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, N-/P-red.	0,03	0,70	0,35
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, stark N-/P-red.	0,03	0,70	0,35

Basisdaten-Tabelle 4b: Jährlicher Gülle- und Jaucheanfall verschiedener Tierarten in m³ pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Dezember 2021)

Fortsetzung

Produktionsverfahren	Großvieheinheit je mittleren Jahresbestand ²⁾ (DüV)	Gülleanfall ³⁾ in m ³ je mittleren Jahresbestand ²⁾ (DüV)	Jaucheanfall ⁴⁾ in m ³ je mittleren Jahresbestand ²⁾ hoch (DüV)
Mast			
Mastschweine (750 g TZ), Standard	0,14	1,85	0,74
Mastschweine (750 g TZ), N-/P-red.	0,14	1,85	0,74
Mastschweine (750 g TZ), stark N-/P-red.	0,14	1,85	0,74
Mastschweine (850 g TZ), Standard	0,14	1,89	0,76
Mastschweine (850 g TZ), N-/P-red.	0,14	1,89	0,76
Mastschweine (850 g TZ), stark N-/P-red.	0,14	1,89	0,76
Zuchteber	0,30	3,60	1,50
Geflügel			
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, Standard	0,004		0
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, N-/P-red.	0,004		0
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., Standard	0,004		0
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., N-/P-red.	0,004		0
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., Standard	0,004		0
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., N-/P-red.	0,004		0
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., Standard	0,004		0
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., N-/P-red.	0,004		0
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., Standard	0,004		0
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., N-/P-red.	0,004		0
Gänse Spätmast/Weidemast	0,004		0
Pekingenten, 3,0 kg Zuw., 6,5 Durchgänge	0,004		0
Flugenten (w:m=1:1), 4 Durchgänge	0,004		0
Strauß bis ein Jahr	0,100		0
Strauß über ein Jahr	0,200		0
Emu, Nandu bis ein Jahr	0,020		0
Emu, Nandu über ein Jahr	0,040		0
Sonstige			
Lämmer, Schafe bis ein Jahr, konventionell, Zwergschafe, Zwergziegen	0,066		0
Mutterschafe (ohne Lamm), andere Schafe, konventionell	0,10		0
Mutterschaf mit Nachzucht (1,5 Lämmer), 40 kg Zuw., konvent.	0,16		0
Mutterziegen (1,5 Lämmer), 800 kg Milch; andere Ziegen	0,12		0
Ponys, Esel, Pferde bis ein Jahr, 300 kg LM, Stall-/Weidehaltung	0,70		0
Pferde über ein Jahr, 500-600 kg LM, Stall-/Weidehaltung	1,10		0
Kaninchen mit Nachzucht bis 3 kg (Häsin + 52 Jungtiere je Jahr)	0,032	0,90	0
Damwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)	0,23		0
Damwild Alttier (männlich/weiblich)	0,15		0
Rotwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)	0,45		0
Rotwild Alttier (männlich/weiblich)	0,30		0
Lama 135 kg, mit Nachzucht	0,28		0
Alpaka 65 kg, mit Nachzucht	0,14		0

Basisdaten-Tabelle 4c: Tägliche Einstreumenge und jährlicher Festmistanfall verschiedener Tierarten in t pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Juni 2022)

Produktionsverfahren	Einstreumenge in kg und Tag (DüV) je mittl. Jahresbestand ²⁾		Festmistanfall in t und Jahr (DüV) ⁵⁾ je mittl. Jahresbestand ²⁾		
	gering	hoch	gering	mittel	hoch
Rinder					
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	0,72	2,20	3,15	3,88	4,88
Kälbermast bis 250 kg, MAT-Fütterung, 2,1 Umtriebe/Jahr	0,47	2,75	1,96	2,84	3,61
Fresseraufzucht (80-210 kg), Standardfutter	0,45	2,20	3,74	4,13	4,80
Fresseraufzucht (80-210 kg), N-/P-reduziert	0,45	2,20	3,74	4,13	4,80
Männliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	0,72	4,40	4,50	6,63	8,71
Männliche Rinder über 1 Jahr bis zwei Jahre (Mast)	1,80	11,00	6,60	10,14	13,92
Männliche Rinder über 2 Jahre, Zuchtbullen	5,40	11,00	11,40	13,59	17,12
Ackerbetrieb ¹⁾, Stallhaltung					
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	2,16	4,40	6,30	7,48	9,21
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	3,78	7,70	10,00	11,53	14,31
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	5,40	11,00	11,40	13,59	17,12
Milchkuh (6000 kg Milch)	4,00	11,00	14,40	18,19	23,02
Milchkuh (8000 kg Milch)	4,00	11,00	15,00	18,99	24,02
Milchkuh (10000 kg Milch)	5,00	11,00	16,00	19,79	25,02
Milchkuh (12000 kg Milch)	6,00	12,00	17,00	20,96	26,38
Grünlandbetrieb ¹⁾, konventionell					
Weibliche Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	2,16	4,40	6,30	7,48	9,21
Weibliche Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	3,78	7,70	10,00	11,53	14,31
Andere weibliche Rinder über 2 Jahre	5,40	11,00	11,40	13,59	17,12
Milchkuh (6000 kg Milch)	4,00	11,00	14,40	18,19	23,02
Milchkuh (8000 kg Milch)	4,00	11,00	15,00	18,99	24,02
Milchkuh (10000 kg Milch)	5,00	11,00	16,00	19,79	25,02
Mutterkuh 700 kg, mit Nachzucht bis 6 Mon., 230 kg Absetzgewicht	5,00	11,00	15,80	19,41	24,42
Schweine					
Zucht					
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	2,00	3,52	3,60	4,48	5,48
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	2,00	3,52	3,60	4,48	5,48
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	2,00	3,52	3,60	4,48	5,48
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, Standard ⁶⁾	2,00	3,52	3,70	4,63	5,68
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, N-/P-red. ⁶⁾	2,00	3,52	3,70	4,63	5,68
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 8 kg, stark N-/P-red. ⁶⁾	2,00	3,52	3,70	4,63	5,68
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, Standard	3,00	4,40	5,20	6,47	8,11
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	3,00	4,40	5,20	6,47	8,11
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 25 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	3,00	4,40	5,20	6,47	8,11
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, Standard	3,00	4,62	5,50	6,93	8,69
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, N-/P-red.	3,00	4,62	5,50	6,93	8,69
Zuchtsauen (ab Belegen) mit 28 Ferkel bis 28 kg, stark N-/P-red.	3,00	4,62	5,50	6,93	8,69
Aufzucht					
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, Standard	0,23	0,33	0,43	0,61	0,82
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, N-/P-red.	0,23	0,33	0,43	0,61	0,82
Ferkel von 8 bis 28 kg, 450 g TZ, stark N-/P-red.	0,23	0,33	0,43	0,61	0,82

Basisdaten-Tabelle 4c: Tägliche Einstreumenge und jährlicher Festmistanfall verschiedener Tierarten in t pro mittlerem Jahresbestand in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung (Stand: Juni 2022)

Fortsetzung

Produktionsverfahren	Einstreumenge in kg und Tag (DüV) je mittl. Jahresbestand ²⁾		Festmistanfall in t und Jahr (DüV) ⁵⁾ je mittl. Jahresbestand ²⁾		
	gering	hoch	gering	mittel	hoch
Mast					
Mastschweine (750 g TZ), Standard	0,62	1,54	1,33	1,79	2,41
Mastschweine (750 g TZ), N-/P-red.	0,62	1,54	1,33	1,79	2,41
Mastschweine (750 g TZ), stark N-/P-red.	0,62	1,54	1,33	1,79	2,41
Mastschweine (850 g TZ), Standard	0,63	1,54	1,36	1,82	2,45
Mastschweine (850 g TZ), N-/P-red.	0,63	1,54	1,36	1,82	2,45
Mastschweine (850 g TZ), stark N-/P-red.	0,63	1,54	1,36	1,82	2,45
Zuchteber	1,00	3,30	2,46	3,51	4,80
Geflügel					
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, Standard		0,0036			0,0234
Legehennen über 16 Wochen, 17,6 kg Eimasse, N-/P-red.		0,0035			0,0234
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., Standard		0,0020			0,0074
Junghennen bis 16 Wochen, 3,5 kg Zuw., N-/P-red.		0,0020			0,0074
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., Standard		0,0019			0,0148
Masthähnchen 34-38 Tage, 2,3 kg Zuw., N-/P-red.		0,0019			0,0148
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., Standard		0,0217			0,0547
Putenhähne bis 21 Wochen Mast, 22,1 kg Zuw., N-/P-red.		0,0217			0,0547
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., Standard		0,0174			0,0609
Putenhennen 16 Wochen Mast, 10,9 kg Zuw., N-/P-red.		0,0174			0,0609
Gänse Spätmast/Weidemast		0,0533			0,1053
Pekingenten, 3,0 kg Zuw., 6,5 Durchgänge		0,0064			0,0674
Flugenten (w:m=1:1), 4 Durchgänge		0,0060			0,0500
Strauß bis ein Jahr		0,0420			0,0822
Strauß über ein Jahr		0,0840			0,1644
Emu, Nandu bis ein Jahr		0,0190			0,0329
Emu, Nandu über ein Jahr		0,0380			0,0658
Sonstige					
Lämmer, Schafe bis ein Jahr, konventionell, Zwergschafe, Zwergziegen		0,20			0,38
Mutterschafe (ohne Lamm), andere Schafe, konventionell		0,40			0,73
Mutterschaf mit Nachzucht (1,5 Lämmer), 40 kg Zuw., konvent.		0,60			1,10
Mutterziegen (1,5 Lämmer), 800 kg Milch; andere Ziegen		0,60			1,00
Ponys, Esel, Pferde bis ein Jahr, 300 kg LM, Stall-/Weidehaltung		4,00			6,80
Pferde über ein Jahr, 500-600 kg LM, Stall-/Weidehaltung		6,00			11,20
Kaninchen mit Nachzucht bis 3 kg (Häsin + 52 Jungtiere je Jahr)		0,320			1,22
Damwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)					
Damwild Alttier (männlich/weiblich)					
Rotwild mit Nachzucht (inkl. Jährling und Kalb)					
Rotwild Alttier (männlich/weiblich)					
Lama 135 kg, mit Nachzucht		2,00			3,40
Alpaka 65 kg, mit Nachzucht		1,00			1,70

Fußnoten zu den Basisdaten-Tabelle 4a, 4b und 4c:

1) Einordnung Milchviehbetrieb:

In EDV-Programmen wird ein Grünlandanteil von über 85 % der LF als Grünlandbetrieb, ein Grünlandanteil unter 65 % wird als Ackerbetrieb bewertet. Die Nährstoffausscheidungen von Betrieben mit einem Grünlandanteil von 65 % bis 85 % wird linear berechnet.

Bei einer handschriftlichen Berechnung wird ein Grünlandanteil über 75 % der LF als Grünlandbetrieb und ein Grünlandanteil bis 75 % der LF als Ackerbetrieb bewertet.

Bei einer abweichenden Milchleistung sind die Werte linear anzupassen.

2) Berechnung des mittleren Jahresbestands:

Bei Tieren, die nur einen Teil eines Jahres gehalten werden, berechnet sich der mittlere Jahresbestand wie folgt:

$$\text{Mittlerer Jahresbestand} = \frac{\text{Anzahl Tiere} \times \text{Haltungsdauer in Tagen}}{365 \text{ Tage}}$$

Haltungsdauer ist die Anzahl der Tage, in denen die Tiere im Betrieb/Stall sind (ohne Wasch- und Leertage im Stall).

Beispiel:

$$(250 \text{ Mastschweine} \times 129 \text{ Tage} + 250 \text{ Mastschweine} \times 130 \text{ Tage} + 277 \text{ Mastschweine} \times 79 \text{ Tage}) \div 365 \text{ Tage} = 236 \text{ Mastschweine im Jahresdurchschnitt}$$

3) Werte nach DüV Anlage 9, Tabelle 1: Mindestanforderung zur Berechnung des Güllelagerraumes

4) Die Jauchemenge basiert auf niedrigen Einstreuungen. Bei mittlerer Einstreuenge (6 - 8 kg/GV und Tag) ist der angegebene Jaucheanfall zu halbieren, bei hoher Einstreuenge (i.d.R. > 11 kg/GV und Tag) fällt keine Jauche an.

5) Der Festmistanfall ist je nach Einstreuenge in gering, mittel oder hoch angegeben. Zur Berechnung des Lagerraums muss beim Jaucheanfall bzw. Festmistanfall mit der gleichen Einstreuenge gerechnet werden (siehe Fußzeile 4).

Bei Geflügel und sonstige Tiere weist die DüV nur eine hohe Stallmistmenge aus.

6) Die Werte gelten auch für Warte-/Abferkelbetriebe und Deckbetriebe im arbeitsteiligen System.

7) Die Zahlen für stark N-, P-reduzierte Fütterung in der Schweinehaltung können nur verwendet werden, wenn die Fütterung über die Berechnung einer Stallbilanz nachgewiesen ist.

Basisdaten-Tabelle 5a: Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, nach Berücksichtigung der anrechenbaren Stall- und Lagerverluste (Stand: Dezember 2021)

Organischer Dünger mit Code-Nr.	Einheit	Nährstoffgehalt ¹⁾ in kg/t bzw. m³ Frischmasse					Mindestwirksamkeit ²⁾ N _{gesamt} in %	
		N _{gesamt}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Acker	Grünland
Rind								
11 Milchviehgülle (Grünland, 6 % TM)	m³	3,3	1,65	1,4	4,2	1,1	60	50
12 Milchviehgülle (Grünland, 7,5 % TM)	m³	4,1	2,05	1,7	5,3	1,3	60	50
14 Milchviehgülle (Acker, 6 % TM)	m³	3,1	1,55	1,4	3,7	0,9	60	50
15 Milchviehgülle (Acker, 7,5 % TM)	m³	3,9	1,95	1,7	4,7	1,2	60	50
16 Mastbullengülle (7,5 % TM)	m³	4,1	2,05	1,9	4,0	1,0	60	50
17 Rindermist, geringe Einstreu (18,5 % TM)	t	3,7	0,37	2,5	5,9	1,9	25	25
18 Rindermist, hohe Einstreu (23 % TM)	t	4,1	0,41	2,1	8,1	1,7	25	25
19 Rinderjauche (1,8 % TM)	m³	3,2	2,88	0,2	7,9	0,2	90	90
Schwein								
21 Mastschweinegülle (5 % TM), Standardfutter ⁴⁾	m³	5,7	3,42	3,0	3,5	1,3	70	60
22 Mastschweinegülle (5 % TM), N-/P-red. Fütterung	m³	5,5	3,30	2,6	3,4	1,2	70	60
23 Mastschweinegülle (5 % TM), stark N-/P-red. Fütterung	m³	5,0	3,00	2,4	3,3	1,2	70	60
24 Zuchtsauengülle (5 % TM), Standardfutter	m³	4,6	2,76	2,5	2,9	1,0	70	60
25 Zuchtsauengülle (5 % TM), N-/P-red. Fütterung ⁵⁾	m³	4,1	2,46	2,2	2,7	1,0	70	60
26 Zuchtsauengülle (5 % TM), stark N-/P-red. Fütterung	m³	3,9	2,34	2,1	2,7	1,0	70	60
27 Schweinemist (21 % TM), geringe Einstreu	t	6,0	0,60	4,3	6,2	2,0	30	30
29 Schweinemist (25 % TM), hohe Einstreu	t	5,2	0,52	2,9	7,0	1,5	30	30
28 Schweinejauche (1,8 % TM)	m³	3,3	2,97	0,2	3,1	0,2	90	90
Geflügel								
31 Hühnermist (50 % TM)	t	20,3	9,14	16,0	18,0	6,9	(30) 45	(30) 45
32 Hühnerkot (50 % TM)	t	22,1	9,95	17,5	18,9	7,5	60	60
33 Putenmist (50 % TM)	t	20,6	9,27	19,0	13,6	5,0	(30) 45	(30) 45
34 Masthähnchenmist (60 % TM)	t	19,7	8,87	15,7	19,7	7,5	(30) 45	(30) 45
35 Pekingenten- und Gänsemist (30 % TM)	t	6,5	2,93	6,0	6,2	2,3	(30) 45	(30) 45
36 Flugentenmist (30 % TM)	t	7,8	3,51	8,1	6,9	2,5	(30) 45	(30) 45
sonstige tierische Herkunft								
41 Pferdemist (30 % TM)	t	3,6	0,36	2,7	9,3	1,9	25	25
42 Schaf-, Lama-, Alpaka- und Ziegenmist (30 % TM)	t	5,9	0,59	3,1	11,3	2,6	25	25
43 Kaninchenmist (30 % TM)	t	5,6	0,56	5,7	9,2	2,1	30	30
Gärrückstand, Klärschlamm								
61 Biogasgärrest flüssig (7,5 % TM)	m³	6,0	3,60	3,0	5,0	1,5	60	(50) 60
62 Biogasgärrest fest (25 % TM)	t	6,0	2,40	5,0	5,0	1,5	(30) 40	(30) 40
66 Klärschlamm flüssig (5 % TM)	m³	1,8	0,18	1,6	0,2	0,5	30	30
68 Klärschlamm fest (50 % TM)	t	7,5	0,75	12,0	1,0	4,0	25	25
sonstige pflanzliche Herkunft								
71 Gerstenstroh (86 % TM)	t	5,0	0,00	3,0	17,0	1,0	0	0
72 Haferstroh (86 % TM)	t	5,0	0,00	3,0	17,0	2,0	0	0
73 Roggenstroh (86 % TM)	t	5,0	0,00	3,0	20,0	2,0	0	0
74 Weizenstroh (86 % TM)	t	5,0	0,00	3,0	14,0	2,0	0	0
75 Körnermaissstroh (86 % TM)	t	9,0	0,00	2,0	20,0	4,0	0	0
76 Streuwiese (86 % TM)	t	11,0	0,00	4,0	15,6	2,8	0	0
82 Kartoffelfruchtwasser (48 % TM)	t	22,0	0,00	12,0	80,0	7,0	50	50
83 Schlempe (Kartoffeln) (5 % TM)	m³	2,8	0,00	1,1	4,8	0,5	50	50
84 Traubentrester (40 % TM)	t	7,4	0,20	2,3	8,0	0,0	20	20

Die grau hinterlegten Zahlen sind Orientierungswerte; eine eigene Untersuchung bzw. Deklaration ist hier zwingend erforderlich!

Basisdaten-Tabelle 5a: Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, nach Berücksichtigung der anrechenbaren Stall- und Lagerverluste (Stand: Dezember 2021)

Fortsetzung

Organischer Dünger mit Code-Nr.	Einheit	Nährstoffgehalt ¹⁾ in kg/t bzw. m ³ Frischmasse					Mindestwirksamkeit ²⁾ N _{gesamt} in %	
		N _{gesamt}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Acker	Grünland
88 Pilzsubstrat/Champost (33 % TM)	t	8,6	0,30	4,0	9,0	3,7	10	10
90 Kompost BioAbfV (Grüngut) (60 % TM)	t	6,6	0,70	3,9	5,1	8,2	(3) 11	(3) 11
91 Kompost BioAbfV(Bioabfall) (60 % TM)	t	8,5	0,90	5,4	7,9	10,0	(5) 11	(5) 11
95 Heil- und Gewürzpflanzenstiele, frisch (15 % TM)	t	2,3	0,00	1,3	9,2	0,6	10	10
96 Rebenhäcksel (Hopfen) (27 % TM)	t	6,0	0,00	1,3	5,9	2,1	10	10

Die grau hinterlegten Zahlen sind Orientierungswerte; eine eigene Untersuchung bzw. Deklaration ist hier zwingend erforderlich!

- ¹⁾ Die anrechenbaren gasförmigen Stall- und Lagerungsverluste der organischen Dünger sind bei den angegebenen N_{gesamt} und NH₄-N-Gehalten bereits abgezogen.

Organische Düngerart	Stall- und Lagerungsverluste in %		Verluste auf der Weide* in %
	Gülle	Festmist/Jauche	
Rinder	15	30	30
Schweine	20	30	30
Geflügel	40	40	40
andere Tiere (z. B. Pferde, Schafe)	45	45	45
Gärrest (pflanzliche Substrate)	5		
andere organische Düngemittel	0		

- *) Ausscheidungen auf der Weide sind anteilig zu berücksichtigen. Wenn z. B. Rinder 8 Stunden auf der Weide und 16 Stunden im Stall (Gülle) stehen, sind von der Stickstoffausscheidung 1/3 mit 30 % und 2/3 mit 15 % anrechenbar. Der Stickstoffanfall während einer Beweidung wird mit einer Mindestwirksamkeit von 50 % angerechnet, der Phosphat- und Kali-Anfall mit 100 %.
- ²⁾ Wenn der Prozentanteil des Ammoniums (NH₄-N) am N_{gesamt}-Gehalt höher ist als die Mindestwirksamkeit, ist der prozentuale Ammoniumanteil als Wirksamkeit anzusetzen. Die Zahl in () ist die Mindestwirksamkeit nach DüV. Die nebenstehende Zahl ist die anzusetzende Wirksamkeit, die sich aufgrund des hier enthaltenen Prozentanteils des Ammoniums (NH₄-N) am N_{gesamt}-Gehalt ergibt.
- ³⁾ Die Basisdaten für Festmist dürfen verwendet werden, wenn die Einstreu aus den folgenden Materialien besteht: Stroh, Heu, Streuwiesen, Sägemehl, Sägespäne oder Spelzen (mit Futterresten).
- ⁴⁾ Werte gelten auch für Ferkelaufzuchtbetriebe.
- ⁵⁾ Werte gelten auch für Warte-/Abferkelbetriebe und Deckbetriebe im arbeitsteiligen System.

Basisdaten-Tabelle 6: Nährstoffgehalte tierischer Produkte
(Stand: Dezember 2021, unverändert seit Januar 2018)

a) Nährstoffgehalt im Tierkörper in Abhängigkeit von der Tierart

Tierart	Nährstoffgehalt in kg je dt Lebendgewicht			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Rinder, milchbetont	2,50	1,37	0,29	0,06
Rinder, fleischbetont	2,70	1,49	0,29	0,06
Zuchtschweine, Mastschweine, Ferkel	2,56	1,17	0,24	0,05
Schafe (mit Nachzucht)	2,60	1,37	0,24	0,05
Ziegen	2,60	1,37	0,29	0,06
Pferde bis 5 Monate	2,70	2,06	0,22	0,05
Pferde über 5 Monate	3,00	1,74	0,24	0,05
Kaninchen	3,00	1,49	0,30	0,06
Legehennen	3,50	1,28	0,30	0,06
Masthähnchen	3,00	0,92	0,31	0,06
Puten	3,30	1,17	0,30	0,06
Enten	3,00	1,15	0,30	0,06
Gänse	3,00	1,21	0,30	0,06
Gehegewild	2,60	1,37	0,24	0,05

Orientierungswerte für die Umrechnung des angegebenen Schlachtgewichts (%) in Lebendgewicht				
	alle	männl. Tiere	weibl. Tiere	Milchkühe
Rinder, milchbetont		56	54	46
Rinder, fleischbetont		58	56	50
Zuchtschweine, Mastschweine, Ferkel	79			
Schafe (mit Nachzucht)	48			
Ziegen	48			
Gehegewild	48			

b) Nährstoffgehalte in der Milch (Kuh-, Schaf-, Ziegen-, Pferdemilch)

Milch	Nährstoffgehalt in kg je 1000 kg Milch			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Kuhmilch (3,2 % Eiweiß)	5,0	2,3	1,8	0,2
Kuhmilch (3,4 % Eiweiß)	5,3	2,3	1,8	0,2
Kuhmilch (3,6 % Eiweiß)	5,6	2,3	1,8	0,2
Stutenmilch	3,5	1,4	0,6	0,2
Schafmilch	8,3	2,5	2,2	0,2
Ziegenmilch	5,8	2,8	2,2	0,3

Die Berechnung des N-Gehaltes der Milch ist auch über den Eiweißgehalt möglich.

Rechengang: (Eiweißgehalt/6,38) * 10

c) Nährstoffgehalte in Eiern

Eier	Nährstoffgehalt in kg			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1000 Stück Eier (à 62,5 g)	1,19	0,26	0,11	0,01
Eimasse (g/kg)	19,00	4,81	1,77	0,18

d) Nährstoffgehalte in Wolle

Wolle	Nährstoffgehalt in kg je 1000 kg Wolle			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Schafwolle	128,0	0,90	60,3	0,5

Basisdaten-Tabelle 9a: Stickstoffbedarfswerte von Hauptfrüchten (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ø Ertrag dt/ha FM	Nmin-Probe- nahmetiefe mindestens in cm	Berech- nung Nmin bis 90 cm	Stickstoff- bedarfs- wert in kg N/ha	Ertrags- differenz in dt/ha	je Ertragsdifferenz Zuschlag in kg N/ha	Abschlag in kg N/ha	Abschlag wenn Vorfrucht in kg N/ha
Getreide, Körnermais								
Winterweizen C-Sorte	80	60	ja	210	10	10	15	0
Winterweizen A/B-Sorte	80	60	ja	230	10	10	15	0
Winterweizen E-Sorte	80	60	ja	260	10	10	15	0
Winterbrauweizen	80	60	ja	180	10	10	15	0
Sommerweizen	70	60	ja	220	10	10	15	0
Wintergerste mehrzeilig	70	60	ja	180	10	10	15	0
Wintergerste zweizeilig	70	60	ja	180	10	10	15	0
Winterbraugerste (zweizeilig)	70	60	ja	160	10	10	15	0
Sommerfuttergerste	50	60	nein	140	10	10	15	0
Sommerbraugerste	50	60	nein	120	10	10	15	0
Winterroggen	70	60	ja	170	10	10	15	0
Hafer	55	60	nein	130	10	10	15	0
Triticale	70	60	ja	190	10	10	15	0
Dinkel (mit Spelzen)	60	60	ja	200	10	10	15	0
Emmer / Einkorn	30	60	ja	100	10	10	15	0
Hartweizen (Durum)	55	60	ja	200	10	10	15	0
Körnermais	90	60	ja	200	10	10	15	0
Körnerleguminosen								
Ackerbohnen	35	60	nein	0 - (60)	10	0	0	10
Erbsen	35	60	nein	0 - (60)	10	0	0	10
Sojabohnen	20	60	nein	0 - (60)	10	0	0	10
Ölfrüchte								
Winterraps	40	60	ja	200	5	10	15	10
Sonnenblumen	30	60	nein	120	5	10	15	0
Hackfrüchte								
Kartoffel (Speise, Stärke)	450	60	nein	180	50	10	10	0
Kartoffel (Veredelung)	450	60	nein	200	50	10	10	0
Frühkartoffel	400	60	nein	220	50	10	10	0
Zuckerrüben	650	60	ja	170	100	10	15	10
Futterrüben, Runkelrüben	650	60	ja	200	100	10	15	0
Futterpflanzen								
Silomais (32 % TM)	450	60	ja	200	50	10	15	0
Corn-Cop-Mix (CCM) (60 % TM)	120	60	ja	200	20	10	15	0
Lieschkolbensilage (50 % TM)	150	60	ja	200	20	10	15	0
GPS Weizen (35 % TM)	350	60	ja	210	50	10	15	0
GPS Wintergerste (35 % TM)	350	60	ja	190	50	10	15	0
GPS Sommergerste (35 % TM)	350	60	nein	180	50	10	15	0
GPS Triticale (35 % TM)	350	60	ja	180	50	10	15	0
GPS Roggen (35 % TM)	350	60	ja	180	50	10	15	0
GPS Erbsen/Ackerb. (35 % TM)	143	60	nein	0 - (60)	10	0	0	10
Energiepflanzen								
Sorgumhirse	450	60	nein	150	50	10	15	0
GPS Sonnenblumen (35 % TM)	400	60	nein	140	50	10	15	0
Dauerkulturen								
Hopfen (10 % Wasser)	17,5	90	nein	220	1	4	4	0
Hopfen (Herkules)	17,5	90	nein	230	1	4	4	0
Tabak (Burley dachttrocken)	23	60	nein	100	5	10	15	0
Erdbeeren, Frühjahr	140	30	nein	60	28	20	20	0

Basisdaten-Tabelle 9b: Stickstoffbedarf von Zweitfrüchten nach Berücksichtigung des Stickstoffgehalts im Boden (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ø Ertrag dt/ha FM	Nmin-Probe- nahmetiefe mindestens in cm	Berech- nung Nmin bis 90 cm	Stickstoff- bedarfs wert in kg N/ha	Ertrags- differenz in dt/ha	je Ertragsdifferenz Zuschlag in kg N/ha	Abschlag in kg N/ha	Abschlag wenn Vorfrucht in kg N/ha
Zweitfrucht (2. Hauptfrucht)								
Weidelgras (inkl. Legum. bis 30 % Anteil)	250			133	10	5,3	0	
Kleegras, Gemenge (30 - 70 % Leguminosen)	250			145	10	5,8	0	
Kleegras, Gemenge (> 70 % Leguminosen)	250			0	10	0,0	0	
GPS Getreide, GPS Hirse	250			120	10	4,8	0	
Sonstige GPS, Hanf	200			64	10	3,2	0	
Druschfrucht (≤ 50 % Leguminosen)	25			58	5	10,0	0	
Küchenkräuter (Dill, Kerbel, Koriander, Blatt-Petersilie für Verarbeitung)	140			90	10	5,0	0	
Zwischenfrucht								
Zwischenfrucht mit 0 - 25 % Legum.	150							!! Zwischenfrucht-Wirkung !!
Zwischenfrucht mit 25 - 75 % Legum.	150							
Zwischenfrucht mit > 75 % Legum.	150							

Hinweis: Anders als bei den Hauptfrüchten in Basisdaten-Tabelle 9a ist beim Stickstoffbedarf der Zweitfrucht der Bodenstickstoffgehalt (N_{\min}) bereits berücksichtigt.

Für Zweitfrüchte, die hier nicht explizit aufgeführt sind, ist die Zweitfruchtgruppe auszuwählen, die der angebauten Zweitfrucht am nächsten kommt.

Basisdaten-Tabelle 9c: Stickstoffbedarfswerte von Gemüse in Abhängigkeit des Ertragsniveaus (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ø Ertrag	Nmin-Probe- nahmetiefe mindestens	Berech- nung Nmin	Stickstoff- bedarfs wert	Ertrags- differenz	je Ertragsdifferenz		Abschlag wenn Vorfrucht Gemüsebau betrieb ¹⁾
	dt/ha FM	in cm	bis 90 cm	in kg N/ha	in dt/ha	in kg N/ha	in kg N/ha	in kg N/ha
Blumenkohl	350	60	nein	300	70	20	20	80
Brokkoli	150	60	nein	310	30	20	20	100
Buschbohnen	120	60	nein	110	24	20	20	45
Chinakohl	700	60	nein	210	140	20	20	45
Grünkohl	400	60	nein	200	80	20	20	35
Gurke, Einlege-	800	30	nein	210	160	40	40	50
Knollenfenchel	400	60	nein	200	80	20	20	45
Kopfsalat	500	30	nein	150	100	20	20	10
Kürbis, Hokaido	300	60	nein	140	60	20	20	50
Kürbis, Öl-, lagertrock. Kerne	7	60	nein	90	1,4	20	20	50
Kürbis, Speise-	400	60	nein	140	80	20	20	50
Melone, Wasser-	500	60	nein	185	100	20	20	85
Melone, Zucker-, Honig-	500	60	nein	185	100	20	20	85
Möhren, Industrie-	900	90	nein	165 **	180	20	20	45
Möhren, Wasch-	700	60	nein	125 **	140	20	20	30
Pastinake	400	60	nein	140 *	80	20	20	50
Petersilie, Wurzel-	400	60	nein	130 **	80	20	20	45
Porree	600	60	nein	250	120	40	40	55
Radies	300	30	nein	110	60	20	20	5
Rosenkohl, nur Röschen	250	90	nein	310	50	40	40	130
Rote Rüben	600	60	nein	250	120	20	20	50
Rotkohl	600	60	nein	260	120	40	40	60
Sellerie, Knollen-	650	60	nein	220	130	40	40	40
Sellerie, Stangen-	500	30	nein	230	100	20	20	40
Spargel 1. Standjahr	0	60	nein	140	10	0	0	0
Spargel 2. Standjahr	20	60	ja	160	4	20	20	0
Spargel 3. Standjahr	80	60	ja	160	16	20	20	0
Spargel ab 4. Standjahr	100	60	ja	80	20	20	20	0
Weißkohl, Frischmarkt-	700	60	nein	260	140	40	40	75
Weißkohl, Industrie-	1000	90	nein	320	200	40	40	75
Wirsing	400	60	nein	285	80	40	40	80
Zucchini	650	60	nein	250	130	20	20	85
Zuckermais	200	90	nein	160	40	20	20	60
Zwiebel, Bund-	680	30	nein	210 *	136	20	20	15
Zwiebeln Säschalotten	400	60	nein	85	80	20	20	30
Zwiebel, Trocken-	600	60	nein	155 **	120	20	20	30

Quelle: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)

Die Ermittlung der verfügbaren Stickstoffmenge im Boden ist bei den mit "*" gekennzeichneten Kulturen in der 4. Kulturwoche und mit "***" gekennzeichneten Kulturen in der 6. Kulturwoche durchzuführen.

Basisdaten-Tabelle 9d: Stickstoffbedarfswerte von Heil- und Gewürzpflanzen
(Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ø	Nmin-Probe- nahmetiefe mindestens in cm	Berechnung Nmin bis 90 cm	Stickstoff- bedarfs- wert in kg N/ha	Ertrags- differenz in dt/ha	je Ertragsdifferenz		Abschlag wenn Vorfrucht in kg N/ha
	Ertrag dt/ha FM					Zuschlag in kg N/ha	Abschlag in kg N/ha	
Anis	13	30	nein	95	1	10	10	0
Arzneifenchel	25	60	nein	150	3	15	15	0
Bibernelle, Kleine	70	60	nein	155	7	16	16	0
Dill, Frischmarkt	200	30	nein	85	20	4	4	0
Dill, Industrieware	250	30	nein	105	25	11	11	0
Gartenkresse	150	30	nein	120	15	12	12	0
Kümmel, einjährig	20	60	nein	110	2	11	11	0
Kümmel, zweijährig, ohne Ernte	0	60	nein	20	2	1	1	0
Kümmel, zweijährig, Erntejahr	23	60	nein	120	2	12	12	0
Meerrettich	200	60	nein	255	20	26	26	0
Mohn	25	60	nein	80	3	8	8	0
Petersilie, Blatt-, bis 1. Schnitt	240	60	nein	160	24	16	16	0
Petersilie, Blatt-, nach 1. Schnitt	160	60	nein	100	16	5	5	0
Petersilie, Blatt-, Verarbeitung, alle Schnitte	500	60	nein	285	50	29	14	0
Senf, Brauner	9	60	nein	65	1	7	7	0
Senf, Gelber/Weißer	15	60	nein	135	2	14	14	0

Quelle: LfL-Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, IPZ 3d Kulturpflanzenvielfalt, Arznei- und Gewürzpflanzen, pflanzengenetische Ressourcen

Basisdaten-Tabelle 9e: Stickstoffbedarfswerte von mehrschnittigem Feldfutterbau und mehrjährigen Energiepflanzen (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ø	Nmin-Probe- nahmetiefe mindestens in cm	Berechnung Nmin bis 90 cm	Stickstoff- bedarfs- wert in kg N/ha	Ertrags- differenz in dt/ha	je Ertragsdifferenz		Abschlag wenn Vorfrucht in kg N/ha
	Ertrag dt/ha FM					Zuschlag in kg N/ha	Abschlag in kg N/ha	
Mehrschnittiger Feldfutterbau								
Esparssette	200			0	10	0,0	0,0	20
Ackergras	600			318	10	5,3	5,3	10
Kleegras (Kleeanteil 30 %)	550			308	10	5,6	5,6	20
Kleegras (Kleeanteil 50 %)	500			290	10	5,8	5,8	20
Kleegras (Kleeanteil 70 %)	500			305	10	6,1	6,1	20
Luzernegras (Luz.anteil 30 %)	500			280	10	5,6	5,6	20
Luzernegras (Luz.anteil 50 %)	500			290	10	5,8	5,8	20
Luzernegras (Luz.anteil 70 %)	500			305	10	6,1	6,1	20
Rotklee (20 % TM)	450			0	10	0,0	0,0	20
Luzerne (20 % TM)	500			0	10	0,0	0,0	20
Energiepflanzen								
Silphie (Hauptfrucht im Ansaatjahr)	0			50	20	0	0	0
Silphie (ab 2. Standjahr)	450			113	20	5	5	0
Sida (Virginiamalve)	200			58	20	6	6	0
Igniscum	550			171	20	6	6	0
Riesenweizengras (Szarvasi)	500			165	20	7	7	0
Chinaschilf (Miscanthus)	250			58	50	8	8	0
Switchgras	350			109	20	6	6	0
Rohrglanzgras	400			164	20	8	8	0

Für die Düngebedarfsermittlung von mehrschnittigem Feldfutterbau und mehrjährigen Energiepflanzen ist keine Stickstoffbodenuntersuchung (N_{\min}) erforderlich.

Basisdaten-Tabelle 9f: Kenngrößen zur Düngedbedarfsermittlung von Acker (Hauptfrüchten) und Grünland (Stand: Dezember 2021)

Düngedbedarfsermittlung Acker (Hauptfrüchte)

Kenngrößen bei Düngeplanung Acker (Hauptfrucht)				Mindestabschlag in kg N/ha
Humusgehalt im Boden	≤ 4 %			0
	> 4 %			20
Vorfrucht (Hauptfrucht des Vorjahres)	Getreide (mit und ohne Strohabfuhr), Silomais, Körnermais, Kartoffeln, Zuckerrüben mit Blattbergung, Gemüse ohne Kohlarten, sonstiges			0
	Feldgras, Raps, Körnerleguminosen, Kohlgemüse, Zuckerrübe ohne Blattbergung, Rotationsbrache ohne Leguminosen			10
	Grünland, Dauerbrache, Luzerne, Klee, Klee gras, Rotationsbrache mit Leguminosen			20
Zwischenfrucht	keine Zwischenfrucht			0
	eingearbeitet	abfrierend <u>oder</u> Einarbeitung im Herbst	≤ 75 % Leg.	0
			> 75 % Leg	10
		nicht abfrierend <u>und</u> Einarbeitung im Frühjahr	≤ 75 % Leg.	20
			> 75 % Leg	40
	abgefahren		≤ 75 % Leg.	0
			> 75 % Leg	10

Düngedbedarfsermittlung Grünland

Kenngrößen bei Düngedplanung Grünland			Mindestabschlag in kg N/ha
N-Nachlieferung aus N-Bindung der Leguminosen	Ertragsanteil von Leguminosen unter 5 %		10
	Ertragsanteil von Leguminosen 5 bis 10 %		20
	Ertragsanteil von Leguminosen größer 10 bis 20 %		40
	Ertragsanteil von Leguminosen größer 20 %		60
Bodenvorrat (Humus)		Anteil org. Substanz	
	sehr schwach bis stark humose Böden	< 8 %	10
	stark bis sehr stark humose Böden	8 bis < 15 %	30
	anmoorige Böden	15 bis < 30 %	50
	Hochmoor	≥ 30 %	50
	Niedermoor	≥ 30 %	80

Umrechnungshilfen

Umrechnung der Erträge von Frischmasse in Trockenmasse

Nettoertrag in dt FM x % TM = Nettoertrag in dt TM

z. B.: Luzerne (Reinkultur) mit 20 % TS: 500 dt FM x 20 % = 100 dt TM

Umrechnung der Nährstoffgehalte bei Änderung der Trockenmasse

Beispiel: Bei 20 % TM (80 % FM) beträgt der Nährstoffgehalt von Stickstoff 0,65 kg N/dt.

Wie hoch ist der Stickstoffgehalt bei 100 % TM?

20 % entspricht 0,65 kg N/dt

1 % entspricht 0,0325 kg N/dt

100 % entspricht 3,25 kg N/dt

Umrechnung von Nährstoffen

Berechnung des Stickstoffgehalts in FM aus dem angegebenen Rohprotein % TM:

angegebener RP-Gehalt % in TM ÷ 6,25 x angegebene TM in % ÷ 100

= Stickstoffgehalt in kg N/dt FM

Berechnung des Rohprotein % TM aus dem angegebenen Stickstoffgehalt in FM:

Stickstoffgehalt in kg N/dt FM x 6,25 ÷ angegebene TM in % x 100 = Rohprotein % TM

→ Bei Weizen als RP-Umrechnungsfaktor 5,7 statt 6,25 verwenden.

→ Bei Milch als RP-Umrechnungsfaktor 6,38 statt 6,25 verwenden.

Phosphor (P) auf Phosphat (P ₂ O ₅):	P	x 2,291 = P ₂ O ₅
Kalium (K) auf Kali (K ₂ O):	K	x 1,205 = K ₂ O
Magnesium (Mg) auf Magnesiumoxid (MgO):	Mg	x 1,658 = MgO
Schwefel (S) auf Sulfat (SO ₄ ²⁻):	S	x 2,99 = SO ₄ ²⁻
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N) auf Nitrat (NO ₃ ⁻):	NO ₃ -N	x 4,427 = NO ₃ ⁻
Nitrat (NO ₃ ⁻) auf Stickstoff (N):	NO ₃ ⁻	x 0,226 = N
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N) auf Ammonium (NH ₄ ⁺):	NH ₄ -N	x 1,286 = NH ₄ ⁺
Calciumcarbonat (CaCO ₃) auf Calciumoxid (CaO):	CaCO ₃	x 0,560 = CaO

Literaturverzeichnis

- [1] *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngerverordnung – DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.*
- [2] *Verordnung über besondere Anforderungen an die Düngung und Erleichterungen bei der Düngung (Ausführungsverordnung Düngerverordnung – AVDüV) vom 22. Dezember 2020.*
- [3] *Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdüngern (Wirtschaftsdüngerverbringungsverordnung – WDüngV) vom 21. Juli 2010 (BGBl. I S. 1062), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung vom 28. April 2020 geändert worden ist.*
- [4] *Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung – StoffBilV) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360).*
- [5] *Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 277 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist (DüngG).*
- [6] *Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414) geändert worden ist (DüMV).*
- [7] *Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung - AbfKlärV) vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465), die zuletzt durch Artikel 137 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.*
- [8] *Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21. September 1998 in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. April 2013 (BGBl. I S. 658), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.*
- [9] *Die Landwirtschaft - Landwirtschaftlicher Pflanzenbau, BLV Buchverlag München, 13. Auflage 2014, ISBN 978-3-8354-0716-9.*

Informationen zu Düngung und Nährstoffhaushalt im Internet

Die Themenschwerpunkte im Bereich Düngung und Nährstoffhaushalt sind im Internet über die in Tabelle 34 genannten Webadressen abrufbar.

Tabelle 34: Wichtige Internetadressen im Bereich Düngung und Nährstoffhaushalt

Thema	Internetseite
Düngeverordnung (DüV) Erläuterungen und FAQs	www.lfl.bayern.de/duengeverordnung
Rote Gebiete, Gelbe Gebiete, Gebietskulisse, AVDÜV	www.lfl.bayern.de/avduev www.lfl.bayern.de/rote-gebiete
Verbringungsverordnung (WDüngV), Erläuterungen, Formulare	www.lfl.bayern.de/verbringungsverordnung
Grenze 170 kg N/ha, Nährstoffanfall im Betrieb	www.lfl.bayern.de/170kkggrenze
Lagerkapazität für Gülle, Mist und Jauche	www.lfl.bayern.de/lagerkapazitaet
Lagerkapazität für Biogasgärrest, Nährstoffflüsse einer Biogasanlage	www.lfl.bayern.de/biogasrechner
Düngebedarfsermittlung - N_{min} - Werte, N-Simulation, Landkreiserträge	www.lfl.bayern.de/duengebedarfsermittlung
DSNOnline - Düngeberatungssystem Stickstoff	www.lfl.bayern.de/dsn
N_{min} Bodenuntersuchung	www.lfl.bayern.de/bodenprobenahme-nmin
Nährstoffbilanz - Stoffstrombilanz	www.lfl.bayern.de/naehrstoffbilanz
Gelbes Heft – Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland	www.lfl.bayern.de/gelbesheft
Basisdaten Kenngrößen und Werte für Berechnungen	www.lfl.bayern.de/basisdaten
Wasserrahmenrichtlinie, Gewässerschutz, Gewässerschutzberatung	www.lfl.bayern.de/wasserrahmenrichtlinie



Düngung – Überblick
www.lfl.bayern.de/duengung



EDV-Fachprogramme Düngung

Die verfügbaren EDV-Fachprogramme sind im Internet auch über die jeweiligen Themenseiten erreichbar.