



lebensministerium.at

RICHTLINIEN FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG

Anleitung zur Interpretation von
Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft.
6. Auflage



VORWORT



*Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft
Josef Pröll*

Ein gesunder Boden mit intakten Funktionen ist ein wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Landwirtschaft, sowohl was die Nahrungs- und Lebensmittelproduktion als auch die Erzeugung von Rohstoffen betrifft. Teil einer Strategie für einen vorsorgenden Umgang mit dieser wertvollen und nicht erneuerbaren Ressource muss auch der sachgerechte Umgang mit Düngemitteln sein – sei es in mineralischer Form oder als Wirtschaftsdünger.

In diesem Bereich besteht in der österreichischen Landwirtschaft bereits eine lange Tradition. Moderne Produktionsmethoden in der Landwirtschaft, aber auch neue Entwicklungen im Sortenbereich und der Tierzucht sowie auf dem Gebiet der Pflanzenernährung haben nun eine Überarbeitung der Richtlinien für die sachgerechte Düngung erforderlich gemacht.

In der vorliegenden 6. Auflage wurden die aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse berücksichtigt, die in Verbindung mit der Erfahrung der Landwirte die Grundlage für eine sachgerechte Düngung angesehen werden können. Sie stellen einen Leitfaden dar, der die Erzeugung qualitativ hochwertiger Ernteprodukte sowohl unter Berücksichtigung des Boden- und Ressourcenschutzes, als auch einer kostengünstigen Produktion ermöglicht.

Wien, im September 2006

Impressum

Medieninhaber, Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien



Erarbeitet vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW
unter dem Vorsitz von Herbert Etz



Leiter der Arbeitsgruppe und Redaktion: Andreas Baumgarten



Unter der Mitarbeit von:

Florian Amlinger, Ernst Bäck, Karl Buchgraber, Michael Dachler, Georg Dersch, Reinhard Egger,
Herbert Eigner, Josef Froschauer, Robert Fenz, Josef Galler, Leonhard Gruber, Wolfgang Hofmair,
Franz Xaver Hölzl, Heinrich Holzner, Johannes Hösch, Johann Humer, Mario Hütter, Georg Juritsch,
Eduard Klaghofer, Max Kuderna, Karl Mayer, Hannes Priller, Erich Pötsch, Thomas Rech, Wolf Reheis,
Bettina Schwarzl, Josef Springer, Heide Spiegel, Andreas Steinwider, Heinz Tomek, Franz Traudtner,
Claudia Winkovitsch

Grafische Gestaltung: www.ultramarin-design.at

Katharina Bauer, Elke Zellinger, Doris Seyser

6. Auflage 2006

Die vorliegenden Richtlinien entsprechen den Beschlüssen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit
und Bodenschutz und gelten ab 1.9.2006

EINLEITUNG

Die Pflanze bezieht die wesentlichsten Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Schwefel, Magnesium und eine Reihe von lebenswichtigen Spurenelementen fast zur Gänze aus dem Boden. Um den fortwährenden Entzug dieser Elemente auszugleichen, der durch die Abfuhr von Ernteprodukten eintritt, müssen die entzogenen Stoffe den Böden wieder zugeführt werden. Dabei sind die Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern (Stallmist, Stallmistkompost, Jauche und Gülle), Sekundärrohstoffdüngern (z.B. Kompost, organische Handelsdünger), Mineraldüngern und den Ernterückständen zu berücksichtigen. Ziel der Düngung ist es, der Pflanze die notwendigen Nährstoffe in jenem Maße zur Verfügung zu stellen, die erforderlich sind, um die angestrebten Erträge und Qualitäten zu erzielen. Zusätzliche Nährstoffeinträge aus dem Beregnungswasser, Niederschlägen oder aus der Luft sind nur schwer bewertbar. Das gilt auch für unvermeidbare Nährstoffverluste durch Auswaschung, Abgasung oder für die Fixierung von Nährstoffen im Boden. Durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen und angepasste Düngestrategien können diese Verluste verringert werden. Die Nährstoffempfehlungen orientieren sich unter anderem an der aktuellen Nährstoffsituation des jeweiligen Bodens und bilden damit eine wesentliche Voraussetzung für dessen nachhaltige Bewirtschaftung.

Eine Bodenuntersuchung stellt ein wichtiges Instrument für die Erstellung einer Düngeempfehlung und damit für die Steuerung der Nährstoffzufuhr dar. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die Einschätzung des Bodenvorrates an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium, Natrium und Spurennährstoffen vorzunehmen und darauf aufbauend die Düngung zu planen.

Die Grundlagen zur Umsetzung der Bodenuntersuchungsergebnisse in Düngeempfehlungen werden aus Feldversuchen abgeleitet, die vor allem von öffentlichen Stellen durchgeführt werden. Dabei sind auch die jeweiligen Standortverhältnisse zu berücksichtigen. Da besonders beim Stickstoff der Witterungsverlauf einen großen Einfluss auf die Nachlieferung ausübt, stellen die in der vorliegenden Broschüre enthaltenen Richtwerte nur Empfehlungen dar, die in Abhängigkeit vom Standort noch angepasst werden können.

Diese Unterlage stellt grundsätzlich eine fachliche Empfehlung dar. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass diese Richtlinie bei der Beurteilung von Rechtsfragen herangezogen wird und sich daraus auch mittelbar Rechtswirkungen ergeben. Es wird daher empfohlen über die Düngeplanung schriftliche Aufzeichnungen zu führen. In diesem Zusammenhang wird auch darauf hingewiesen, dass bei jeder Düngungsmaßnahme die für den jeweiligen Standort gültigen Rechtsvorschriften jedenfalls zu befolgen sind. Dazu zählen zum Beispiel die Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes (insbesondere die Bestimmungen über die Bewilligungspflichten, Beobachtungs- und Maßnahmengebiete, Aktionsprogramm Nitrat, Schutz- und Schongebiete) und der Landes-Bodenschutzgesetze. Weiters sind bei Teilnahme an Agrarumweltprogrammen auch die jeweiligen Förderungsvoraussetzungen einzuhalten. Darüber hinaus bestehen gesetzliche Vorschriften, welche das Inverkehrbringen von Lebensmitteln in Österreich und im europäischen Binnenmarkt regeln. So sieht z.B. die Trinkwasserverordnung (2001) vor, dass das Inverkehrbringen von Trinkwasser mit einem Gehalt von mehr als 50 mg Nitrat je Liter verboten ist.

Aufbauend auf den Ergebnissen von Exaktversuchen und weiteren wissenschaftlichen Arbeiten hat der Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz die vorliegende Publikation zusammengestellt, die als Leitfaden zur Optimierung einer pflanzengerechten, umweltschonenden und wirtschaftlichen Düngung dient. Sie soll einerseits eine Hilfestellung für den Landwirt bieten, andererseits aber auch als Grundlage für die Officialberatung sowie den Unterricht an den landwirtschaftlichen Fachschulen und für die Landwirtschaftsmeister- und Facharbeiterausbildung in Österreich herangezogen werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1	BODENUNTERSUCHUNG	6
1.1	PROBENAHME - AUSWAHL DER FLÄCHE	6
1.2	ZEITPUNKT DER PROBENAHME	6
1.3	DURCHFÜHRUNG	7
1.4	ENTNAHMETIEFE	7
1.5	TRANSPORT	7
1.6	PRÜFAUFTRAGSFOMULAR – ERHEBUNGSBOGEN	7
1.7	EMPFOHLENE UNTERSUCHUNGSPARAMETER	8
2	BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE EINER BODENANALYSE	9
2.1	ALLGEMEINES	9
2.2	STANDORTEIGENSCHAFTEN	9
2.3	KLASSIFIZIERUNG DER STANDORT- UND BODENDAUEREIGENSCHAFTEN	9
2.4	BODENDAUEREIGENSCHAFTEN	10
2.4.1	Bodenart, Bodenschwere	10
2.4.2	Bodenreaktion – Säuregrad, pH-Wert	12
2.4.3	Karbonatgehalt, Karbonatattest	14
2.4.4	Die Abschätzung des Stickstoff – Mineralisierungspotenzials	14
2.5	VERFÜGBARE NÄHRSTOFFE	15
2.5.1	Verfügbarkeit von Stickstoff	15
2.5.2	Die Einstufung des Gehaltes an Phosphor und Kalium nach CAL (ÖNORM L 1087)	15
2.5.3	Kaliumfixierung	16
2.5.4	Austauschbare Kationen	16
2.5.5	Die Einstufung der Magnesiumgehalte	17
2.5.6	Die Einstufung der Gehalte an Spurenelementen	18
2.5.7	Die Einstufung der Nährstoffversorgung nach der EUF - Methode	18
3	DIE ERSTELLUNG EINES DÜNGEPLANES	22
3.1	ALLGEMEINES	22
3.2	DIE EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEIT	22
3.3	DIE STICKSTOFFDÜNGUNG NACH RICHTWERTEN	24
3.4	ANPASSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AN DIE STANDORTFAKTOREN	27
3.5	DIE STICKSTOFFDÜNGUNG NACH N_{\min}	29
3.6	UMRECHNUNG DER LABORERGBNISSE VON N_{\min} -UNTERSUCHUNGEN	31
3.6.1	Berücksichtigung der Dimension	31
3.6.2	Berücksichtigung der Trockenrohichte und des Feuchtegehaltes	31
3.6.3	Berücksichtigung eines höheren Schotter- oder Steingehaltes	32

3.7	DIE BEMESSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AUF BASIS DER EUF-METHODE	32
3.8	DIE BEMESSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AUF BASIS VON UNTERSUCHUNGEN MIT DEM N - TESTER	32
3.8.1	Messprinzip	32
3.8.2	Sortenkorrekturwerte	33
3.8.3	Ermittlung des N-Düngebedarfes:	33
3.9	DIE DÜNGUNG MIT PHOSPHOR UND KALIUM IM ACKERBAU	34
3.10	DIE ANPASSUNG DER PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG AN DIE STANDORTSEIGENSCHAFTEN	36
3.11	DIE STICKSTOFF-, PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG IM DAUERGRÜNLAND, IM FELDFUTTERANBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG	36
3.11.1	Allgemeines	36
3.11.2	Einschätzung der Ertragsmöglichkeiten bei den einzelnen Nutzungsformen im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung	37
3.11.3	Phosphat- und Kaliumdüngung im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung	38
3.11.4	Stickstoffdüngung im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung	40
3.11.5	Die Stickstoffversorgung der einzelnen Aufwüchse	42
3.12	DIE DÜNGUNG MIT MAGNESIUM IM ACKER- UND GRÜNLAND	42
3.13	DIE DÜNGUNG MIT KALK	43
3.13.1	Verbesserungskalkung	43
3.13.2	Erhaltungskalkung	45
3.13.3	Die Ermittlung des Kalkbedarfs nach EUF	45
3.14	DIE DÜNGUNG MIT SCHWEFEL	46
3.15	DIE DÜNGUNG MIT SPURENELEMENTEN	47
3.15.1	Allgemeines zu Spurennährstoffen	47
3.15.2	Bor (B)	48
3.15.3	Eisen (Fe)	49
3.15.4	Kupfer (Cu)	49
3.15.5	Mangan (Mn)	50
3.15.6	Zink (Zn)	50
3.15.7	Molybdän (Mo)	51
3.16	BEWERTUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG DER NÄHRSTOFFE AUS WIRTSCHAFTSDÜNGERN UND ERNTERÜCKSTÄNDEN	52
3.16.1	Arten der Wirtschaftsdünger	52
3.16.2	Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern	52
3.16.3	Lagerung von Wirtschaftsdüngern	61
3.16.4	Wirksamkeit des Stickstoffs in Wirtschaftsdüngern	63
3.17	BEWERTUNG VON FERMENTATIONS-RÜCKSTÄNDEN	64
3.18	BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE	66

ANHANG

67

BODENUNTERSUCHUNG

1.1 PROBENAHME - AUSWAHL DER FLÄCHE

Eine korrekte und sorgfältig durchgeführte Probenahme ist die Voraussetzung für ein aussagekräftiges Analyseergebnis und für eine kulturartenspezifische Düngeempfehlung. Die entnommene Probe muss repräsentativ für den Boden der beprobten Fläche sein.

Aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit (Heterogenität) von Böden muss daher versucht werden, bodenkundlich möglichst einheitliche Flächen abzugrenzen. Dabei sind folgende Bodeneigenschaften zu beachten:

- *Bodenform (lt. Bodenkartierung)*
- *Lage, Relief (z. B. Oberhang, Unterhang)*
- *Gründigkeit*
- *Bodenschwere (Tongehalt)*
- *Wasserversorgung*
- *Grobanteil*

Bei deutlichen Unterschieden auf mehr als 30% der Fläche sind dementsprechend zwei oder mehrere Durchschnittsproben zu entnehmen. Flächen mit kleinräumig unterschiedlichen Bodenverhältnissen (in der Regel am Pflanzenbewuchs erkennbar) sollten nicht Bestandteil der Durchschnittsprobe sein. Ebenso sind Stellen, deren Bodenbeschaffenheit deutlich von der übrigen Fläche abweicht (z. B. Mietenplätze, Fahrgassen, Randstreifen, Maulwurfshügel), von der Probenahme auszuschließen. Die Kulturempfehlungen sind für diese Teilflächen entsprechend zu modifizieren. Die Größe der Fläche für die Gewinnung einer Durchschnittsprobe soll im Ackerbau und im Grünland 5 ha nicht überschreiten.

1.2 ZEITPUNKT DER PROBENAHME

Die Probenahme kann grundsätzlich während des gesamten Jahres erfolgen. Der Feuchtigkeitszustand des Bodens zum Zeitpunkt der Probenahme sollte Pflugarbeit zulassen; bei zu trockenen oder vernässten Böden sind die Ergebnisse mancher Parameter nicht aussagekräftig. Die letzte Ausbringung mineralischer Dünger sollte mindestens 1 Monat, die letzte Ausbringung organischer Düngemittel (Mist, Gülle, Gründüngung) etwa 2 Monate zurückliegen.

Für N_{\min} -Untersuchungen erfolgt die Probenahme bei Getreide zu Vegetationsbeginn, bei Mais im Zwei- bis Sechsstadium. Bei der Untersuchung biologischer Parameter sollte der Zeitpunkt der Probenahme mit dem Berater oder dem Untersuchungslabor vereinbart werden.

Für Untersuchungen nach der EUF-Methode muss die Bodenprobenahme zum Ende der Nährstoffaufnahme der Vorfrucht erfolgen, um die Stickstoffversorgung richtig beurteilen zu können:

- *nach Getreide Anfang Juni bis Anfang Juli - vor der Ernte,*
- *nach Mais, Sonnenblume und Soja im September - vor bzw. nach der Ernte, jedoch immer vor der Bodenbearbeitung*
- *nach Kartoffeln oder Rübe im September - immer vor der Ernte.*

1.3 DURCHFÜHRUNG

Je ausgewählter Fläche werden mindestens 25 Einzelproben zu einer Durchschnittsprobe vereinigt, die Entnahme dieser Einzelproben sollte an den Gitterpunkten eines Rasters mit konstanter Gitterweite (z.B. Anzahl von Schritten) erfolgen, es sollen Bodenstecher oder Schlagbohrer verwendet werden. Die Einzelproben werden in einem sauberen Gefäß (z.B. Plastikkübel) gesammelt, gut durchmischt, anschließend in wasserbeständige Behältnisse (z.B. beschichtete Papiersäckchen, Kunststoffsäckchen) gefüllt und diese gut sichtbar und leserlich beschriftet.

Mindestprobemenge: „Grunduntersuchung“ (pH-Wert, verfügbare Gehalte an P und K): 300g

sonst: 1000g

1.4 ENTNAHMETIEFE

Die Entnahmetiefe sollte im Ackerbau mit der Krumentiefe (Pflugtiefe) übereinstimmen (zumindest 0 – 20 cm), im Grünland ist eine Tiefe von 0 – 10 cm ausreichend. Für N_{\min} -Untersuchungen siehe Kapitel 3.5 „Die Stickstoffdüngung nach N_{\min} “.

1.5 TRANSPORT

Die Probe sollte so schnell wie möglich an die Untersuchungsstelle weitergeleitet werden. Sofern keine Stickstoffuntersuchung nach der EUF-Methode erfolgt, ist eine Zwischenlagerung bis zu 4 Wochen möglich. In diesem Fall ist der Boden schonend an der Luft zu trocknen. Sind N_{\min} -Untersuchungen oder die Untersuchung biologischer Parameter vorgesehen, müssen die Proben gekühlt werden (+4°C), die maximale Lagerungsdauer beträgt 2 Tage. Für N_{\min} -Untersuchungen werden von einigen Labors (z.B. AGES) auch andere Transportverfahren angeboten.

Die exakten Verfahren zur Probenahme sind in den ÖNORMen L 1055 (Ackerbau), L 1056 (Grünland) und L 1091 (N_{\min} -Methode) beschrieben.

1.6 PRÜFAUFTRAGSFORMULAR – ERHEBUNGSBOGEN

Um eine optimale Abwicklung der Prüfaufträge und eine fachgerechte Beratung zu gewährleisten, sind folgende Angaben zum Betrieb und zum Standort erforderlich:

- Betriebsnummer
- Name und Adresse des Betriebsinhabers
- Telefon/Telefax
- E-Mail (fakultativ)
- ÖPUL – Maßnahmen (fakultativ)
- Proben-/Feldstück-/Schlagbezeichnung
- Größe der Entnahmefläche
- Entnahmetiefe
- Standortbeschreibung (Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserverhältnisse, Grobanteil)
- Angaben zur geplanten Kultur sowie zu Vor- und Zwischenfrucht
- durchschnittlicher Ertrag des Standortes
- Verwendete Wirtschaftsdünger (Menge, Zeitpunkt der Anwendung)
- gewünschte Untersuchungsparameter

Zur Erfassung dieser Daten stellen die Untersuchungslabors (z.B. Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung der AGES - www.ages.at; Zuck erforschung Tulln Ges.m.b.H. – www.zuckerforschung.at) sowie die Landwirtschaftskammern Prüfauftragsformulare (siehe Abbildung im Anhang) zur Verfügung.

1.7 EMPFOHLENE UNTERSUCHUNGSPARAMETER

Je nach Untersuchungszweck können unterschiedliche Untersuchungen sinnvoll sein. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Untersuchungsverfahren und deren Anwendungsbereich für die Düngepraxis angeführt.

TABELLE 1: Wichtige Bodenuntersuchungsverfahren

Untersuchung	Verfahren	Anwendungsbereich, Aussagekraft
<i>Pflanzennährstoffe: Durchführungszeitraum ca. alle 5 Jahre</i>		
Grunduntersuchung: pH, pflanzenverfügbare Anteile von Kalium und Phosphor	ÖNORM L 1083, ÖNORM L 1087	Einstufung der Versorgung mit P und K, Erstellung einer Düngeempfehlung für P und K, Ermittlung des Kalkbedarfs
Gehalt an wasserlöslichem Phosphat	ÖNORM L 1092	Verbesserte Interpretation der P-Versorgung gemäß ÖNORM L 1087
Gehalt an pflanzenverfügbarem Magnesium	ÖNORM L 1093 oder CAT-Extraktion	Erstellung einer Düngeempfehlung für Mg, Ermittlung des K/Mg Verhältnisses
Gehalt an pflanzenverfügbarem Eisen, Mangan, Kupfer und Zink	ÖNORM L 1089 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Nährstoffversorgung im Spurenelementbereich
Gehalt an pflanzenverfügbarem Bor	ÖNORM L 1090 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Borversorgung, Erstellung einer Düngeempfehlung
Gehalt an mineralischem Stickstoff (Nmin)	ÖNORM L 1091	Erfassung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs
Nachlieferbarer Stickstoff	Anaerobe Bebrütung	Einstufung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens, Berücksichtigung bei der Ermittlung der N-Düngung
Die EUF – Methode (Nemeth, 1982; VdLUFA, 1997; VdLUFA, 2002) kann ebenfalls zur Charakterisierung der Nährstoffgehalte im Boden verwendet werden. Routinemäßig werden die Nährstoffe Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium und Bor sowie Stickstoff erfasst.		
<i>Bodendauereigenschaften: Durchführungszeitraum ca. alle 10 Jahre bzw. bei Geländeänderungen oder Problemen mit der Pflanzenentwicklung</i>		
Humusgehalt	ÖNORM L 1080, L1081	Einstufung des Gehalts an organischer Substanz, Abschätzung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens
Gesamtstickstoffgehalt	ÖNORM L 1095	Einstufung des N-Gehaltes, Ermittlung des C/N - Verhältnisses
Kalkgehalt	ÖNORM L 1084	Einstufung des Kalkgehaltes, Beeinflussung der Versorgung mit Spurenelementen
Kalkaktivität	AGES - Verfahren	Einstufung der Reaktivität des Bodenkalkes
Kaliumfixierung	ÖNORM L 1097	Ermittlung der möglichen Fixierung von Kalium, Angabe der Menge der Ausgleichsdüngung
Tongehalt oder Gehalt an den Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton	ÖNORM L 1061-2	Charakterisierung der Bodenschwere, wesentlich für die Einstufung der Versorgungsklassen für K und Mg
Gehalt an austauschbaren Kationen	ÖNORM L 1086-1	Belegung des Austauschkomplexes mit Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium; bei sauren Böden zusätzlich Eisen, Mangan, Aluminium und H ⁺ -Ionen

Bei speziellen Fragestellungen (z.B. im Biolandbau) können zusätzliche Untersuchungen wie königswasserlösliche Gehalte an Elementen (ÖNORM L 1085) durchgeführt werden.

BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE EINER BODENANALYSE

2.1 ALLGEMEINES

Im Folgenden werden eine Reihe von Bodenanalysenverfahren und deren Beurteilung im Hinblick auf die Funktion des Bodens als Pflanzenstandort vorgestellt. Die meisten Methoden liegen als Normen des Österreichischen Normungsinstituts vor, teilweise wird auf die Methoden des Methodenbuches des VDLUFA (CAT-Extraktion, Elektro Ultra Filtration - EUF) verwiesen. Zusätzlich sind auch Grundlagen für die Interpretation der Stickstoffbestimmung mittels N-Tester inkludiert.

2.2 STANDORTEIGENSCHAFTEN

Die spezifischen Eigenschaften eines Standortes können die Verfügbarkeit und Wirkung der Nährstoffe wesentlich beeinflussen. Dies betrifft folgende Faktoren:

- Bodenschwere
- Humusgehalt
- Kalkgehalt
- Gründigkeit
- Wasserverhältnisse
- Grobanteil

Durch Bodenanalysen können die Bodenschwere, der Humus- und der Kalkgehalt erfasst werden, eine Einschätzung dieser Parameter vor Ort ist ebenfalls möglich. Die übrigen Faktoren sind nur unmittelbar am Standort zu bewerten. Diese Parameter wurden im Rahmen der österreichischen Bodenkartierung erfasst und sind über die digitale Bodenkarte (www.bfw.ac.at) verfügbar. Sie sind zugleich Bestandteil der Einwertungsbescheide der österreichischen Finanzbodenschätzung und liegen für jedes landwirtschaftlich genutzte Grundstück in Österreich auf.

2.3 KLASSIFIZIERUNG DER STANDORT- UND BODENDAUEREIGENSCHAFTEN

Bodenschwere:

Die Einstufung des untersuchten Bodens erfolgt entweder im Labor nach den ermittelten Anteilen an Sand, Schluff und Ton oder im Gelände durch die Fingerprobe. Zur Einstufung siehe Tabelle 2

Humusgehalt:

Die Analyse des Humusgehaltes erfolgt im Labor gemäß ÖNORM L 1080 (trockene Verbrennung), im Gelände kann der Wert aufgrund der Färbung geschätzt werden.

< 2 %	schwach humos (Humus-Gehaltsklasse A)
2 – 4,5 %	humos (Humus-Gehaltsklasse C)
> 4,5 %	stark humos (Humus-Gehaltsklasse E)

Die in früheren Auflagen der Richtlinien angeführten Werte beziehen sich auf eine Bestimmung des Humusgehaltes nach ÖNORM L 1081 (Nassoxidation), die methodisch bedingt zu etwas niedrigeren Werten führt. Da diese Methode kaum mehr angewandt wird, wurden die Richtwerte entsprechend modifiziert. Für Vergleiche mit den oben angeführten Zahlen ist ein nach ÖNORM L 1081 ermittelter Humusgehalt um 0,5 % zu erhöhen.

Karbonatgehalt:

Die Bestimmung der Karbonate erfolgt mit der Methode nach Scheibler (ÖNORM L 1084). Im Feld kann der Karbonatgehalt durch Versetzen des Bodens mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure (ca 10%ig) abgeschätzt werden. Zur Einstufung des Karbonatgehaltes siehe Tabelle 8.

Gründigkeit:

Die Gründigkeit bezeichnet die Mächtigkeit der durchwurzelbaren Bodenschicht

bis 25 cm:	seichtgründig
bis 70 cm:	mittelgründig
über 70 cm:	tiefgründig

Wasserhältnisse:

Die Wasserhältnisse können nur vor Ort beurteilt werden.

Die Klassifikation erfolgt durch folgende Begriffe:

sehr trocken
trocken, mäßig trocken, mit Wasser gut versorgt, mäßig feucht,
feucht, nass

Grobanteil:

Unter Grobanteil versteht man den Anteil an mineralischen Gemeingteilen des Bodens, die größer als 2 mm sind. Dazu zählen Grus, Steine, Schotter und Kies. Der Anteil kann im Gelände abgeschätzt und wie folgt klassifiziert werden:

0 – 20 %:	gering (unter 10 %) bis mäßig (10 – 20 %)
> 20 %:	hoch (20 – 40 %), sehr hoch (40 – 70 %) oder vorherrschend (> 70 %).

Neben den bereits genannten beeinflussen noch eine Reihe anderer Faktoren wie Bodenstruktur, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge, insbesondere aber auch die Witterung die Verfügbarkeit der Nährstoffe.

2.4 BODENDAUREIGENSCHAFTEN

2.4.1 Bodenart, Bodenschwere

Die Bodenart wird durch das Verhältnis der Korngrößenklassen Sand (S), Schluff (U) und Ton (T) zueinander charakterisiert. Die Bestimmung erfolgt gemäß der ÖNORM L 1061-2, die Einstufung gemäß ÖNORM L 1050. Durch die Bodenart wird unter anderem die Bodenbewirtschaftung wesentlich beeinflusst. Vereinfacht kann die Bodenart als „Bodenschwere“ angegeben werden, wobei nur mehr der Tongehalt berücksichtigt wird. Es gilt folgende Zuordnung (Bezeichnung der Bodenart gemäß ÖNORM L 1050, L... Lehm):

TABELLE 2: Einstufung der Bodenschwere nach dem Tongehalt oder der Bodenart

Bodenschwere	Tongehalt	Bodenart
leicht	unter 15 %	S, uS, lS, sU
mittel	15 – 25 %	tS, U, lU, sL
schwer	über 25 %	L, uL, sT, lT, T

Anmerkung: Das von der österreichischen Finanzbodenschätzung verwendete Schema für die Zuordnung weicht geringfügig von dem nach ÖNORM ab. Es können daher in Grenzbereichen unterschiedliche Zuordnungen auftreten.

Soll nur der Tongehalt ermittelt werden, kann dies durch die Bestimmung der Dichte einer Bodensuspension („Spindelmethode“) erfolgen. Für eine Abschätzung vor Ort kann die Fingerprobe verwendet werden. Die wesentlichen Bestimmungsstücke und deren Bewertung sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

TABELLE 3: Kriterien der Fingerprobe

Ausrollbarkeit	Formbarkeit	Bodenschwere
nicht oder höchstens auf Bleistiftstärke (> 7mm Durchmesser) ausrollbar	schlecht bis mäßig	leicht
auf halbe Bleistiftstärke ausrollbar (7 – 2 mm Durchmesser)	mäßig bis gut	mittel
sehr dünn ausrollbar (< 2mm Durchmesser)	sehr gut	schwer

Sehr oft steht der Humusgehalt eines Standortes in einer unmittelbaren Beziehung zur Bodenart. Böden mit höheren Gehalten an Ton- oder Schluff weisen zumeist auch höhere Humusgehalte auf. Während im Grünlandbereich im Allgemeinen keine Gefahr der Unterschreitung von optimalen Humusgehalten besteht, sollten im Ackerbau die in Tabelle 4 angeführten Humusgehalte angestrebt werden.

TABELLE 4: Gegenüberstellung von Bodenschwere und optimalem Humusgehalt (gem. ÖNORM L 1080) für ackerbaulich genutzte Flächen

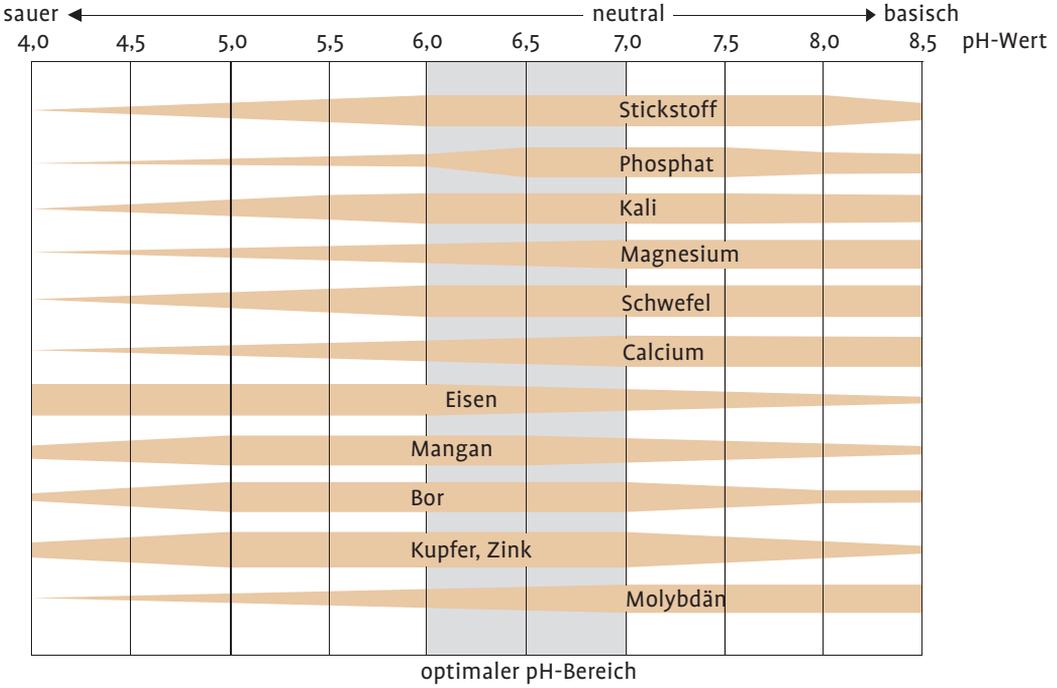
Bodenschwere	Optimaler Humusgehalt in %
leicht	>2
mittel	>2,5
schwer	>3

Werden die optimalen Gehalte nicht erreicht, kann durch kulturtechnische Maßnahmen wie Zufuhr organischer Substanz (Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffe), Vermeidung der Abfuhr von Ernterückständen, reduzierte Bodenbearbeitung oder gezielten Zwischenfruchtbau die Humusbilanz verbessert werden.

2.4.2 Bodenreaktion – Säuregrad, pH-Wert

Die Bodenreaktion (pH-Wert – gemessen in CaCl₂ gemäß ÖNORM L 1083) ist das Ergebnis von komplexen Vorgängen im Boden. Die Mobilität der Nährstoffe und das Pflanzenwachstum werden von der Bodenreaktion mitbestimmt. Die chemische Bodenreaktion reicht von stark sauer bis stark alkalisch. Die optimale Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen ist in Abb. 1 dargestellt.

ABBILDUNG 1: Beziehung zwischen Boden-pH-Wert und Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen



Bei pH-Werten unter 5,5 nimmt die Verfügbarkeit der Hauptnährstoffe, aber auch von Molybdän und Schwefel, ab. Die Spurennährstoffe Eisen, Mangan, Kupfer und Zink sind im sauren Bereich besser verfügbar. Der anzustrebende pH-Wert richtet sich nach der Bodenschwere und der Kulturart (Tab. 6 und 7). Werden die anzustrebenden pH-Werte unterschritten, so wird eine Kalkdüngung empfohlen. Die erforderliche Kalkmenge kann im Labor durch eine Kalkbedarfsbestimmung ermittelt werden. Zur Ermittlung des Kalkbedarfes (siehe auch Kapitel: Die Düngung mit Kalk) erfolgt eine Messung des pH-Wertes einer Bodensuspension in Ca-Acetat-Lösung und Berechnung nach folgender Formel:

$$H = 5703,8 - 2575,8 \times \text{pH}_{\text{Ac}} + 388,7 \times (\text{pH}_{\text{Ac}})^2 - 19,59 \cdot (\text{pH}_{\text{Ac}})^3$$

H Hilfsparameter

pH_{Ac} pH-Wert in Ca-Acetat-Lösung

Die Kalkempfehlung in t CaO/ha ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\text{Kalkempfehlung (t CaO)} = \frac{\text{pH}_{\text{Ziel}} - \text{pH}_{\text{CaCl}_2}}{10 \times (7 - \text{pH}_{\text{CaCl}_2})} \times (H \times 8,4)$$

pH_{Ziel} anzustrebender pH-Wert gem. Tabelle 6

pH_{CaCl₂} pH-Wert in CaCl₂-Lösung gemäß ÖNORM L1083

Die Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Einstufung der Bodenreaktion nach dem pH-Wert.

TABELLE 5: Einstufung der Bodenreaktion

pH-Wert	Bodenreaktion
unter 4,6	stark sauer
4,6 – 5,5	sauer
5,6 – 6,5	schwach sauer
6,6 – 7,2	neutral
7,3 – 8,0	alkalisch
über 8,0	stark alkalisch

In Tab. 6 und Abb. 2 sind die jeweils optimalen pH-Bereiche für verschiedene landwirtschaftliche Kulturpflanzen angeführt.

TABELLE 6: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenschwere, Nutzungsart und Kultur

Bodenschwere	Anzustrebender pH-Wert (CaCl ₂)		
	Ackerland	Ackerland	Grünland
	Hafer, Roggen, Kartoffel	Übrige Kulturen	
Leicht	über 5	über 5,5	um 5,0
Mittel	über 5,5	über 6	um 5,5
schwer	über 6	über 6,5	um 6,0

ABBILDUNG 2: Günstige Reaktionsbereiche und Kalkbedürftigkeit landwirtschaftlicher Kulturpflanzen

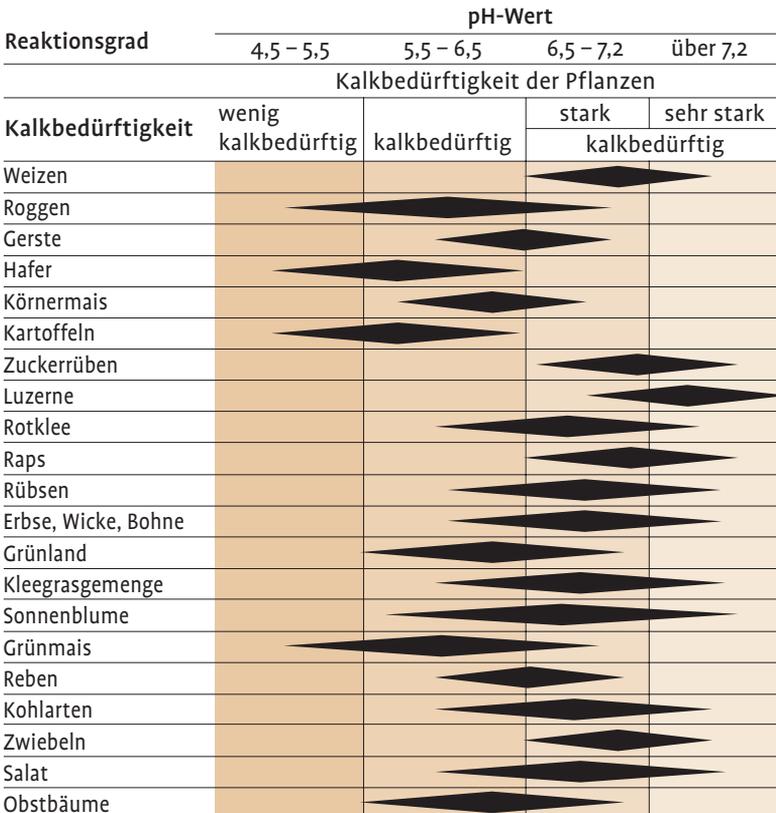


TABELLE 7: Günstige pH-Bereiche für verschiedene Kulturarten

Ackerkulturen	Grünlandkulturen	pH-Bereich
Kartoffel, gelbe Lupine	Rotschwingel, Schafschwingel, Straußgras	4,8 – 6,2
Weizen, Gerste, Hafer, Roggen, Mais, Hirsen, Ackerbohne, Sojabohne, Sonnenblume, schmalblättrige Lupine, Seradella	Hornklee, Wiesenlieschgras, Wiesenschwingel, Raygräser, Wiesenrispe, Knautgras	5,3 – 7
Raps, Rübsen, Senf, Brassica-Rüben, Lein, Erbsen, Ölerrettich	Rotklee, Weißklee,	5,6 – 7,3
Beta Rüben, Mohn, Hanf, weiße Lupine	Luzerne, Steinklee, Esparsette	6,2 – 8,0

2.4.3 Karbonatgehalt, Karbonatstest

Karbonate haben Bedeutung als Puffersubstanzen, die im Boden auftretende oder in den Boden eingebrachte saure Stoffe neutralisieren können. Die Bestimmung der Karbonate erfolgt nach Scheibler (ÖNORM L 1084). Im Feld kann der Karbonatgehalt durch Versetzen des Bodens mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure (10 % ig) abgeschätzt werden.

TABELLE 8: Bewertung des Karbonatgehaltes nach Scheibler für Acker- und Grünland

Karbonatgehalt in %	Einstufung des Karbonatgehaltes
< 1	gering
1 – 5	mittel
> 5	hoch

Wird der Karbonatgehalt als gering eingestuft, ist besonders auf die oben erwähnte Kalkdüngempfehlung zu achten.

2.4.4 Die Abschätzung des Stickstoff – Mineralisierungspotenzials

Die Mineralisierung von pflanzenverfügbarem Stickstoff aus organischer Substanz hängt von einer Vielzahl von Standortfaktoren ab, wobei der Witterung (Temperatur, Feuchtigkeit) eine wesentliche Bedeutung zukommt. Abhängig von einer Reihe von Bodeneigenschaften wie Humusgehalt, Tongehalt, pH-Wert, Gefügeform oder Porenvolumen ist für jeden Boden ein bestimmtes Mineralisierungspotenzial gegeben, das je nach Witterungsbedingungen mehr oder weniger ausgeschöpft werden kann. Es ist daher nicht möglich, eine unmittelbar anrechenbare Menge an freigesetztem Stickstoff zu ermitteln, allerdings kann durch ein System an Zu- und Abschlägen eine weitere Justierung der Stickstoffdüngung erreicht werden (siehe auch Tabelle 24).

Die Abschätzung des Mineralisierungspotenzials kann mit folgenden Methoden erfolgen:

- N-Mineralisierung im anaeroben Brutversuch (nach Kandeler, 1993),
Ergebnis in mg N/1000g Feinboden und Woche
- Humusgehalt (trockene Verbrennung gemäß ÖNORM L 1080)
- N-Mineralisierungspotenzial nach EUF (siehe Punkt 3.5.7.2.3)

Die Einstufung des N-Mineralisierungspotenzials aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung der anaeroben Mineralisierung und des Humusgehalts ist in Tabelle 9 wiedergegeben.

TABELLE 9: Einstufung des Stickstoffmineralisierungspotenzials durch die anaerobe Mineralisierung bzw. durch den Humusgehalt

Einstufung des Mineralisierungspotenzials	Anaerobe N-Mineralisation in mg N/1000 g Feinboden und Woche	Humusgehalt in %
niedrig	unter 35	unter 2
mittel	35 – 75	2 – 4,5
hoch	über 75	über 4,5

Auf Standorten mit pH-Wert < 5,5 kann in den meisten Fällen ein niedriges N-Mineralisierungspotential angenommen werden.

2.5 VERFÜGBARE NÄHRSTOFFE

2.5.1 Verfügbarkeit von Stickstoff

Der Gesamtbedarf an Stickstoff ist im Wesentlichen von der Kultur und deren Ertragsniveau abhängig und kann durch Analyse des Pflanzenmaterials einfach bestimmt werden. Viel schwieriger ist die Abschätzung der Verfügbarkeit während der aktuellen Vegetationsperiode, da die Nachlieferung aus der organischen Substanz des Bodens von vielen Faktoren (z.B. Witterung, Bodeneigenschaften, Bewirtschaftungsweise, Vorfrucht, pH-Wert, C/N-Verhältnis) beeinflusst wird. Nur ein enges C/N-Verhältnis (<15:1) kann zu einer nennenswerten N-Mineralisierung führen.

Im Gegensatz zu allen anderen Nährstoffen liegt der überwiegende Anteil des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden in leicht löslicher Form (Nitrat, Ammonium) vor. Der Gehalt dieses „mineralischen“ Stickstoffs (N_{\min}) kann zwar sehr gut bestimmt werden, allerdings kann er sich durch die oben genannten Faktoren innerhalb kurzer Zeit ändern. Die Bemessung der N-Düngung erfolgt daher üblicherweise auf Basis von Richtwerten, wobei in Abhängigkeit von den Standortbedingungen Zu- und Abschläge berücksichtigt werden. Die Untersuchung des leicht verfügbaren Stickstoffs ist nur zu genau definierten Zeitpunkten sinnvoll und wird im Kapitel 3.5 „Die Stickstoffdüngung nach N_{\min} “ detailliert beschrieben. Darüber hinaus kann die Stickstoffversorgung auch mit anderen Methoden wie der anaeroben Bebrütung („nachlieferbarer Stickstoff“), EUF oder dem N-Tester abgeschätzt und für die Düngeempfehlung berücksichtigt werden.

2.5.2 Die Einstufung des Gehaltes an Phosphor und Kalium nach CAL (ÖNORM L 1087)

Die Bestimmung des Gehaltes an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium erfolgt im Calcium-Acetat-Lactat (CAL)- Extrakt gemäß ÖNORM L 1087. Bei Böden mit pH-Werten unter 6 werden apatitische Phosphate unzureichend erfasst. In diesem Fall ist entweder eine Bestimmung des Phosphor - Gehaltes im Doppel-Laktat-Extrakt gemäß ÖNORM L 1088 oder eine Berechnung zur Einstufung gemäß ÖNORM L 1087 durchzuführen. Die Ergebnisse werden jeweils in mg Reinnährstoff (P oder K) pro 1000g Feinboden angegeben. Die Zuordnung der Analysenwerte zu den entsprechenden Gehaltsklassen und Versorgungsstufen erfolgt gemäß den Tabellen 10 und 12.

TABELLE 10: Einstufung der Phosphorgehalte

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Ackerland	Grünland
		mg P/1000g	mg P/1000g
A	sehr niedrig	unter 26	unter 26
B	niedrig	26 – 46	26 – 46
C	ausreichend	47 – 111	47 – 68
D	hoch	112 – 174	69 – 174
E	sehr hoch	über 174	über 174

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,23 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg P₂O₅/100g.

Entspricht der Gehalt an Phosphor der Gehaltsklasse D (hoch versorgt), ist bei Hackfrüchten eine Phosphatdüngung in halber Höhe der für die Gehaltsstufe C empfohlenen Gaben sinnvoll (siehe Tabelle 31), wenn die Gehalte an wasserlöslichem Phosphor unter den in Tab. 11 angeführten Mindestgehalten liegen.

Die Bestimmung des Gehalts an wasserlöslichem Phosphor erfolgt gemäß ÖNORM L 1092 im Extraktionsverhältnis 1 + 20. In Tabelle 11 sind den entsprechenden Wertebereichen innerhalb der Gehaltsklasse D die Mindestgehalte an wasserlöslichem Phosphor zugeordnet.

TABELLE 11: Mindestgehalte an wasserlöslichem Phosphor für Wertebereiche innerhalb der Gehaltsklasse D

Wertebereiche Gehaltsklasse D für Phosphor	Mindestgehalt an wasserlöslichem Phosphor
mg P/1000g P (CAL)	mg P/1000g (H ₂ O)
112 – 129	8,7
130 – 159	6,5
160 – 174	4,4

Für die Einstufung des Kaliumgehaltes ist neben dem Gehalt im CAL – Extrakt auch die Bodenschwere (gemessen am Tongehalt) von wesentlicher Bedeutung. Darüber hinaus sind Grünlandstandorte anders als Ackerstandorte zu bewerten. Die entsprechenden Zuordnungen sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

TABELLE 12: Einstufung der Kaliumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere

		mg K/1000g			mg K/1000g
		Ackerland			Grünland
		Bodenschwere			Bodenschwere
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht	mittel	schwer	
A	sehr niedrig	unter 50	unter 66	unter 83	unter 50
B	niedrig	50 – 87	66 – 112	83 – 137	50 – 87
C	ausreichend	88 – 178	113 – 212	138 – 245	88 – 170
D	hoch	179 – 291	213 – 332	246 – 374	171 – 332
E	sehr hoch	über 291	über 332	über 374	über 332

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,12 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg K₂O/100g.

Bei der Erstellung der Düngeempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 3.9 „Die Düngung mit Phosphor und Kalium im Ackerbau“).

2.5.3 Kaliumfixierung

In tonreichen Böden kann es zur Festlegung von Kalium kommen. Aus dem analytisch ermittelten Wert der Kaliumfixierung (ÖNORM L 1097) wird die zum Ausgleich notwendige Menge an Kaliumdüngung nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Ausgleichsdüngung (kg/ha K}_2\text{O)} = (\text{Kaliumfixierung in mg K /1000g} - 249) \times 0,84$$

2.5.4 Austauschbare Kationen

Elektrisch geladene Teilchen können aufgrund der Oberflächenladung der Bodenbestandteile adsorbiert werden. Da im Boden die negativen Überschussladungen von Ton- und Humusteilchen sowie Oxiden überwiegen, können vor allem positiv geladene Ionen – sogenannte Kationen – gut gespeichert werden. Dazu zählen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium als „basisch wirkende“ und Aluminium, Eisen, Mangan und Protonen als „sauer wirkende“ Kationen. Die Bestimmung der Menge an austauschbaren Kationen im Boden erfolgt gemäß ÖNORM L 1086-1.

Um ein ausgeglichenes Nährstoffangebot und eine günstige Bodenstruktur zu gewährleisten, sollte der Sorptionskomplex des Bodens folgendermaßen belegt sein:

60 – 90 %	mit Calcium (Ca)
5 – 15 %	mit Magnesium (Mg)
2 – 5 %	mit Kalium (K)
weniger als 1 %	mit Natrium (Na)

Starke Abweichungen von diesen Werten können zu einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit führen. Ca-Werte unter 50 % sind häufig die Ursache für eine schlechte Bodenstruktur. Steigt der Na-Wert über 5 %, kommt es zu einem „Zerfließen“ des Bodens. Mg-Werte unter 10 % können in Verbindung mit hohen Werten an austauschbarem Kalium Magnesiummangelsymptome verursachen.

Die Gesamtmenge an austauschbaren Kationen (bei sauren Böden auch einschließlich Al, Mn, Fe und H) ist in erster Linie vom Ausgangsmaterial des Bodens abhängig und kann stark variieren. Die Austauschkapazität wird in Centimol Ionenäquivalent pro 1000g Boden (cmol +/1000 g) angegeben und liegt normalerweise im Bereich zwischen 10 und 40 cmol +/1000g. Ton- und humusreiche Böden haben eine höhere Sorptionskraft und damit auch eine höhere Austauschkapazität als beispielsweise humusarme Sandböden. Die Austauschkapazität eines Bodens kann mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Summe der Kationen (cmol +/1000g)} = (\text{Humusgehalt (\%)} \times 2) + (\text{Tongehalt (\%)} : 2)$$

Bei erhöhten Gehalten von sauer wirkenden Kationen, insbesondere aber Aluminium, sind die entsprechenden Empfehlungen zur Kalkdüngung oder Erhaltungskalkung zu beachten.

2.5.5 Die Einstufung der Magnesiumgehalte

Der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Magnesium wird gemäß ÖNORM L 1092 (Methode nach Schachtschabel) oder im CAT-Extrakt gemäß VDLUFA Methodenbuch ermittelt. Ebenso wie beim pflanzenverfügbaren Kalium spielt die Bodenschwere für die Einstufung eine wesentliche Rolle, die Kulturart ist ohne Belang. Die Zuordnungen der Werte zu den Gehaltsklassen sind in Tabelle 13 angeführt.

TABELLE 13: Einstufung der Magnesiumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere für Ackerland, Wein- und Obstgärten, Feldgemüse und für Grünland

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	mg Mg /1000g		
		Bodenschwere		
		leicht	mittel	schwer
A	sehr niedrig	–	unter 30	unter 40
B	niedrig	unter 50	30 – 55	40 – 75
C	ausreichend	50 – 75	56 – 105	76 – 135
D	hoch	76 – 150	106 – 190	136 – 220
E	sehr hoch	über 150	über 190	über 220

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,1 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg Mg/100g.

Bei der Erstellung der Düngeempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 3.12 „Düngung mit Magnesium im Acker- und Grünland“).

2.5.6 Die Einstufung der Gehalte an Spurenelementen

Die Pflanzenverfügbarkeit von Spurenelementen ist von zahlreichen Faktoren abhängig, wobei vor allem dem pH-Wert und dem Humusgehalt eine wesentliche Bedeutung zu kommen. Eine Interpretation von Untersuchungsergebnissen sollte daher immer unter Berücksichtigung möglichst vieler Informationen zum Standort erfolgen. Die Verfügbarkeit kann durch verschiedene Extraktionsverfahren abgeschätzt werden, derzeit sind folgende Methoden in Verwendung:

Extraktion gemäß ÖNORM L 1089 (EDTA) für Eisen, Mangan, Kupfer und Zink

Extraktion gemäß ÖNORM L 1090 (Acetat) für Bor

TABELLE 14: Einstufung der Gehalte an Spurenelementen (mg/1000 g)

		Bor		Kupfer	Zink	Mangan	Eisen	Selen
		Bodenschwere						
Gehaltsklasse	Versorgung	leicht	mittel, schwer					
A	niedrig	unter 0,2	unter 0,3	unter 2	unter 2	unter 20	unter 20	< 0,03
C	mittel	um 0,6	um 0,8	um 8	um 8	um 70	um 100	um 2
E	hoch	über 2,0	über 2,5	über 20	über 20	über 200	über 300	> 1

Die Bestimmung von Spurenelementen (Eisen, Mangan, Kupfer, Zink und Bor) ist auch im Extrakt mit $\text{CaCl}_2/\text{DTPA}$ (CAT) – Lösung gemäß VDLUFA – Methodenbuch möglich. Derzeit liegt für Österreich noch keine Kalibrierung für die Zuordnung der Werte zu Gehaltsklassen vor.

2.5.7 Die Einstufung der Nährstoffversorgung nach der EUF - Methode

2.5.7.1 Prinzip der Methode

Das Prinzip des Verfahrens der Elektro-Ultrafiltration (EUF) besteht darin, einer Suspension von Boden in Wasser (Verhältnis 1 + 10) durch das Anlegen elektrischer Spannung Nährstoffe zu entziehen. Dabei werden neben der Spannung auch Temperatur und Zeit variiert, wodurch Nährstoff-Fractionen mit unterschiedlicher Bindungsstärke und damit unterschiedlicher Pflanzenverfügbarkeit gewonnen werden. Routinemäßig werden in einem Extraktionsvorgang für jeden Nährstoff 2 Fractionen erfasst. Die in der 1. Fraction enthaltenen Nährstoffe sind leicht für die Pflanze verfügbar. Die anschließende 2. Fraction charakterisiert das Nachlieferungspotenzial.

2.5.7.2 Mineralischer Stickstoff und Mineralisierungspotenzial nach EUF

Berechnungsgrundlagen

- Nitratstickstoff (EUF- $\text{NO}_3\text{-N}$: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraction)
- mineralisierbarer organischer Stickstoff (EUF-N_{org}: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraction)
- Nachhaltigkeit der Mineralisierung (EUF-N_{org}-Q: Quotient aus 2. und 1. Fraction des EUF-N_{org})

Festgestellte mittlere Gehalte

EUF- NO_3 -Stickstoff:

Nach Ende der Nährstoffaufnahme der Vorfrucht findet sich in der Regel ein Gehalt von weniger als 1,5 mg/100g Boden. Nach anhaltenden Trockenperioden können höhere Werte auftreten.

EUF-N_{org}: Die Gehalte sind in hohem Maße standort- und bewirtschaftungsabhängig. 90 % der beobachteten Werte liegen zwischen 1,3 und 2,8 mg/100g Boden.

Auf Standorten mit sehr niedrigem Gehalt an Kalzium (kleiner 20 mg EUF-Ca/100g Boden in der 2. Fraktion) können Gehalte größer 4 mg EUF-N_{org}/100g Boden auftreten. Diese sind Hinweis auf eine gestörte Mineralisierung infolge der gegebenen sauren Bodenbedingungen.

Die Stickstoffnachlieferung

Stickstoffnachlieferung zur aktuellen Kultur:

Die Kalkulation des Stickstoffnachlieferungspotenzials zur aktuellen Kultur erfolgt auf Basis der folgenden Berechnung: $\text{Nitrat} \times 44 + N_{\text{org}} \times 44 + N_{\text{org}} - Q \times 150 (-75) = \text{kg N/ha Nachlieferung aus dem Boden}$

Dabei findet auch der Gehalt an Nitrat Berücksichtigung.

Stickstoffnachlieferung langfristig:

Das „langfristige Stickstoffnachlieferungspotenzial“ (Mineralisierungspotenzial) wird entsprechend der Formel: $N_{\text{org}} \times 44 + N_{\text{org}} - Q \times 150 (-75) = \text{kg N/ha Nachlieferung aus dem Boden}$ abgeschätzt.

Liegen schlechte Mineralisierungsbedingungen vor, können vom ausgewiesenen Nachlieferungspotenzial Abschlüsse gemacht werden.

TABELLE 15: Richtwerte zur Einstufung des Stickstoffnachlieferungspotenzials

Stickstoffnachlieferungspotenzial	Nachlieferung aktuell kg N/ha aus EUF-N	Nachlieferung langfristig kg N/ha aus EUF-N _{org}
Niedrig	≤ 140	≤ 70
Mittel	≤ 170	≤ 100
Hoch	> 170	> 100

2.5.7.3 Die Einstufung der Versorgung mit Phosphor, Kalium und Calcium nach EUF

2.5.7.3.1 Phosphor

Berechnungsgrundlage

- sofort verfügbarer Phosphor (EUF-PI: P-Gehalt der 1. Fraktion)
- nachlieferbarer Phosphor (EUF-PII: P-Gehalt der 2. Fraktion)
- Nachlieferungsvermögen (EUF-PII/EUF-PI)
- EUF-Calcium-Gehalt (EUF-CaII: Ca – Gehalt der 2. Fraktion)

Festgestellte mittlere Gehalte

Phosphor liegt im Boden in verschiedenen chemischen Bindungen vor. Über die letztlich pflanzenverfügbare Phosphormenge entscheidet neben dem Gehalt an EUF-PI und EUF-PII der Gehalt an EUF-CaII. Dieser definiert den Kalkzustand des Bodens.

Für Standorte mit niedrigem Kalziumgehalt (25 bis 45 mg EUF-CaII/100g Boden) findet sich in Summe der Gehalte an EUF-PI und EUF-PII ein mittlerer Wert von ca. 3,7 mg P/100g Boden. Bei hohem Calciumgehalt (55 bis 75 mg EUF-CaII/100g Boden) liegt der vergleichbare Wert bei ca. 2,2 mg P/100g Boden. Letztere Standorte zeichnen sich durch ein hohes Nachlieferungsvermögen aus.

Gehaltsklassen

Die der Einteilung in Gehaltsstufen zugrunde liegenden Grenzwerte (Summe EUF-PI und EUF-PII) stehen in Abhängigkeit des EUF-Calcium-Gehaltes und des Nachlieferungsvermögens für Phosphor. Nachfolgende Tabelle zeigt den Zusammenhang anhand von zwei Fallbeispielen.

TABELLE 16: Einstufung der EUF-Phosphorgehalte

Gehaltsklasse	Versorgung	Richtwerte EUF-P in mg/100g Boden	
		EUF-CaII = 40 EUF-PII/EUF-P = 0,5	EUF-CaII = 60 EUF-PII/EUF-PI = 0,8
A	sehr niedrig	bis 1,1	bis 1,0
B	niedrig	bis 2,1	bis 1,9
C	ausreichend	bis 4,8	bis 4,3
D	hoch	bis 8,2	bis 7,5
E	sehr hoch	über 8,2	über 8,2

2.5.7.3.2 Kalium

Berechnungsgrundlagen

- sofort verfügbares Kalium (EUF-KI: K-Gehalt der 1. Fraktion)
- nachlieferbares Kalium (EUF-KII: K-Gehalt der 2. Fraktion)
- Nachlieferungsvermögen (EUF-KII/ EUF-KI)
- EUF-Calcium-Gehalt (EUF-CaII: Ca-Gehalt der 2. Fraktion)

Berücksichtigung findet ferner – als Maß der Bodenschwere - der Gehalt an Kalium-selektiven Mineralien (KSM). Dieser wird aus den vorliegenden EUF-Daten ermittelt

Festgestellte mittlere Werte

Für Standorte mit niedrigem Kalziumgehalt (25 bis 45 mg EUF-CaII/100g Boden) findet sich in Summe der Gehalte an EUF-KI und EUF-KII ein mittlerer Wert von ca. 15,7 mg K/100g Boden. Bei hohem Kalziumgehalt (55 bis 75 mg EUF-CaII/100g Boden) liegt der vergleichbare Wert bei ca. 18,5 mg/100g Boden.

Gehaltsstufen

Die der Einteilung in Gehaltsstufen zugrunde liegenden Richtwerte (Summe EUF-KI und EUF-KII) stehen in Abhängigkeit des EUF-Calcium-Gehaltes und des Nachlieferungsvermögens für Kalium. Nachfolgende Tabelle zeigt den Zusammenhang anhand von drei Fallbeispielen.

TABELLE 17: Einstufung der EUF-Kaliumgehalte

Gehaltsstufe	Versorgung	Richtwerte EUF-K in mg/100g Boden		
		EUF-CaI = 40 EUF-KII/ EUF-KI = 0,5	EUF-CaII = 60 EUF-KII/ EUF-KI = 0,7	EUF-CaII = 60 EUF-KII/ EUF-KI = 0,8
A	sehr niedrig	bis 3,7	bis 4,7	bis 5,7
B	niedrig	bis 9,8	bis 11,0	bis 12,0
C	ausreichend	bis 21,7	bis 23,2	bis 24,4
D	hoch	bis 39,5	bis 41,4	bis 42,8
E	sehr hoch	darüber	darüber	darüber

2.5.7.3.3 Kalzium

Berechnungsgrundlagen

- pflanzenverfügbares Calcium (EUF-CaI: Ca-Gehalt der 1. Fraktion)
- Kalziumvorrat des Bodens (EUF-CaII: Ca-Gehalt der 2. Fraktion)

TABELLE 18: Ableitung der Bodenreaktion aus dem Ca-Gehalt der 2. EUF-Fraktion

Bodenreaktion	pH-Wert (CaCl ₂)	mg EUF-CaII/100g
sauer	4,6 – 5,5	bis 9
schwach sauer	5,6 – 6,5	10 – 24
neutral	6,6 – 7,2	25 – 60
alkalisch	7,3 – 8,0	über 60

2.5.7.3.4 Die Einstufung der Magnesiumgehalte nach EUF

Berechnungsgrundlagen

- pflanzenverfügbares Magnesium (EUF-Mg: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraktion)
- EUF-Calcium-Gehalt (EUF-CaII: Ca-Gehalt der 2. Fraktion)

TABELLE 19: Einstufung der EUF-Magnesiumgehalte

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Richtwerte EUF-Mg in mg/100g Boden	
		EUF-CaII = 40	EUF-CaII = 60
A	niedrig	bis 1,3	bis 0,9
C	mittel	bis 1,9	bis 1,6
E	hoch	über 1,9	über 1,6

2.5.7.3.5 Die Einstufung der Gehalte an Bor nach EUF

Berechnungsgrundlagen

pflanzenverfügbares Bor (EUF-B: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraktion)

TABELLE 20: Einstufung der EUF – Borgehalte

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Richtwerte EUF-B in mg/100g Boden
A	niedrig	bis 0,65
C	mittel	bis 0,95
E	hoch	über 0,95

DIE ERSTELLUNG EINES DÜNGEPLANES

3)

3.1 ALLGEMEINES

Während bei der P- und K-Düngeempfehlung Bodenanalysenwerte die Basis bilden, handelt es sich bei der Stickstoffdüngungsempfehlung um Richtwerte, die anhand von Feldversuchen unter Berücksichtigung des Pflanzenentzuges erstellt wurden und nach den Standortfaktoren oder nach den Erfahrungen des Landwirtes gegebenenfalls noch zu korrigieren sind. Zusätzlich gibt es andere gleichwertige Methoden (N_{\min} , N-Tester, EUF). Bei der Bemessung der Stickstoffdüngermengen sind die gültigen gesetzlichen Bestimmungen des Wasser- und Bodenschutzrechtes einzuhalten.

3.2 DIE EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEIT

Der Nährstoffbedarf wird unter anderem von der Höhe des erzielten Ertrages beeinflusst, der seinerseits wesentlich von den Standorteigenschaften abhängt. Die Ertragslage ist im mehrjährigen Durchschnitt relativ konstant und wird bei der Erstellung des Düngeplanes berücksichtigt.

Zur Einstufung der Ertragslage eines Standortes können die Zahlen der Tabelle 21 herangezogen werden, wobei sich die Angaben auf einen mehrjährigen Durchschnitt beziehen. Eine Einstufung der Ertragslage eines Standortes mit „hoch“ ist nur möglich, wenn für den überwiegenden Anteil der Fläche eines Schrages (über 50 %)

- der natürliche Bodenwert nach den Ergebnissen der Österreichischen Bodenkartierung nicht als „geringwertiges Ackerland“ ausgewiesen ist oder
- die Ackerzahl nach den Ergebnissen der österreichischen Finanzbodenschätzung größer als 30 ist oder
- die Bodenlimazahl (Ertragsmesszahl des Grundstückes dividiert durch die Grundstücksfläche in Ar; diese Daten sind je landwirtschaftlich genutztem Grundstück auf dem Auszug aus dem Grundstücksverzeichnis ersichtlich) größer als 30 ist.

Die oben genannten Einstufungen sind als gleichwertig anzusehen, die Einstufung nach nur einem einzigen Kriterium ist ausreichend.

Liegen Aufzeichnungen über die durchschnittlich erzielten Erträge unmittelbar vergleichbarer Flächen vor, kann eine Einstufung nach diesen erfolgen.

Bei Kulturarten mit einer Spätdüngung (z.B. Winterweizen), bei denen zum Zeitpunkt der letzten Stickstoffdüngung das tatsächliche Ertragsniveau bereits abschätzbar ist, ist eine Stickstoffbemessung nach dem korrigierten Ertragsniveau zulässig.

TABELLE 21: Einschätzung der Ertragsmöglichkeiten

	Kulturart	Einschätzung der Ertragslage des Standortes (in t/ha)		
		niedrig	mittel	hoch
Getreide	Weizen, Rohproteingehalt < 14 % idTM	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
	Weizen, Rohproteingehalt ≥ 14 % idTM	< 3,5	3,5 – 5,5	> 5,5
	Durum-Weizen	< 3,0	3,0 – 4,5	> 4,5
	Dinkel (entspelzt)	< 1,5	1,5 – 2,5	> 2,5
	Roggen	< 3,5	3,5 – 5,5	> 5,5
	Wintergerste	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
	Triticale	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
	Sommerfuttergerste	< 3,5	3,5 – 5,5	> 5,5
	Braugerste, Hafer	< 3,5	3,5 – 5,0	> 5,0
Hackfrüchte	Körnermais	< 6,0	6,0 – 10,0	> 10,0
	Silomais (Trockenmasse)	< 13,3	13,3 – 16,7	> 16,7
	Silomais (Frischmasse)	< 40,0	40,0 – 50,0	> 50
	Zuckerrübe	< 45,0	45,0 – 60,0	> 60,0
	Futterrübe	< 60,0	60,0 – 100,0	> 100,0
	Speisekartoffel, Industriekartoffel	< 25,0	25,0 – 35,0	> 35,0
	Früh- und Pflanzkartoffel (Marktware)	< 15,0	15,0 – 20,0	> 20,0
Öl- und Eiweißpflanzen	Körnerraps, Sonnenblume	< 2,0	2,0 – 3,0	> 3,0
	Körnererbse	< 2,5	2,5 – 4,5	> 4,5
	Ackerbohne	< 2,0	2,0 – 4,5	> 4,5
	Sojabohne	< 1,5	1,5 – 2,5	> 2,5
Sonderkulturen	Mohn	< 0,6	0,6 – 0,8	> 0,8
	Kümmel	< 1,0	1,0 – 1,5	> 1,5
Feldfutterbau	Zwischenfruchtfutterbau (Frischmasse)	< 15,0	15,0 – 25,0	> 25,0
	Feldfutter kleebetont	< 7,0	7,0 – 10,0	> 10,0
	Feldfutter gräserbetont	< 7,0	7,0 – 10,5	> 10,5
	Feldfutter gräserrein	< 8,0	8,0 – 12,0	> 12,0
Sämereivermehrung (Samenertrag)	Alpingräser	< 0,1	0,1 – 0,4	> 0,4
	Gräser für das Wirtschaftsgrünland	< 0,2	0,2 – 0,7	> 0,7
	Rotklee	< 0,3	0,3 – 0,5	> 0,5

3.3 DIE STICKSTOFFDÜNGUNG NACH RICHTWERTEN

Bei der Stickstoffdüngempfehlung handelt es sich um Richtwerte, die nach der Ertragslage, aufgrund der Bodendauereigenschaften (Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserverhältnisse, Grobanteil) und des standörtlichen Stickstoffmineralisierungspotenzials (Bewertung durch die anaerobe Mineralisation oder den Humusgehalt) zu korrigieren sind.

Die Empfehlungsgrundlagen für die Stickstoffdüngung der wichtigsten Kulturarten sind in Tabelle 22 zusammengestellt.

TABELLE 22: *Empfehlungsgrundlage für die Stickstoffdüngung in kg N/ha bei mittlerer Ertragserwartung*

	kg N/ha	
Getreide	Weizen	110 – 130
	Roggen	80 – 100
	Dinkel	60 – 80
	Wintergerste	100 – 120
	Triticale	90 – 110
	Sommerfuttergerste	80 – 100
	Sommerbraugerste	50 – 70
	Hafer	70 – 90
Hackfrüchte	Mais (CCM, Körnermais)	120 – 140
	Silomais	140 – 160
	Zuckerrübe	90 – 110
	Futterrübe	120 – 140
	Speisekartoffel, Industriekartoffel	110 – 130
	Früh- und Pflanzkartoffel	90 – 110
Öl- und Eiweißpflanzen	Körnererbse, Ackerbohne	0 – 60
	Sojabohne	0 – 60
	Körnerraps	120 – 140
	Sonnenblume	40 – 60
Zwischenfrucht(futter)bau	ohne Leguminosen	40 – 80
	mit Leguminosen	0 – 40
Sonderkulturen	Mohn	50 – 80
	Kümmel (Anbaujahr)	30 – 40
	Kümmel (Erntejahr)	60 – 80
Feldfutter als Teil der Fruchtfolge im Ackerbau	kleebetont (über 40 Flächen-%)	0 – 40
	gräserbetont	140 – 180
	Gräserreinbestände	160 – 200
Sämereivermehrung	Alpingräser	70 – 100
	Gräser für das Wirtschaftsgrünland	90 – 110
	Rotklee	0 – 20

Anmerkungen zu Tabelle 22:

- Beim Anbau von Körnererbse, Ackerbohne und Sojabohne ist bei Verwendung von unbeimpftem Saatgut, bei mangelhaftem Knöllchenbesatz oder bei erstmaligem Anbau eine Stickstoffgabe bis zu 60 kg/ha zu empfehlen.
- Die Bemessung der Stickstoffgabe im Zwischenfruchtfutterbau ohne Leguminosen sowie im Feldfutteranbau erfolgt auf Basis der Ertragslage und des Anbauzeitpunktes ohne weitere Zu- und Abschläge gemäß Tabelle 24.
- Die Bemessung der Stickstoffgabe im Zwischenfruchtfutterbau mit Leguminosen erfolgt je nach Leguminosenanteil.
- Empfehlungen werden üblicherweise auf Basis des Mittelwertes der oben angegebenen Spanne erstellt, ein Ausschöpfen der gesamten Spanne gilt jedoch ebenfalls als sachgerecht.

Grundsätzlich ist die Teilung von Stickstoffgaben ab 100 kg N/ha in schnell wirkender Form empfehlenswert. Schnell wirksam sind der Nitrat-, Ammonium- und Amidgehalt von mineralischen Düngemitteln sowie der Ammoniumanteil von Wirtschaftsdüngern und Sekundärrohstoffen. Dünger mit physikalisch oder chemisch verzögerter Stickstofffreisetzung („slow release fertilizer“) können von der Gabenteilung ausgenommen werden. Auch zu Hackfrüchten und Gemüsekulturen kann auf ebenen, mittelschweren und schweren Böden (Tongehalt des Bodens über 15 %) der Stickstoff in einer Gabe verabreicht werden. Auf jeden Fall sind jedoch die rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Aktionsprogramm Nitrat, Schongebietsverordnungen) zur Gabenteilung einzuhalten.

Bei der Verteilung der angegebenen Düngermengen ist in Abhängigkeit von der Kulturart folgendermaßen vorzugehen:

Bei **Winterweizen** wird zur Erzielung hoher Qualitäten (Rohproteingehalte) eine Aufteilung der Stickstoffdüngermenge auf drei Termine (zu Vegetationsbeginn, vor dem Schossen, vor dem Ährenschieben) empfohlen. Die 3. Gabe soll zu Lasten der ersten Gabe betont werden.

Bei **Wintergerste** und **Winterroggen** ist eine Gabenteilung auf 2 - 3 Angebotstermine sinnvoll.

Bei **Sommerbraugerste** ist eine einmalige N-Gabe zur Saat angebracht, zu **Sommerfuttergerste** und **Hafer** sollten die N-Gaben geteilt werden (zur Saat und beim Schossen).

Bei **Körnerraps** sollte im Herbst eine mäßige Düngung nur nach dem Einarbeiten hoher Mengen an Getreidestroh auf Böden mit geringer Stickstoff - Nachlieferung und/oder bei sehr niedrigen N_{\min} - Werten erfolgen. Die Stickstoffdüngung im Frühjahr ist auf die Entwicklung zu Beginn der Vegetationsperiode abzustimmen. In schwachen Beständen (weniger als 6 Blätter) sollte die erste Gabe stärker betont werden, um die Blattneubildung anzuregen. Gleiches gilt für Rapsbestände, die zwar im Herbst mehr Blätter angelegt, diese jedoch über den Winter wieder verloren haben. Bei sehr gut entwickelten Beständen ohne Blattverlust (mehr als 10 Blätter) ist die erste Gabe zu reduzieren und die zweite Gabe zum Streckungswachstum stärker zu betonen.

Eine Unterfuß- bzw. Reihendüngung zu **Mais** mit einem stickstoff- und phosphathältigen Düngemittel bei der Saat ist auf schweren Böden mit verzögerter Erwärmung günstig.

Bei **Beregnung** ist die mit dem Beregnungswasser zugeführte Nitrat-Stickstoffmenge ab einer Menge von 10 kg/ha zu berücksichtigen (siehe Tabelle 23).

TABELLE 23: Berechnung des Stickstoffeintrages durch das Gießwasser in Abhängigkeit vom Nitratgehalt

	mm Beregnungswasser			
	50	100	150	200
mg Nitrat/l	kg Reinstickstoff/ha			
10	(1)	(2)	(3)	(5)
20	(2)	(5)	(7)	(9)
30	(3)	(7)	10	14
40	(5)	(9)	14	18
50	(6)	11	17	23
60	(7)	14	20	27
70	(8)	16	24	32
80	(9)	18	27	36
90	10	20	30	41
100	11	23	34	45
110	12	25	37	50
120	14	27	41	54
130	15	29	44	59
140	16	32	47	63
150	17	34	51	68
160	18	36	54	72
170	19	38	58	77
180	20	41	61	81
190	21	43	64	86
200	23	45	68	90

3.4 ANPASSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AN DIE STANDORTFAKTOREN

Die Stickstoffnachlieferung und -verfügbarkeit an einem Standort ist von einer Reihe Standortfaktoren abhängig. Die entsprechenden Korrekturfaktoren für Zu- und Abschläge sind in Tabelle 24 angeführt. Als Basis dient jeweils die in Tabelle 22 angegebene Empfehlungsgrundlage.

TABELLE 24: Zu- und Abschläge bei der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit von den Standortfaktoren, Angaben in % vom Wert der Empfehlungsgrundlage für mittlere Ertragserswartung gemäß Tabelle 24

Standorteigenschaft	Einstufung	Korrektur
Ertragserswartung	niedrig	- 20 %
	mittel	0
	hoch	+ 20 (bis + 40 % ¹⁾)
Gründigkeit	seicht	0
	mittel	0
	tief	+ 5 %
Bodenschwere	sehr leicht, leicht	- 5 %
	mittelschwer	0
	schwer, sehr schwer	+ 5 %
Stickstoffnachlieferungspotential des Standortes	niedrig	+ 10 %
	mittel	0
	hoch	- 15 %
Wasserverhältnisse	sehr trocken	- 5 %
	trocken bis mäßig feucht	0
	feucht, nass	- 5 %
Grobanteil	kein Grobanteil	0
	gering bis mäßig	0
	hoch bis vorherrschend	- 5 %

¹⁾ siehe Tabelle 25

Sonderregelungen zu Tabelle 24:

- Bei niedrigem Stickstoffnachlieferungspotenzial des Standortes kann im Zuckerrübenanbau in Extremfällen ein Zuschlag bis zu +30 %, im Kartoffelanbau bis zu +25 % erfolgen.
- Bei hohem Stickstoffnachlieferungspotenzial des Standortes kann bei Mais, Kartoffel und Sonnenblume ein Abschlag bis zu -25 %, bei Zuckerrübe und Futterrübe bis zu -30 % erfolgen.

Bei hoher Ertragserswartung ist bei manchen Kulturen eine weitere Staffelung sinnvoll. Die entsprechenden Zuschlagsfaktoren sind in Tabelle 25 zusammengefasst. Die Zuschläge für hohe Ertragserswartung sind dann sachgerecht, wenn das entsprechende Ertragsniveau nicht nur in einzelnen Jahren, sondern im Durchschnitt mehrerer Jahre erreicht wird. Die Summe aller Zuschläge darf 50 % nicht überschreiten.

TABELLE 25: Zuschläge zur Stickstoffdüngung nach Ertragsspannen bei hoher Ertragserwartung

Kultur	Zuschlag bei hoher Ertragserwartung		
	+ 20 %	+ 30 %	+ 40 %
	Ertragsspannen (t/ha)		
	über ... bis	über ... bis	über
Weizen, Rohproteingehalt < 14 % idTM	6 – 7,5	7,5 – 9	9
Weizen, Rohproteingehalt ≥ 14 % idTM	5,5 – 7	7 – 8,5	8,5
Durum-Weizen	4,5 – 6	6 – 7,5	7,5
Dinkel (entspelzt)	2,5	–	–
Roggen	5,5 – 7	7 – 8,5	8,5
Wintergerste	6 – 7,5	7,5 – 9	9
Triticale	6 – 7,5	7,5 – 9	9
Sommerfuttergerste	5,5 – 7	7 – 8,5	8,5
Braugerste, Hafer	5 – 6,5	6,5 – 8	8
Körnermais	10 – 11,5	11,5 – 13	13
Silomais (Trockenmasse)	16 – 18,5	18,5 – 21	21
Silomais (Frischmasse)	50 – 57,5	57,5 – 65	65
Zuckerrübe	60 – 70	70 – 80	80
Futterrübe	100		
Speisekartoffel, Industriekartoffel	35 – 45	45 – 55	55
Früh- und Pflanzkartoffel (Marktware)	20	–	–
Körnerraps,	3 – 4	4 – 5	5
Sonnenblume	3 – 4	4 – 5	5
Mohn	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	1,0
Kümmel	1,5 – 1,7	1,7 – 1,9	1,9
Alpingräser	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6
Gräser für das Wirtschaftsgrünland	0,7 – 0,9	0,9 – 1,1	1,1

Beispiel zur Verwendung der Tabellen für die Stickstoffbedarfsermittlung:

Kulturart: Weizen, Rohproteingehalt < 14 % idTM

Ertragserwartung: im langjährigen Mittel etwa 5 Tonnen/ha - mittlere Ertragserwartung

Standorteigenschaften:

- Gründigkeit: 90 cm - tiefgründig
- Bodenschwere: 28 % Ton - schwer
- Anaerobe Mineralisation: 85 mg N/1000 g Boden/Woche – hohes Nachlieferungspotenzial
- Wasserverhältnisse: mäßig trocken
- Grobanteil: gering

daraus ergibt sich folgende Berechnung:

Stickstoffbedarf: 120 kg/ha N (Mittelwert aus 110 und 130 kg/ha N)

Korrektur in % (siehe Tabelle 24)

Ertragserwartung:	0
Gründigkeit:	+5
Bodenschwere:	+5
N - Nachlieferungspotenzial:	-15
Wasserverhältnisse:	0
Grobanteil:	0
Summe der Korrekturen:	-5

Korrigierter Bedarf = 120 kg/ha - 6 kg/ha N (5 % Abzug für Korrekturen) = 114 ≈ 115 kg/ha N

3.5 DIE STICKSTOFFDÜNGUNG NACH N_{min}

Die Anwendung eines auf der N_{min} - Bestimmung aufbauenden Sollwertsystems ist eine Möglichkeit, die N-Empfehlung zu verfeinern.

Der N_{min} - Wert erfasst den im durchwurzelbaren Bodenprofil „pflanzenverfügbaren“ mineralischen Stickstoff (Nitratstickstoff und Ammoniumstickstoff). Als durchwurzelbar wird in der Regel eine Bodentiefe bis 90 cm angenommen. Die Berücksichtigung der Schicht 60 - 90 cm ist vor allem im Trockengebiet wichtig und verbessert die Prognosegenauigkeit.

Im Folgenden sind die Stickstoff - Düngungsempfehlungen auf der Basis von N_{min} - Analysen für Wintergetreide, Triticale und Mais angeführt. Die Probenahme dazu erfolgt zu Vegetationsbeginn im Februar/März.

TABELLE 26: Empfehlung für die mineralische Stickstoffergänzungsdüngung (kg N/ha) nach dem N_{min} - Gehalt des Bodens für Winterweizen mittlerer und hoher Ertragslagen mit hohem Rohproteingehalt (die jeweilige Ertragserwartung ist in den angegebenen Spannenbreiten berücksichtigt)

N_{min} zu Vegetationsbeginn (kg/ha N)	Andüngung zu Vegetationsbeginn	Bestockungsende, Beginn des Schossens	Ende des Schossens, Beginn des Ährenschiebens	Gesamtdüngung
< 25	40 - 60	40 - 60	40 - 70	120 - 190
25 - 50	35 - 55	35 - 50	40 - 70	110 - 175
50 - 75	30 - 45	30 - 45	40 - 70	100 - 160
75 - 100	20 - 35	30 - 40	40 - 70	90 - 145
100 - 125	0	40 - 60	40 - 70	80 - 130
125 - 150	0	25 - 40	40 - 70	65 - 110
150 - 175	0	20 - 30	30 - 60	50 - 90
175 - 200	0	10 - 20	25 - 50	35 - 70
> 200	0	0	25 - 50	25 - 50

Anmerkungen zu Tabelle 26:

- Bei schwacher Bestandesentwicklung und niedrigen N_{\min} - Gehalten im Oberboden (unter 25 kg/ha) ist eine mäßige Andüngung von 20 kg N/ha empfehlenswert. Die späteren Düngergaben sind dann entsprechend zu verringern.
- In den humiden Klimagebieten können zum Ährenschieben auch höhere Stickstoffgaben bis maximal 80 kg/ha verabreicht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Spannenbereich der Gesamtdüngung nicht überschritten wird.

TABELLE 27: Empfehlung für die mineralische Stickstoffergänzungsdüngung (kg/ha N) nach dem N_{\min} - Gehalt des Bodens für Wintergerste und Triticale mittlerer und hoher Ertragslagen (die jeweilige Ertragserwartung ist in den angegebenen Spannenbreiten berücksichtigt)

N_{\min} zu Vegetationsbeginn (kg/ha N)	Vegetationsbeginn	beim Schossen	Gesamtdüngung
< 20	60 – 90	45 – 70	105 – 160
20 – 40	50 – 75	40 – 65	90 – 140
40 – 60	35 – 55	35 – 60	70 – 115
60 – 80	20 – 45	30 – 50	50 – 95
80 – 100	0	35 – 75	35 – 75
100 – 125	0	20 – 50	20 – 50
125 – 150	0	10 – 35	10 – 35
> 150	0	0 – 30	0 – 30

Anmerkungen zu Tabelle 27:

- Bei schwacher Bestandesentwicklung und niedrigen N_{\min} - Gehalten im Oberboden (unter 25 kg/ha) ist eine mäßige Andüngung von 20 kg N/ha empfehlenswert. Die späteren Düngergaben sind dann entsprechend zu verringern.
- Überschreitet die ermittelte N-Gabe zu Vegetationsbeginn 50 - 60 kg/ha, ist auf durchlässigen Standorten, bei frühem Vegetationsbeginn und bei günstiger Bestandesentwicklung eine Aufteilung der Düngermenge im Abstand von ca. 5 Wochen zu empfehlen.

TABELLE 28: Empfehlung für die mineralische Stickstoffergänzungsdüngung (kg/ha N) nach dem N_{\min} - Gehalt des Bodens für Winterroggen (die jeweilige Ertragserwartung ist in den angegebenen Spannenbreiten berücksichtigt)

N_{\min} zu Vegetationsbeginn (kg/ha N)	Vegetationsbeginn	Beginn des Schossens	Gesamtdüngung
< 20	50 – 70	45 – 60	95 – 130
20 – 40	40 – 55	40 – 55	80 – 110
40 – 60	25 – 40	35 – 50	60 – 90
60 – 80	10 – 25	30 – 45	40 – 70
80 – 100	0	20 – 50	20 – 50
100 – 125	0	15 – 35	15 – 35
125 – 150	0	10 – 20	10 – 20
> 150	0	0	0

TABELLE 29: Empfehlung für eine Stickstoffergänzungsdüngung zu Mais bei Vorliegen eines N_{\min} -Bodenuntersuchungsergebnisses (in kg/ha von 0-90 cm; Probenahme im 2-6 Blatt – Stadium), hohe Ertragserwartung

N_{\min} im 2-6 Blatt - Stadium; kg N/ha im Boden	2. Düngung kg N/ha
< 60	110 – 130
60 – 80	100 – 120
80 – 100	80 – 100
100 – 120	70 – 90
120 – 140	60 – 80
140 – 160	40 – 60
160 – 180	20 – 40
180 – 200	10 – 30
< 200	0

Düngegaben über 100 kg N/ha in leicht löslicher Form sind nur auf Böden mit einem Tonanteil > 15 % (mittlere bis hohe Sorptionskraft) zulässig. Eine allfällige Unterfußdüngung wird bei einer Bodenprobenahme zwischen den Reihen nicht erfasst und ist daher zu berücksichtigen.

N_{\min} -Empfehlungssysteme können auch bei anderen Kulturen angewandt werden. Sie bedürfen aber bei der Interpretation einer stärkeren Berücksichtigung regionaler Unterschiede, weshalb hier keine allgemein gültigen Zahlen angeführt sind.

3.6 UMRECHNUNG DER LABORERGBNISSE VON N_{\min} -UNTERSUCHUNGEN

3.6.1 Berücksichtigung der Dimension

Analysenergebnisse für den Gehalt an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) werden gemäß ÖNORM L 1091 in mg N_{\min} / 100 g Boden angegeben und setzen sich aus dem Gehalt an Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) zusammen. Darüber hinaus sind folgende Angaben möglich:

mg Nitrat - N / 100 g Boden bzw. mg NO_3 -N/100 g Boden,
 mg Ammonium - N/100 g Boden bzw. mg NH_4 -N/100 g Boden.

Die Umrechnung in die Menge an Rein-Stickstoff erfolgt nach folgenden Formeln

Für Nitrat: Angabe in mg NO_3 / 100 g Boden x 0,226 = mg N / 100 g Boden

Für Ammonium: Angabe in mg NH_4 / 100 g Boden x 0,776 = mg N / 100 g Boden

Die Summe des aus dem Ammonium- und dem Nitratgehalt berechneten Reinstickstoffgehaltes ergibt den Gehalt an mineralischem Stickstoff. Die Berechnung ist pro Tiefenstufe durchzuführen. Während Nitrat in den Tiefenstufen 0 - 30 cm, 30 - 60 cm und 60 - 90 cm untersucht wird, ist die Erfassung des Ammoniumgehaltes nur in der obersten Tiefenstufe 0 - 30 cm erforderlich.

3.6.2 Berücksichtigung der Trockenrohdichte und des Feuchtegehaltes

Liegen keine Angaben zur Trockenrohdichte und zum Feuchtegehalt des Bodens vor, kann die Abschätzung des Gehalts an Reinstickstoff pro ha nach folgender Formel erfolgen:

$mg N_{\min} / 100g \text{ Boden} \times 52,5 = kg N_{\min} / ha$ (je Tiefenstufe)

Der Faktor 52,5 bezieht sich auf eine Mächtigkeit der Tiefenstufen von je 30cm bei einer Lagerungsdichte von 1,4 kg/l und einem Feuchtegehalt von 20%. Dieser Faktor wird unter anderem vom VDLUFA für die Berechnung von N_{\min} -Gehalten nach Probenahmen im Frühjahr herangezogen.

4.6.3 Berücksichtigung eines höheren Schotter- oder Steingehaltes

Höhere Schotter- oder Steingehalte sind wie folgt zu berücksichtigen:

$$\text{kg N}_{\text{min}}/\text{ha} \times (100 - \% \text{ Steingehalt}) / 100 = \text{kg N}_{\text{min}}/\text{ha} \text{ korrigiert}$$

3.7 DIE BEMESSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AUF BASIS DER EUF-METHODE

Bewertung der EUF-N Bodenwerte

Für Kulturen mit einer über den Sommer reichenden Vegetationsdauer wie Zuckerrübe, Mais oder Kartoffel:

1 mg EUF-NO₃-N bzw. EUF-N_{org} entspricht einer Verfügbarkeit von 44 kg N/ha.

$$\begin{aligned} \text{Angebot an kg N/ha aus Boden} &= \text{mg NO}_3 \times 44 \\ &+ \text{mg N}_{\text{org}} \times 44 \\ &+ (\text{EUF-N}_{\text{org II}}/\text{EUF-N}_{\text{org I}}) \times 150 - 75 \end{aligned}$$

Bei Kulturen mit kürzerer Vegetationszeit ergeben sich für die Bewertung des EUF-N_{org} geringere Faktoren.

Für Getreide gilt: 1 mg EUF-NO₃-N bzw. EUF-N_{org} entspricht einer Verfügbarkeit von 44 kg N/ha.

$$\begin{aligned} \text{Angebot an kg N/ha aus Boden} &= \text{mg NO}_3 \times 35 \\ &+ \text{mg N}_{\text{org}} \times 21 \\ &+ (\text{EUF-N}_{\text{org II}}/\text{EUF-N}_{\text{org I}}) \times 80 - 40 \end{aligned}$$

N-Aufdüngungsbedarf

Aufdüngungsbedarf = Konstante - kg N/ha aus Boden

Für Hackfrüchte wird die Konstante mit 240 kg N/ha angenommen, für Halmfrüchte (1. und 2. Gabe) mit 180 kg N/ha. Eine allfällige 3. Gabe wird in Abhängigkeit von der Ertragsersparnis berechnet. Je Tonne zu erwartendem Kornertrag werden 6 kg N/ha veranschlagt.

Die Konstante wird entsprechend der Kulturart und der Region angepasst. Ebenso können Zuschläge unter trägen Mineralisationsbedingungen erfolgen.

3.8 DIE BEMESSUNG DER STICKSTOFFDÜNGUNG AUF BASIS VON UNTERSUCHUNGEN MIT DEM N - TESTER

Für die Bemessung von Höhe und Verteilung der N-Düngung steht als weiteres Hilfsmittel der N-Tester zur Verfügung. Es handelt sich dabei um ein optisches Gerät, das seit einigen Jahren auf zunehmendes Interesse in der Praxis stößt und für die Ermittlung des N-Düngebedarfes zum Schossen (BBCH 30-32) und zur Spätdüngung (BBCH 37-55) bei Winterweizen, Wintergerste, Roggen, Triticale, Sommerweichweizen und Durumweizen geeignet ist. Mit Hilfe des N-Testers wird der Chlorophyllgehalt von Blättern, d.h. ihre Grünfärbung, ohne weitere Hilfsmittel direkt auf dem Feld einfach und schnell gemessen. Die unterschiedlichen Versorgungszustände des Getreides werden zumeist präzise erkannt, nicht vertrauenswürdig sind die Daten allerdings bei starker Trockenheit, Schwefelmangel und massiver Krankheitsinfektion. Keinen Einfluss auf den Messwert haben folgende Faktoren: Tageszeitpunkt, Spritzbeläge von PS-Mitteln, feuchte Blätter (Niederschlag, Tau), Strobilurine und das Ertragsniveau. Das Messergebnis ermöglicht auch keinen Hinweis auf die zukünftige N-Nachlieferung aus dem Boden.

3.8.1 Messprinzip

Der Versorgungsstatus wird direkt über die Konzentration an Blattgrün (Chlorophyll) festgestellt. Dunkelgrün gefärbte Pflanzen weisen auf reichlich Chlorophyll und genügend Stickstoff in der Pflanze hin, hellgrüne Blätter zeigen Stickstoffmangel an. Von den N-Tester-Messwerten kann daher eine zuverlässige N-Düngeempfehlung abgeleitet werden: Bestände mit hohen Chlorophyllgehalten, d.h. guter N-Versorgung erhalten eine niedrigere N-Düngung als Bestände mit niedrigeren Chlorophyllgehalten, d.h. schlechter N-Versorgung. Dabei ist der N-Tester in der Lage, auch geringe Unterschiede im Chlorophyllgehalt – z.B. hervorgerufen durch

eine unterschiedliche Düngung - zuverlässig zu erfassen. Es wird das zuletzt angelegte, voll entwickelte Blatt in der Mitte zwischen zwei Sensoren eingeklemmt, der von einer Fotozelle ermittelte Wert der Grünfärbung wird gespeichert. Etwa 30 Einzelmessungen sind erforderlich, damit das Gerät einen für den Bestand repräsentativen Messwert anzeigt, deutlich abweichende Einzelwerte werden ausgeschlossen.

3.8.2 Sortenkorrekturwerte

Da die Sorten einer Getreideart trotz gleichem N-Versorgungszustand unterschiedliche Chlorophyllgehalte bzw. Grünfärbungen aufweisen, muss der N-Tester - Messwert korrigiert werden. Die erforderlichen Sortenkorrekturwerte werden anhand der in den Sortenprüfungen der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) gemessenen Werte errechnet. Die Zu- und Abschläge variieren von -70 bis +80 Messeinheiten. Die Tabellen der Sortenkorrekturwerte werden laufend erweitert und aktualisiert. Die aktuellen Tabellen der Sortenkorrekturwerte können auf der Homepage der AGES (www.ages.at) abgerufen werden.

3.8.3 Ermittlung des N-Düngebedarfes:

Nach Berücksichtigung der Sortenkorrektur ist der N-Düngebedarf zum Schossen bzw. Ährenschieben in kg/ha aus den Empfehlungstabellen für die jeweilige Getreideart ablesbar. Für Winterweizen wurden spezifisch auf die österreichischen Verhältnisse abgestimmte N-Düngeempfehlungen ausgearbeitet. Bei Wintergerste, Roggen und Triticale werden modifizierte deutsche Tabellen verwendet. Da die Tabellen aufgrund aktueller Ergebnisse permanent aktualisiert werden, wird auf eine Wiedergabe an dieser Stelle verzichtet. Die aktuellen Empfehlungstabellen werden in den Medien veröffentlicht und sind ebenfalls auf der Homepage der AGES (www.ages.at) abrufbar.

Den Messwert im Gesamtzusammenhang sehen

Generell gilt, dass der Messwert den Ernährungszustand der Kultur mit Stickstoff zum Zeitpunkt der Messung widerspiegelt. Aussagen über den weiteren Verlauf der Stickstoffversorgung können nicht gemacht werden. Außerdem müssen weitere Faktoren, die einen Einfluss auf die N-Versorgung der Kultur haben (z.B. Witterung, Wasserversorgung, nachlieferbarer Stickstoff) berücksichtigt werden. Deshalb soll auch die Erfahrung des Betriebsleiters bei der Interpretation des N-Tester-Messwertes mit einfließen.

Zu- und Abschläge gemäß der Einstufung in Gehaltsklassen, ausgenommen Feldfutter und Sämereienvermehrung

Gemäß der Einstufung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium (nach ÖNORM L 1087) sind folgende Zu- oder Abschläge zu den in Tabelle 30 angegebenen Werten zu berücksichtigen:

Zu- und Abschläge für die Düngung mit Phosphor:

- **Gehaltsklasse A:** 50 % Zuschlag zum Wert gemäß Tabelle 30
- **Gehaltsklasse B:** 25 % Zuschlag zum Wert gemäß Tabelle 30
- **Gehaltsklasse C:** siehe Tabelle 30; bei Nährstoffgehalten zwischen 90 und 111 mg/1000g P kann ein Abschlag von 50% vom Wert gemäß Tabelle 30 erfolgen; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar
- **Gehaltsklasse D:** grundsätzlich keine mineralische Düngung; bei niedriger Wasserlöslichkeit gemäß der Einstufung in Tabelle 31 Düngung in der Höhe von 50 % des Wertes gemäß Tabelle 30 möglich; bei Böden über 15% Tongehalt ist eine Unterfußdüngung bis zu 50% des Wertes gemäß Tab. 30 möglich; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar
- **Gehaltsklasse E:** eine weitere Nährstoffzufuhr ist nicht zu empfehlen; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar

Die Empfehlungen sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten.

Zu- und Abschläge für die Düngung mit Kalium:

- **Gehaltsklasse A:** 50 % Zuschlag zum Wert gemäß Tabelle 30
- **Gehaltsklasse B:** 25 % Zuschlag zum Wert gemäß Tabelle 30
- **Gehaltsklasse C:** siehe Tabelle 30; bei Nährstoffgehalten und Kulturen gemäß Tabelle 31 kann ein Abschlag vom Wert gemäß Tabelle 30 erfolgen; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar

TABELLE 31: Empfohlener Abschlag in % vom Wert gemäß Tabelle 30 für Wertebereiche der Gehaltsklasse C lt. Tabelle 12

	Bodenschwere		
	leicht	mittel	schwer
	Nährstoffgehalte (mg K /1000g)		
	148 – 178	177 – 208	205 – 245
Getreide, Stärkeindustriekartoffel	50 % Abschlag	50 % Abschlag	50 % Abschlag
Hackfrüchte	25 % Abschlag	25 % Abschlag	25 % Abschlag

- **Gehaltsklasse D:** Abschlag von 50 % vom Wert gemäß Tabelle 30, keine Düngung zu Getreide; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar
- **Gehaltsklasse E:** eine weitere Nährstoffzufuhr ist nicht zu empfehlen; Nährstoffe aus hofeigenen Wirtschaftsdüngern sind in der Höhe des Pflanzenentzuges tolerierbar

Die Empfehlungen sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten.

3.10 DIE ANPASSUNG DER PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG AN DIE STANDORTSEIGENSCHAFTEN

Liegt eine Einstufung der Nährstoffversorgung in **Gehaltsklasse C** vor, kann die Empfehlung für die Düngung mit Phosphor und Kalium ebenso wie die Stickstoffdüngung an die Standortseigenschaften angepasst werden. Die jeweiligen Zu- und Abschläge sind in Tabelle 32 angeführt.

TABELLE 32: Anpassung der Phosphor- und Kaliumdüngung an die Standortseigenschaften (gilt ausschließlich für Böden der Gehaltsklasse C)

		Zu- und Abschläge in %
Anpassung der Phosphordüngung		
	niedrig	- 10
Ertragserwartung	mittel	0
	hoch	+ 15
Anpassung der Kaliumdüngung		
	niedrig	- 10
Ertragserwartung	mittel	0
	hoch	+ 15
Verhältnis K / Mg	über 5	- 10
	unter 5	0

Zusätzlich sollte auch die Kaliumfixierung berücksichtigt werden. Die Empfehlungen sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten.

3.11 DIE STICKSTOFF-, PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG IM DAUERGRÜNLAND, IM FELDFUTTERANBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG

3.11.1 Allgemeines

Die Düngung des österreichischen Grünlandes erfolgt auf etwa 85 % der Flächen vorwiegend mit wirtschaftseigenem Dünger in Form von Stallmist, Jauche, Gülle oder Kompost, nur fallweise wird eine mineralische Ergänzungsdüngung vorgenommen. Tierbesatzstärken bis zu 2,0 GVE/ha stellen für die meisten Betriebe eine wesentliche Grundlage für eine Kreislaufwirtschaft im Grünland dar. In Gunstlagen oder in Verbindung mit Feldfutterbau ist aber auch ein höherer Viehbesatz möglich. Grundlage für die Nährstoffberechnungen sind die je Stallplatz anfallenden Nährstoffmengen.

3.11.1.1 Stickstoff

Zur Einhaltung der EU-Nitratrichtlinie ist die zulässige Menge an Stickstoff aus Dung zu berücksichtigen, wobei Verluste im Stall und am Lager in Abzug gebracht werden können. Zugleich dürfen laut Wasserrechtsgesetz (WRG 1959, i.d.g.F.) auf Dauergrünland bewilligungsfrei maximal 210 kg N/ha und Jahr (Summe aus Wirtschaftsdüngern und anderen stickstoffhaltigen Düngemitteln) ausgebracht werden. Zur Berechnung dieser Obergrenze können zusätzlich zu den Stall- und Lagerverlusten auch Ausbringungsverluste in Abzug gebracht werden.

Altes Dauergrünland besitzt relativ große Humusreserven und oftmals ein Leguminoseninventar, das ebenfalls Beachtliches zur Stickstoffversorgung der Pflanzenbestände beitragen kann. Es ist dadurch möglich, auch ohne mineralische Stickstoffdüngung ein mittleres Ertragsniveau zu erzielen.

Eine zusätzliche Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern am Grünland kann bei gräserbetonten Beständen in Abstimmung mit der Wirtschaftsdüngergabe sinnvoll sein. Die Pflanzenbestände, insbesondere deren Kleeanteile, werden dadurch jedoch beeinflusst.

Auf Dauergrünland ist die zusätzliche Anwendung von mineralischem Stickstoff nur dann in Betracht zu ziehen, wenn dies zur Steigerung des Ertrages und der Futterqualität notwendig ist. Voraussetzung dafür ist, dass sich der Standort und der Pflanzenbestand nachhaltig zur Erzielung von hohen bis sehr hohen Erträgen eignen.

3.11.1.2 Phosphat und Kalium

Im Grünland (Wiesen, Weiden und Feldfutter) bilden die anfallenden Wirtschaftsdünger wie Stallmist, Jauche, Stallmistkompost und Gülle die Hauptquellen für eine kontinuierliche Versorgung der Böden und Pflanzen mit organischer Substanz, Hauptnährstoffen und Spurenelementen.

Eine mineralische PK - Düngung am Grünland sollte jedenfalls dann erfolgen, wenn eine Anwendung von Wirtschaftsdüngern nicht möglich ist, die P- oder K-Gehalte im Boden die Gehaltsstufe C unterschreiten oder ein Ausgleich eines ungünstigen P/K - Verhältnisses im Wirtschaftsdünger (z.B. Jauche) notwendig ist.

3.11.2 Einschätzung der Ertragsmöglichkeiten bei den einzelnen Nutzungsformen im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung

Dauergrünland und Feldfutterbau finden sich in Österreich unter klimatisch (baltisch, illyrisch, pannonisch, alpin sowie alle Übergänge davon) und standörtlich (seichtgründig, tiefgründig, trocken, feucht, hängig etc.) sehr unterschiedlichen Bedingungen in unterschiedlichsten Höhenstufen. Die Bewirtschaftungspraxis in den kleinstrukturierten Betrieben schafft eine weitere Differenzierung und somit eine große Vielfalt der Grünlandstandorte in Österreich.

In Tabelle 33 werden die durchschnittlichen Bruttoerträge der einzelnen Nutzungsformen in t Trockenmasse je Hektar, untergliedert in drei Ertragslagen, dargestellt. Die Zahlen fassen die standörtliche Vielfalt zusammen und sind Basis für die weiteren Empfehlungen.

TABELLE 33: Einschätzung der Ertragslage der einzelnen Nutzungsformen im Wirtschaftsgrünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung auf Basis des durchschnittlichen Ertrages

Nutzungsformen	Ertragslage		
	niedrig	mittel	hoch
	Ø Ertrag in t TM/ha und Jahr		
Dauer- und Wechselwiese			
1 Schnitt	< 2,5	≥ 2,5	–
2 Schnitte	< 4,0	≥ 4,0	–
3 Schnitte	< 6,0	6,0 – 8,0	> 8,0
4 Schnitte	–	< 9,5	≥ 9,5
5 Schnitte	–	< 11,0	≥ 11,0
6 Schnitte	–	–	≥ 12,5
Mähweide			
1 Schnitt + 1 bis 2 Weidegänge	< 5,5	≥ 5,5	–
2 Schnitte + 1 bis 2 Weidegänge	–	< 8,0	≥ 8,0
2 Schnitte + 2 oder mehr Weidegänge	–	< 9,0	≥ 9,0
Dauerweiden (ein Weidegang entspricht 1,5 – 2,0 t TM/ha)			
Kulturweiden			
Ganztagsweide (über 12 Std.)	< 6,0	6,0 – 9,0	> 9,0
Kurztagsweide (unter 12 Std.)	< 6,5	6,5 – 9,5	> 9,5
Hutweiden	< 2,0	≥ 2,0	–
Feldfutter			
Kleebetont	< 7,0	7,0 – 10,0	> 10,0
Gräserbetont	< 7,0	7,0 – 10,5	> 10,5
Gräserreinbestände	< 8,0	8,0 – 12,0	> 12,0
Sämereienvermehrung (Samenertrag)			
Alpingräser	< 0,1	0,1 – 0,4	> 0,4
Gräser für das Wirtschaftsgrünland	< 0,2	0,2 – 0,7	> 0,7
Rotklee	< 0,3	0,3 – 0,5	> 0,5

3.11.2.1 Einstufung von Almflächen

Almflächen sind immer extensives Grünlandflächen, deren Hauptnutzung die Beweidung ist und die von anderen Grünlandflächen deutlich abgegrenzt sein sollen. Zur Abschätzung des Nährstoffbedarfs kann jedoch, je nach tatsächlicher Nutzungsart und Nutzungsfrequenz, eine Einstufung als Hutweide, ein- oder zweischnittige Dauerwiese oder als Mähweide mit einem Schnitt und ein bis zwei Weidegängen, jeweils mit niedriger Ertragsersparung, erfolgen.

3.11.3 Phosphat- und Kaliumdüngung im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung

Die Phosphat- und Kaliumdüngung erfolgt bei einer Nährstoffversorgung der Gehaltsklasse C nach den Empfehlungen der Tabelle 34. Die angegebenen Werte wurden aus der Ertragslage der einzelnen Nutzungsformen geschätzt, wobei der Entzug von P_2O_5 und K_2O sich nach der Intensität der Bewirtschaftung richtet. Je 100 kg TM werden zwischen 0,7 und 1,0 kg P_2O_5 bzw. 2,2 und 2,6 kg K_2O angerechnet. In der Praxis können die Entzüge an P_2O_5 und K_2O unter Berücksichtigung der Nachlieferung aus dem Boden auch höher sein. Bei den Dauerweiden sind die Ausscheidungen der Weidetiere auf der Weide bereits berücksichtigt.

TABELLE 34: Empfehlungen für die Düngung des Grünlandes mit Phosphor und Kalium bei einer Nährstoffversorgung der Gehaltsklasse C (Angaben in kg P₂O₅ und K₂O pro ha und Jahr)

	Ertragslage					
	niedrig		mittel		hoch	
Nutzungsformen	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Dauer- und Wechselwiese						
1 Schnitt	15	45	30	80	–	–
2 Schnitte	30	80	45	120	–	–
3 Schnitte	45	130	65	170	80	215
4 Schnitte	–	–	80	205	90	260
5 Schnitte	–	–	85	230	105	300
6 Schnitte	–	–	–	–	120	340
2 Schnitte + 1 bis 2 Weidegänge	–	–	60	190	80	225
2 Schnitte + 2 oder mehr Weidegänge	–	–	80	215	100	290
Dauerweiden						
Kulturweiden						
Ganztagsweide (über 12 Std.)	10	20	15	30	25	40
Kurztagsweide (unter 12 Std.)	35	90	60	160	70	200
Hutweiden	10	20	20	35	–	–
Feldfutter						
kleebetont (über 40 % der Fläche)	50	155	65	190	95	310
gräserbetont	50	145	70	205	125	365
Gräserreinbestände	–	–	70	225	135	390
Sämereivermehrung						
Alpingräser	40	70	60	120	–	–
Gräser für das Wirtschaftsgrünland	60	80	80	160	100	220
Rotklee	80	160	100	200	120	240

Zu- und Abschläge gemäß der Einstufung in Gehaltsklassen

Gemäß der Einstufung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium (nach ÖNORM L 1087) sind folgende Zu- oder Abschläge zu den in Tabelle 34 angegebenen Werten zu berücksichtigen:

- **Gehaltsklasse A:** Zuschlag von 40 % bei P₂O₅- und K₂O-Düngermenge
- **Gehaltsklasse B:** Zuschlag von 20 % bei P₂O₅- und K₂O-Düngermenge
- **Gehaltsklasse C:** siehe Tabelle 34
- **Gehaltsklasse D:** keine Düngung, Rückführung von P und K aus Wirtschaftsdüngern möglich
- **Gehaltsklasse E:** keine Düngung, Rückführung von P und K aus Wirtschaftsdüngern möglich

Bei einem pH-Wert über 6 kommt weicherdiges Phosphat nicht mehr zur Wirkung. Ab diesem pH- Bereich wird der Einsatz von aufgeschlossenen Phosphaten (z.B. Superphosphat) empfohlen.

Die Düngung sollte vorwiegend mit Wirtschaftsdüngern sowie in den Gehaltsklassen A und B nach Bedarf auch kombiniert mit einer mineralischen Phosphat/Kalium-Ergänzungsdüngung erfolgen. Für Feldfutter und in der Sämereivermehrung ist die Einstufung der Bodengehaltsklassen für den Ackerbau anzuwenden (Tabellen 10 und 12). Die Empfehlungen für die Düngung mit Phosphor und Kalium sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten.

Zur Vermeidung überhöhter Kaliumgehalte im Futter empfiehlt es sich, maximal 100 kg K₂O je ha in einer Gabe auszubringen. Darüber hinausgehende Bedarfswerte erfordern eine Teilung der Gaben.

3.11.4 Stickstoffdüngung im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung

Bei den in Tabelle 35 angegebenen Werten für die Stickstoffdüngung von Grünland handelt es sich um Empfehlungen, die je nach vorliegender Ertragslage variieren. Innerhalb der jeweils angegebenen Spannweite kann der Landwirt aufgrund seiner Erfahrung hinsichtlich der Standorteigenschaften (Wüchsigkeit, Blattfarbe etc.) über die tatsächlich zu düngende N-Menge entscheiden. Die im österreichischen Aktionsprogramm „Nitrat“ enthaltenen Einschränkungen und Auflagen zur N-Düngung sind dabei zu berücksichtigen.

Die Versorgung der Grünlandbestände mit Stickstoff erfolgt in Österreich zu einem großen Teil über die Wirtschaftsdünger. Der angestrebte Leguminosenanteil von bis zu 30 Flächen-% bringt über die Fixierungsleistung der Knöllchenbakterien zusätzlichen Stickstoff in das System "Grünland". Dazu wird noch über die Mineralisation Stickstoff aus dem Boden für die Pflanzen freigesetzt. Daher liegen die in Tabelle 35 angeführten Empfehlungswerte für die Stickstoffdüngung unter den tatsächlichen Entzugszahlen.

Bei kleereichen Feldfuttermischungen kann daher bei guter Entwicklung im ersten Hauptnutzungsjahr auf eine N-Düngung verzichtet werden. Geht der Kleeanteil auf Werte unter 30 Flächen-% zurück, so sollte die N-Versorgung des verbleibenden Gräserinventars vorwiegend mit Wirtschaftsdüngern aufrechterhalten werden.

Die Werte in Tabelle 35 stellen eine Empfehlung für die Stickstoffdüngung der einzelnen Nutzungsformen über das gesamte Jahr dar. Die Entscheidung über die Düngung der Einzelaufwüchse muss vom Grünlandwirt in Abhängigkeit von Nutzungshäufigkeit und botanischer Zusammensetzung des Pflanzenbestandes getroffen werden.

TABELLE 35: Empfehlunggrundlage für die Stickstoffdüngung in kg/ha und Jahr im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereivermehrung

Nutzungsformen	Ertragslage		
	niedrig kg N/ha	mittel kg N/ha	hoch kg N/ha
Dauer- und Wechselwiese			
1 Schnitt	0 – 20	20 – 30	–
2 Schnitte	40 – 60	60 – 90	–
3 Schnitte kleereich	60 – 80	80 – 100	100 – 120
3 Schnitte gräserbetont	–	100 – 120	120 – 150
4 Schnitte kleereich	–	100 – 120	130 – 150
4 Schnitte gräserbetont	–	140 – 160	170 – 200
5 Schnitte gräserbetont	–	160 – 200	210
6 Schnitte gräserbetont	–	–	210
Mähweide			
1 Schnitt + 1 bis 2 Weidegänge	40 – 60	70 – 90	–
2 Schnitte + 1 Weidegang	–	90 – 110	120 – 140
2 Schnitte + 2 oder mehr Weidegänge	–	100 – 120	150 – 170
Dauerweiden			
Kulturweiden			
Ganztagsweide (mehr als 12 Std.)	40 – 60	70 – 100	130 – 150
Kurztagsweide (weniger als 12 Std.)	50 – 70	90 – 110	130 – 150
Hutweiden	–	–	–
Feldfutter			
Kleebetont (über 40 Flächen-%)	0 – 40	0 – 40	0 – 40
Gräserbetont	60 – 100	140 – 180	210
Gräserreinbestände	–	160 – 200	210
Sämereivermehrung (Samenertrag und Futter)			
Alpingräser	40 – 80	80 – 100	100 – 150
Gräser für das Wirtschaftsgrünland	70 – 90	90 – 110	110 – 170
Rotklee	0 – 20	0 – 20	0 – 20

Ergänzungen zu Tabelle 35:

- Bei den Empfehlungen für Mähweiden und Dauerweiden sind die Ausscheidungen der Weidetiere auf der Weide bereits berücksichtigt.
- Bei kleebetonten Feldfutterbeständen ist eine Start- oder Herbsdüngung bis zu 40 kg N/ha möglich.
- In Gunstlagen können bei intensiv genutzten, gräserbetonten 5- und 6-Schnittflächen sowie gräserbetonten und/oder gräserreinen Feldfutterbeständen derart hohe N-Entzüge erzielt werden, dass aus fachlicher Sicht eine über die 210 kg-Grenze hinausgehende N-Düngung durchaus zu rechtfertigen ist.

Es gelten dann folgende Empfehlungen:

Dauer- und Wechselwiese

5 Schnitte, gräserbetont, hohe Ertragslage 240 kg/ha N

6 Schnitte, gräserbetont, hohe Ertragslage 270 kg/ha N

Feldfutter

gräserbetont, hohe Ertragslage 250 kg/ha N

Gräserreinbestände, hohe Ertragslage 280 kg/ha N

In diesen Fällen ist allerdings eine wasserrechtliche Bewilligung gemäß Wasserrechtsgesetz einzuholen. Die gesamte Stickstoffmenge pro Jahr ist in Teilgaben aufzuteilen.

3.11.5 Die Stickstoffversorgung der einzelnen Aufwüchse

Die Ausbringungsmenge pro Aufwuchs und Hektar soll bei unverdünnter Rindergülle (10 % TM) und Jauche (2 % TM) 15 m³ nicht überschreiten. Eine Verdünnung der Güllen mit Wasser, besonders in den wärmeren Jahreszeiten im Verhältnis von 1 + 0,5 bis 1 + 1 wird zur Verringerung von Abgasungsverlusten empfohlen. Bei Stallmist (20 - 25 % TM) in den verschiedensten Rottephasen soll die Ausbringungsmenge pro Aufwuchs und Hektar 20 t Frischmasse nicht überschreiten. Bei Stallmistkompost (40 - 60 % TM) und bei Komposten aus biogenen Abfällen (50 - 60 % TM) soll die Ausbringungsmenge bezogen auf die Frischmasse nicht höher als 15 t/ha liegen. Die Wirtschaftsdünger sollten zur Erhaltung von harmonischen Pflanzenbeständen in kleineren, dafür aber mehrmaligen Gaben pro Jahr auf den Flächen gut verteilt werden.

Es lässt sich dadurch der artenreiche Pflanzenbestand im Grünland leichter führen, es besteht auch eine geringere Verunkrautungsgefahr und ein geringeres Risiko zur Futterverschmutzung. Die Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, können besser genutzt werden und die Futterinhaltsstoffe bleiben im erwünschten Bereich (z.B. Kalium unter 30 g/1000 g TM).

Kleereichere und extensiv geführte artenreiche Pflanzenbestände sollten den ohnehin geringen Stickstoffbedarf eher über langsam fließende N-Quellen erhalten, d.h. bevorzugt mittels Stallmist oder Kompost. Gräserreichere und gräserreine Pflanzenbestände benötigen hingegen N-Dünger mit einem hohen Anteil an leichtlöslichem Stickstoff, d.h. hier sollten bevorzugt Gülle, Jauche oder im Bedarfsfall auch mineralischer Stickstoff zum Einsatz kommen.

TABELLE 36: *Empfohlene Gülle- und Jauchemengen (Angaben für unverdünnte Gülle und Jauche) für die einzelnen Nutzungsformen*

Nutzungsform	Nutzungshäufigkeit pro Jahr	empfohlene Anzahl von Teilgaben	m ³ bzw. t/ha und Gabe
Extensivwiesen und -weiden	1 – 2	1	10 – 15
Wirtschaftswiesen und -weiden im Bergland	2 – 3	1 – 2	15
Wirtschaftswiesen und -weiden in Gunstlagen	4 – 6	3 – 4	15
Mähweiden	4 – 5	2 – 3	15
Feldfutter gräserbetont	4 – 5	3 – 4	15

Ergänzungen zu Tabelle 36:

- Eine Verdünnung der Gülle und Jauche wird insbesondere bei hohen Lufttemperaturen empfohlen.
- Extensivwiesen und kleebetontes Feldfutter sollten nach Möglichkeit mit Rottemist oder Kompost gedüngt werden.

3.12 DIE DÜNGUNG MIT MAGNESIUM IM ACKER- UND GRÜNLAND

Die in Tabelle 37 angeführten Jahresmengen können zu praxisgerechten Gaben (Düngung etwa alle 2 - 3 Jahre) zusammengefasst werden, wobei die Ausbringung im Ackerland im Rahmen der Fruchtfolge am zweckmäßigsten zu den Hackfrüchten erfolgt.

Auf kalkarmen Böden können magnesiumhaltige Düngekalke eingesetzt werden, auf gut mit Kalk versorgten Böden ist die Verwendung von Kieserit oder Bittersalz zu empfehlen. Bei Kalium- und Magnesiummangel kann mit Patentkali gedüngt werden. Im Grünland ist bei Vorliegen der Gehaltsklassen D und E keine mineralische Magnesiumdüngung erforderlich. Für Böden in den Gehaltsklassen A, B und C ist bei sachgerechter Düngung mit Wirtschaftsdüngern eine ausreichende Magnesiumversorgung sichergestellt.

TABELLE 37: Empfehlung für die Magnesiumdüngung in kg MgO/ha und Jahr

Gehaltsklasse	Versorgung	Verhältnis Kalium : Magnesium K (mg/1000g, CAL) : Mg (mg/1000g, Schachtschabel)	
		gleich oder enger als 5 : 1	weiter als 5 : 1
A	sehr niedrig	70	90
B	niedrig	50	70
C	ausreichend	30	50
D	hoch	keine zusätzliche Mg – Düngung erforderlich	
E	sehr hoch		

Der Optimalbereich des Verhältnisses von Kalium : Magnesium liegt zwischen 1,7 : 1 und 5 : 1. Liegt das Verhältnis ausserhalb dieser Spanne, sind Mg-Mangelsymptome möglich, unterhalb des Bereiches können bei empfindlichen Kulturen oder bei trockenen Witterungsbedingungen Kaliummangelsymptome auftreten.

3.13 DIE DÜNGUNG MIT KALK

3.13.1 Verbesserungskalkung

Eine Aufkalkung ist nur auf Basis einer Bodenuntersuchung, bei der in Abhängigkeit von der Nutzungsart und der Bodenart der Kalkdüngbedarf ermittelt wird, durchzuführen.

Dabei wird zunächst der pH-Wert gemäß ÖNORM L 1083 (CaCl₂) bestimmt und auf Basis der Einschätzung des Landwirtes hinsichtlich der standörtlichen Bodenschwere oder durch die Korngrößen- oder Tonbestimmung die weitere Vorgangsweise festgelegt:

Keine Kalkdüngempfehlung erfolgt auf

- schweren Böden bei pH Werten größer gleich 6,5 (Ackerland) und größer gleich 6,0 (Grünland),
- mittleren Böden bei pH Werten größer gleich 6,0 (Ackerland) und größer gleich 5,5 (Grünland),
- leichten Böden bei pH Werten größer gleich 5,5 (Ackerland) und größer gleich 5,0 (Grünland).

Auf leichten Böden kann bei einem hohen Anteil an Kartoffeln, Roggen und Hafer in der Fruchtfolge ein pH-Wert von 5,0 noch ausreichend sein; damit sind günstigere Bedingungen zur Vermeidung von Schorf bei Kartoffel gegeben. Bei kalkbedürftigen Kulturen wie Gerste, Raps oder Weizen kann es jedoch bereits zu geringen Ertragseinbussen kommen. Speziell für diese Betriebe ist die Kalkdüngempfehlung entsprechend zu modifizieren.

Liegen die pH-Werte unterhalb der oben angeführten Grenzen, erfolgt die Kalkbedarfsermittlung unter Einbeziehung des pH-Wertes in einer Calciumacetat-Lösung (pH - Ac), deren ursprünglicher pH-Wert zwischen 7,2 und 7,6 liegt. Bei Zugabe von Boden wird ein Teil der dissoziierbaren H⁺-Ionen gebunden. Die pH-Senkung durch die gebildete Essigsäure ist dem Kalkbedarf des Bodens proportional, der Kalkbedarf wird wesentlich aus der pH-Absenkung dieser Pufferlösung mitbestimmt.

TABELLE 38: korrespondierende pH-Werte gemäß ÖNORM L 1083 (CaCl₂) und in Ca – acetat. Die Angaben basieren auf langjährigen Untersuchungsergebnissen, im Einzelfall sind Abweichungen möglich.

pH (CaCl ₂)	pH – Ac: Ackerland	pH – Ac: Grünland
< 4,0	< 6,1	< 6,0
Um 4,5	6,1 – 6,3	6,0 – 6,2
Um 5,0	6,2 – 6,4	6,1 – 6,3
Um 5,5	6,3 – 6,5	6,2 – 6,4
Um 6,0	> 6,4	

In den folgenden Tabellen sind Kalkdüngungsempfehlungen, kalkuliert nach der im Kapitel „Bodenreaktion“ angeführten Formel, zusammengefasst.

TABELLE 39: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH (CaCl₂) und pH – Ac: schwere Ackerböden, Ziel - pH 6,5.

pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,5	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,3	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,1
6,25	1,06	6,00	2,24	5,75	4,23
6,00	1,58	5,75	2,69	5,50	4,7
5,75	1,90	5,50	2,99	5,25	5,03
5,50	2,11	5,25	3,21	5,00	5,29
5,25	2,26	5,00	3,37	4,75	5,48
5,00	2,38	4,75	3,49	4,50	5,64
4,75	2,46	4,50	3,59	4,25	5,77
4,50	2,53	4,25	3,67	4,00	5,87

TABELLE 40: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH (CaCl₂) und pH – Ac: mittlere Acker- und schwere Grünlandstandorte, Ziel - pH 6,0

pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,4	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,2	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,0
5,75	0,74	5,75	1,11	5,75	1,81
5,50	1,24	5,50	1,85	5,50	3,01
5,25	1,60	5,25	2,38	5,25	3,87
5,00	1,86	5,00	2,78	5,00	4,52
4,75	2,07	4,75	3,09	4,75	5,02
4,50	2,23	4,50	3,34	4,50	5,42
4,25	2,37	4,25	3,54	4,25	5,75
4,00	2,48	4,00	3,71	4,00	6,03

TABELLE 41: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH (CaCl₂) und pH – Ac: leichte Acker- und mittlere Grünlandstandorte, Ziel - pH 5,5

pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,4	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,2	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,0
5,25	0,53	5,25	0,79	5,25	1,29
5,00	0,93	5,00	1,39	5,00	2,26
4,75	1,24	4,75	1,85	4,75	3,01
4,50	1,49	4,50	2,23	4,50	3,62
4,25	1,69	4,25	2,53	4,25	4,11
4,00	1,86	4,00	2,78	4,00	4,52
3,75	2,00	3,75	3,00	3,75	4,87

TABELLE 42: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH (CaCl₂) und pH – Ac: leichte Ackerböden mit wenig kalkbedürftigen Kulturen und leichte Grünlandstandorte, Ziel - pH 5,0

pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,3	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 6,1	pH (CaCl ₂)	t CaO/ha bei pH-Ac 5,9
4,75	0,50	4,75	0,78	4,75	1,29
4,50	0,90	4,50	1,41	4,50	2,33
4,25	1,22	4,25	1,92	4,25	3,17
4,00	1,50	4,00	2,35	4,00	3,88
3,75	1,73	3,75	2,71	3,75	4,48

3.13.2 Erhaltungskalkung

Eine Erhaltungserkalkung dient zum Ausgleich der natürlichen Versauerung (Auswaschung, Entzug, Säureinträge, Säurebildung). Die dazu erforderliche Kalkmenge liegt im Ackerland je nach Bodenschwere zwischen 0,5t CaO (leichte Böden) und 2,0t CaO (schwere Böden) je ha und 4 – 6 Jahren, auf Grünland zwischen 0,5 und 1 t CaO je ha und 4 – 6 Jahren.

Der Kalkbedarf von Böden wird üblicherweise als Bedarf an t CaO pro Hektar ausgewiesen. Zur Umrechnung in die entsprechende Menge an Kalkdünger ist mit den in Tabelle 43 angegebenen Faktoren zu multiplizieren.

TABELLE 43: Umrechnung des Kalkbedarfs in t CaO/ha auf die erforderliche Menge häufig verwendeter Kalkdünger

Kalkdüngemittel	Umrechnungsfaktor von CaO auf Kalkdüngermenge
Branntkalk	1,0
Mischkalk	1,5
Kohlensaurer Kalk	2,0
Konverterkalk	2,0
Carbokalk	4,0

Auf leichten Böden sind Mengen über 1,5 t CaO pro Hektar, auf mittelschweren und schweren Böden Mengen über 2 t CaO pro Hektar auf mehrere Gaben jeweils im Abstand von zwei Jahren aufzuteilen. Auf schweren, verdichteten Böden haben Branntkalk und Mischkalk eine günstigere und raschere Wirkung als die übrigen Kalkformen.

3.13.3 Die Ermittlung des Kalkbedarfs nach EUF

Liegen der Ca-Gehalt der 1. Fraktion (EUF-CaI) unter 50 mg/100 g Boden und der Ca-Gehalt der 2. Fraktion (EUF-CaII) unter 40 mg/100 g Boden, können Kalkdüngungsempfehlungen auf Basis der EUF-Analysen entsprechend der folgenden Gleichung errechnet werden:

$$\text{Kalkbedarf (kg CaO/ha)} = 4400 - 70 * \text{CaI} - 85 * \text{CaII} + 80 * \text{Tongehalt in \%}$$

Der Tongehalt ergibt sich aus dem Gehalt an Kalium-selektiven Mineralien (EUF-KSM), der aus den EUF-K-Fractionen ermittelt wird.

Ergibt sich nach obiger Gleichung ein Bedarf unter 500 kg CaO/ha, wird keine Kalkdüngung empfohlen. Liegt ein Ergebnis über 3000 kg CaO/ha vor, wird die Obergrenze von maximal 3t CaO/ha als Empfehlung ausgewiesen.

Die Kalkbedarfsermittlung orientiert sich am optimalen pH-Wert des Bodens für stärker kalkbedürftige Kulturen (zwischen 6,5 und 7,2). Für Fruchtfolgen mit Kartoffeln (optimaler pH-Wert des Bodens zwischen 5,5 und 6,5) wird die Konstante der obigen Gleichung um 1000 vermindert, wodurch sich deutlich geringere CaO-Empfehlungen ergeben.

Liegt der Ca-Gehalt der 2. Fraktion unter 18 und ergibt die direkte oder indirekte Ermittlung des Tongehaltes einen Wert unter 15% (leichter Boden), wird die Kalkdüngempfehlung so vermindert, dass eine Obergrenze von maximal 1t CaO/ha eingehalten wird. Dadurch wird berücksichtigt, dass der anzustrebende pH - Bereich auf leichten Böden niedriger als auf den übrigen Böden liegt.

3.14 DIE DÜNGUNG MIT SCHWEFEL

In der Vergangenheit war wegen fehlender Entschwefelungsanlagen bei der Verbrennung fossiler Energieträger der Schwefeleintrag über die Luft und den Regen mehr als ausreichend. Nachdem der Schwefeleintrag nunmehr im Bereich von 10 kg pro ha und weniger liegt, reichen diese Mengen besonders auf leichten, flachgründigen Standorten für schwefelbedürftige Kulturen nicht mehr aus.

Schwefel ist Bestandteil von essentiellen Aminosäuren, daher von Bedeutung für die Bildung von Proteinen und somit ein unverzichtbarer Pflanzennährstoff. Da der Schwefel auch für den Aufbau der Glucosinolate (Senföle) benötigt wird, ist der Bedarf bei Raps, aber auch bei Kraut und den Kohlarten am höchsten.

Weil Sulfat ebenso wie Nitrat sehr leicht ausgewaschen werden kann, sind vor allem leichte, sandige, flachgründige, humusarme Böden, die keine oder nur sehr geringe Mengen an organischen Düngern erhalten, nach hohen Winterniederschlägen die Standorte, bei denen zuerst Mangelsymptome zu bemerken sind: Vor allem die jüngeren Blätter erscheinen hellgrün, ähnlich einem Stickstoffmangel, bei Raps sind die Blüten gelblich-weiß.

Zur genauen Charakterisierung der Schwefelversorgung ist neben der Blattanalyse auch eine Bodenanalyse geeignet (Smin-Gehalt, EUF-S-Gehalt). Wegen des hohen Aufwandes für die Probenziehung und des zu späten Zeitpunktes für Düngungsmaßnahmen nach einer Blattanalyse sowie den damit verbundenen Kosten werden beide Verfahren nur zu Versuchszwecken herangezogen, nicht jedoch für die Praxis angeboten und empfohlen.

TABELLE 44: Mögliche Schwefeldüngung im Ackerbau und Grünland

Kulturart	Düngemenge in kg S/ha	Düngezeitpunkt
Winterraps	30 – 50	Vegetationsbeginn
Getreide	10 – 20	Vegetationsbeginn
Mais ¹⁾	10 – 20	Zur Saat – 6-Blatt-Stadium
Kartoffel ¹⁾	10 – 20	Zur Pflanzung bis zur Dammformung
Zuckerrübe ¹⁾	10 – 20	Zur Saat bis 8-Blatt-Stadium
Grünland	Über Wirtschaftsdünger abgedeckt	

¹⁾ bislang keine gezielte S-Düngung angezeigt, weil die S-Mineralisierung auf den meisten Standorten nach wie vor ausreichend ist; bei Raps und Getreide kommt die Mineralisierung im Vegetationsverlauf zu spät.

Die Schwefeldüngung kann über N- und Mehrnährstoffdünger erfolgen. Bei regelmäßiger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Rindermist: ca. 1 kg S/t; Schweinemist ca. 1,5 kg S/t, Hühnermist ca. 2 kg S/t; Gülle 0,2 – 0,5 kg S/m³) kann auf zumindest mittelschweren und tiefgründigen Böden auf eine gezielte S-Zufuhr aus Mineraldüngern verzichtet werden.

3.15 DIE DÜNGUNG MIT SPURENELEMENTEN

3.15.1 Allgemeines zu Spurennährstoffen

Spurennährstoffe sind essentielle Elemente, die von der Pflanze in nur relativ geringen Mengen benötigt und aufgenommen werden. Zu ihnen zählen das Nichtmetall Bor und die Schwermetalle Eisen, Kupfer, Mangan, Molybdän und Zink. Als günstig auf bestimmte Kulturarten wirkende Elemente gelten weiters Kobalt (insbesondere für Leguminosen) und Chlorid für Arten, die von maritimen Klimagebieten oder salinen Standorten stammen (Wachstumsförderung bei Rüben, Raps, Spinat und Kohlartern). Ein Mangel an Kobalt ist kaum bekannt, weshalb Kobalt auch nicht gedüngt wird. Die Chloridversorgung erfolgt in der Regel als Begleit-anion über die Kalidüngung bzw. über die Niederschläge.

Akuter Mangel an Spurennährstoffen tritt selten auf. Versorgungsprobleme sind vor allem auf Sand-, Moor- und kalkreichen Böden möglich. Allerdings kann bei den besonders bedürftigen Kulturarten (siehe Tab. 45) und unter bestimmten Boden- und Witterungsbedingungen ein latenter Mangel auftreten, der auch ertragsbeeinflussend sein kann. Die Düngung mit Spurennährstoffen muss unter Berücksichtigung der verfügbaren Gehalte im Boden oder von Pflanzenanalysen bemessen werden.

TABELLE 45: Spurennährstoffbedarf wichtiger Ackerkulturen (nach Kerschberger und Marks 2000, modifiziert)

		Bor (B)	Kupfer (Cu)	Mangan (Mn)	Molybdän (Mo)	Zink (Zn)
Getreide	Weizen	0	++	++	0	0
	Roggen	0	+	+	0	0
	Gerste	0	++	+	0	0
	Hafer	0	++	++	+	0
Hackfrüchte	Mais	0	0	+	+	++
	Rübe	++	+	++	+	+
	Kartoffel	+	0	+	0	+
Öl- und Eiweißpflanzen	Erbse; Wicke	0	0	++	+	0
	Ackerbohne	+	+	0	+	+
	Sojabohne	+	0	++	0	0
	Raps	++	0	+	+	0
	Sonnenblume	++	++	+	0	0
Sonderkulturen	Hanf	+	0	0	+	0
	Flachs, Öllein	+	+	0	0	++
	Mohn	++	0	0	0	0
	Senf	+	++	0	+	0
Futterpflanzen	Rotklee	+	+	+	++	+
	Luzerne	++	++	+	++	+
	Wiese, Weide	0	+	+	0	0

0 niedriger Bedarf

+ mittlerer Bedarf

++ hoher Bedarf

3.15.2 Bor (B)

Bor im Boden

Die Konzentration pflanzenverfügbarer Bor-Ionen in der Bodenlösung ist sehr gering. Mit ansteigendem pH-Wert (>7) und Trockenheit nimmt die Bor-Festlegung (Sorption) im Boden zu. Eine pH-Senkung durch physiologisch saure Dünger oder leicht abbaubare organische Substanz sowie eine Befeuchtung des Bodens fördern die Mobilisierung des festgelegten Bors.

Bei sehr niedrigem Borgehalt (Gehaltsklasse A) oder bei zu geringer Borverfügbarkeit (auf bindigen Böden mit pH-Werten über 7 sowie sehr leichten Böden oder nach einer Kalkung) sollten vor allem borbedürftige Kulturarten in der Fruchtfolge gezielt gedüngt werden. Borbedürftig sind vor allem Raps, Rüben, Leguminosen, Sonnenblumen, Karfiol, Kohl, Kohlrabi und Sellerie.

Niedrige Borgehalte sind über den gesamten pH-Bereich möglich, die Bor-Verfügbarkeit wird im alkalischen Bereich mit der Methode nach Baron etwas überbewertet.

Bormangel

Bormangel kommt bei Getreide in der Praxis kaum vor. Mangelsymptome zeigen sich in einer Halmverkürzung, fehlenden Spitzenblättern und Blütensterilität, die zu Taubährigkeit führt.

Bei Zuckerrübe macht sich Bormangel durch Absterben des Vegetationspunktes und Korkfleckigkeit bzw. Herz- und Trockenfäule bemerkbar. Die Herzblätter verfärben sich braun und schwarz, später beginnt der Kopf zu faulen, sodass der Rübenkörper allmählich hohl wird.

Bei Mais zeigen die jüngeren Blätter weißliche, nekrotische Flecken entlang der Mittelrippe. Die jüngsten Blätter vertrocknen, verdrehen und rollen sich ein.

Raps zeigt bei Mangel gestauchtes Wachstum, verdickte Stängel und verkümmerte Blüten. Ältere Blätter verfärben sich rötlich bis rotviolett.

Auch bei Leguminosen zeigt sich Mangel durch gedrungenen Wuchs und geringeren Ansatz von Knöllchenbakterien. Bei Luzerne kommt es zu Spitzenvergilbung der obersten Blätter, bei Kleearten vergilben die jüngeren Blätter mit roten Rändern.

Bor-Düngung

Da der optimale Borgehalt des Bodens in einem relativ engen Bereich liegt und eine Überversorgung zu toxischen Reaktionen bei empfindlichen Pflanzen führen kann, ist eine Düngung mit Bor nur bei Unter-versorgung und zu borbedürftigen Pflanzen empfehlenswert.

Konzentrationen, die für Raps und Rüben optimal sind, können für Gerste toxisch wirken.

TABELLE 46: Empfohlene Bor - Bodendüngung (kg Bor/ha) in Abhängigkeit vom Borgehalt des Bodens

Gehaltsklasse	Leichte Böden		Mittlere und schwere Böden	
	Mais, Raps	Rüben, Luzerne	Mais, Raps	Rüben, Luzerne
A niedrig	0,4 – 0,8	1,0 – 1,5	0,5 – 1,0	1,0 – 2,5
C mittel	0,5	0,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
E hoch	0	0	0	0

Für eine Blattdüngung wird eine Aufwandmenge von 0,4 kg B/ha empfohlen.

Optimale Zeitpunkte für eine B-Blattdüngung bei unterschiedlichen Kulturen:

Rübe, Kartoffel: Schließen der Reihen

Raps: Knospenstadium

Luzerne, Klee: kurz vor der Blüte

Mais: voll entwickeltes 4. Blatt

Sonnenblume: Ausbildung des 6. – 8. Blattes

Getreide: Schosserstadium

3.15.3 Eisen (Fe)

Eisen im Boden

Eisen wird von der Pflanzenwurzel als Fe^{2+} -Ion oder als Eisenchelat aufgenommen. Bei hohen pH-Werten kann es zu Mangelerscheinungen infolge Ionenkonkurrenz zwischen Fe^{2+} - und Ca^{2+} -Ionen kommen.

Da die Pflanze selbst Chelatbildner ausscheidet, konkurrieren auch Cu^{2+} -, Mn^{2+} - und Zn^{2+} -Ionen mit der Eisenaufnahme. Niedrige Fe-Gehalte (im EDTA-Extrakt $< 20 \text{ mg/kg}$) treten fast nur im alkalischen Bereich auf, bei einem $\text{pH} < 7$ liegen die Gehalte durchwegs in der mittleren bis hohen Gehaltsstufe.

Eisenmangel

Die meisten Kulturpflanzen können ihren Eisenbedarf ohne zusätzliche Düngung decken. Genereller Eisenmangel kommt mit Ausnahme von organischen Böden selten vor. Auf alkalischen, carbonathaltigen (pH-Wert über 7), gut durchlüfteten und trockenen Böden mit hohem P-Angebot kann an Mais und Soja, insbesondere aber bei Beerenobst und Reben Eisenmangel auftreten (Interkostalchlorose). Eisenchlorose kann auch in nassen Jahren unter staunassen Bedingungen auftreten.

Eisendüngung

Da eine vorbeugende Düngung mit Eisensalzen meist wirkungslos bleibt (Festlegung), haben sich Blatt-spritzungen mit Eisensulfat oder Eisenchelaten in 1-2 %iger Lösung (Getreide: 0,5 – 1,5 kg/ha) in akuten Fällen bewährt. Außerdem kann durch Anbau geeigneter Sorten und durch Verbesserung der Bodenstruktur die Fe-Verfügbarkeit verbessert werden.

3.15.4 Kupfer (Cu)

Kupfer im Boden

Das Schwermetall besitzt eine ausgeprägte Fähigkeit Metall-Chelat-Komplexe zu bilden. Komplexbildner sind organische Säuren (Zitronensäure, Bernsteinsäure) oder Abbauprodukte organischer Stoffe (Phenole, Fulvo- und Huminsäuren).

In Mineralböden wird Cu kaum verlagert. Kupfermangelstandorte sind sorptionsschwache, gut durchlüftete und auch humose Sandböden sowie frisch kultivierte Moore. Auf Acker- und Grünland sind hohe EDTA-lösliche Gehalte selten (ausgenommen bei Vornutzung als Weingarten), der überwiegende Anteil der Gehalte liegt zwischen 2 – 10 mg Cu/kg, eine niedrige Versorgung ($< 2 \text{ mg/kg}$) kann über alle pH-Bereiche auftreten.

Kupfermangel

Getreide nimmt bereits während der Bestockung das meiste Cu auf. Die Beweglichkeit innerhalb der Pflanze ist gering, deshalb treten Mangelerscheinungen in den jüngsten Blättern auf.

Cu-Mangelsymptome: Spitzenchlorose, Eindrehungen, Verkrümmungen und Welken der jüngsten Blätter; meist unterbleibt die Ähren- bzw. Rispenbildung (Weißspitzigkeit, Heidemoor- oder Urbarmachungskrankheit). Hafer, Gerste und Weizen reagieren besonders empfindlich auf Kupfermangel (wenige, kleine Körner, Taubährigkeit). Zwischen Kupfer, Mangan und Eisen besteht ein ausgeprägter Ionenantagonismus.

Kupferdüngung

Einen relativ hohen Kupferbedarf weisen Weizen, Gerste und Hafer, Sonnenblume und Luzerne auf. Bei Getreide sollte eine Kupferdüngung bereits zur Bestockung erfolgen, da bei Mangelerscheinungen zum Ährenschieben eine Düngung wirkungslos bleibt. Auch sollte eine Kupferdüngung mit einer Mangan-düngung kombiniert werden, da Kupfer eine Verdrängungswirkung von Mangan zur Folge hat. In Vieh haltenden Betrieben ist eine ausreichende Kupferversorgung meist über die Wirtschaftsdünger gegeben.

TABELLE 47: Empfohlene Cu- Düngung in Abhängigkeit vom Cu-Gehalt des Bodens

Gehaltsklasse	Bodendüngung kg Cu/ha	Blattdüngung kg Cu/ha
A niedrig	5 – 10	0,5
C mittel	1 – 3	0,5
E hoch	0	0

3.15.5 Mangan (Mn)

Mangan im Boden

Mit Ausnahme typischer Mangelstandorte (podsolige Sande und humose, lockere ev. aufgekalkte Sande, leichte Böden mit pH-Werten > 6,5) ist die geringe Mobilität (bei Trockenheit) des Mangans Ursache für einen Mangel. Mangan wird als Mn^{2+} -Ion oder als Mangan-Chelat von Wurzeln bzw. Blättern aufgenommen. Antagonismus zwischen Mn^{2+} - und Ca^{2+} -Ionen durch ähnlichen Ionenradius sowie zwischen Mn^{2+} - und NH_4^+ - bzw. Fe^{2+} -Ionen. Niedrige Mn-Gehalte im EDTA-Extrakt (< 20 mg/kg) sind im alkalischen Bereich häufig, ab einem pH-Wert < 7 liegen die Gehalte durchwegs sowohl im Acker- als auch Grünland im mittleren bzw. im hohen Bereich.

Manganmangel

Bei Getreide und Mais treten in der Blattmitte gelbliche Flecken und Streifen zwischen den Blattadern auf. Die Blattadern bleiben vorerst grün. Auch kommt es zum Abknicken des Halmes im unteren Drittel.

Bei höherem pH-Wert des Bodens und Trockenheit sind auch Getreidebestände von Mn-Mangel betroffen (bei Hafer: „Dörrfleckenkrankheit“). Bei Kartoffeln und Rüben entstehen zwischen den Blattadern der jüngeren Pflanzen chlorotische Aufhellungen und in der Folge kommt es zu gelbbraun verfärbten Rüben bzw. braunen Verfärbungen der Kartoffel.

Mangandüngung

Manganmangel sollte nach Möglichkeit mit einer Blattdüngung behoben werden.

Auf Böden mit pH-Werten < 6,0 kann auch eine Bodendüngung erfolgen, deren Wirkung aber unsicher ist.

TABELLE 48: Empfohlene Mangandüngung in Abhängigkeit vom Mn-Gehalt des Bodens

Gehaltsklasse	Bodendüngung kg Mn/ha	Blattdüngung kg Mn/ha
A niedrig	bis 20	3,0
C mittel	bis 10	1,5
E hoch	0	0

Bei der Blattdüngung haben sich folgende Entwicklungsstadien als optimal erwiesen:

Getreide: Schosserstadium

Mais: volle Entwicklung des 4. Blattes

Rübe und Kartoffel: Schließen der Reihen

Luzerne, Rotklee: Kurz vor der Blüte

Sonnenblume: 6 – 8 Blattstadium

3.15.6 Zink (Zn)

Zink im Boden

Schwere Böden sind reicher an Zink als Sande, wobei die Verfügbarkeit auf leichteren Böden höher ist. Mit steigendem pH-Wert sinkt die Löslichkeit von Zink, weshalb auf alkalischen und carbonatischen Böden sowie nach starker Kalkung bzw. Phosphatdüngung ein Mangel auftreten kann.

Hohe Zn-Gehalte im EDTA-Extrakt (<20 mg/kg) sind auf Acker- und Grünland selten, der überwiegende Anteil liegt zwischen 2 – 12 mg/kg. Niedrige Werte (< 2 mg/kg) treten zwar verstärkt bei alkalischer Bodenreaktion auf, sind aber im gesamten pH-Bereich möglich.

Zinkmangel

Bei Zinkmangel kommt es zu einer verminderten Bildung von Auxinen, was einen gestauchten (Zwerg-) Wuchs und „Kleinblättrigkeit“ zur Folge hat. Der Chlorophyllgehalt der Blätter sinkt, wodurch Chlorosen entstehen, die bis zur Weißfärbung der Blätter führen können (besonders typisch bei Mais).

Mangelsymptome können aber leicht mit Mn- oder Fe- Mangel verwechselt werden.

Zinkmangel tritt am ehesten bei Mais, Erbsen, Bohnen, Lein und Hopfen (Kräuselkrankheit) auf.

Zinkdüngung

Eine Zinkdüngung erfolgt bevorzugt in Form einer Blattdüngung. In Vieh haltenden Betrieben ist eine ausreichende Zinkversorgung meist über die Wirtschaftsdünger gegeben.

TABELLE 49: Empfohlene Zinkdüngung in Abhängigkeit vom Zn-Gehalt des Bodens

Gehaltsklasse	Bodendüngung kg Zn/ha	Blattdüngung kg Zn/ha
A niedrig	7 – 10	0,3
C mittel	5 – 7	0,3
E hoch	0	0

3.15.7 Molybdän (Mo)

Molybdän im Boden

Meist liegt genügend Molybdän in pflanzenverfügbarer Form im Boden vor. Anders als die übrigen Spurennährstoffe ist Molybdän im alkalischen Bereich besser verfügbar als im sauren. Mangel tritt daher bevorzugt auf sauren Böden mit hohem Gehalt an Eisenoxiden auf.

Molybdän wird in Form von MoO_4^{2-} Ionen aufgenommen, die mit SO_4^{2-} Ionen konkurrieren. Mo ist die Metallkomponente wichtiger Enzyme (Nitratreduktase, Hydrogenase).

Molybdänmangel

Molybdänmangel tritt sehr selten auf. Dabei kommt es zu NO_3^- -Anreicherungen und Mangel an Aminosäuren, während gleichzeitig Kohlenhydrate angehäuft werden. Ähnlich dem Stickstoffmangel zeigt sich Mo-Mangel durch verminderten Wuchs und Chlorosebildung zuerst an den älteren Blättern. In der Folge sterben die Blattränder ab (besonders bei Raps).

Bei zweikeimblättrigen Pflanzen kommt es bei akutem Mangel zu reduzierten Blattspreiten und teilweise zu Blattrandaufwölbungen. Die Blattmittelrippe wächst allein weiter, was zum so genannten Peitschenstielsymptom führt (vor allem bei Kohlgewächsen).

Bei Leguminosen hellen sich ältere Blätter auf, da die N_2 -Fixierung durch die Knöllchenbakterien gehemmt wird. In Luzerne und Rotkleebeständen tritt Mo-Mangel oft nur stellenweise auf, was dem Feld ein „scheckiges“ Aussehen verleiht.

Molybdändüngung

Durch Kalkung kann ein Mo-Mangel im allgemeinen beseitigt werden. Der jährliche Entzug beträgt lediglich 5-12 g/ha. Eine Düngung mit Molybdän ist im Ackerbau daher nur selten nötig.

Ein nachgewiesener Mangel kann mit 1 kg Mo/ha über eine Bodendüngung bei einem pH-Wert von mindestens 5,5 oder durch eine Blattdüngung mit 0,3 kg Mo/ha behoben werden.

Bei Futterpflanzen kann **Mo-Überschuss toxisch** wirken (Molybdänosegefahr bei Wiederkäuern)!

3.16 BEWERTUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG DER NÄHRSTOFFE AUS WIRTSCHAFTSDÜNGERN UND ERNTERÜCKSTÄNDEN

3.16.1 Arten der Wirtschaftsdünger

Durch die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und durch den Verbleib von Ernterückständen kommt es zu einer Rückführung von Nährstoffen in den Boden. Diese Mengen sind bei der Düngeplanung zu berücksichtigen. Die heutige Düngewirtschaft unterscheidet je nach Art des Anfalls und der Erfassung folgende Stalldüngerarten:

- **Festmist:** ein Gemisch aus Kot und Harn mit Einstreu und Futterresten. Ein Teil des anfallenden Harns wird von der Einstreu aufgesaugt und gebunden.
- **Jauche:** besteht vorwiegend aus Harn, enthält aber auch Sickersaft von Festmiststapeln und geringe Mengen an Kot- und Streubestandteilen.
- **Tiefstallmist:** In Freilaufhaltung anfallendes Gemisch aus tierischen Ausscheidungen und hohen Einstreumengen. Im Gegensatz zum „klassischen“ Festmist-Jauche System ist der anfallende Harn zur Gänze im Tiefstallmist gebunden.
- **Gülle:** ein Gemisch aus Kot und Harn, das außerdem Wasser sowie Futterreste, und Einstreuteile enthalten kann. Gülle wird vielfach auch als Flüssigmist bezeichnet, womit die Abgrenzung zum Festmist deutlich wird.

In Tabelle 50 ist das durchschnittliche Raumgewicht unterschiedlicher Wirtschaftsdünger angeführt. Je nach Einstreumenge können vor allem die Raumgewichte von Festmistern in der Praxis sehr stark variieren.

TABELLE 50: Raumgewicht von Wirtschaftsdüngern und Komposten

	t/m ³	m ³ /t
Flüssige Wirtschaftsdünger	1	1
Pferdemist	0,5	2
Rindermist	0,83	1,2
Schweinemist	0,91	1,1
Hähnchen- und Putenmist	0,5	2
Hühnertrockenkot (mit 50 % TS)	0,5	2
Schaf- und Ziegenmist	0,7	1,4
Stallmistkompost	0,8	1,2
Bio- und Grünschnittkompost	0,7	1,4

3.16.2 Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern

Die Vorgaben der europäischen Nitratrictlinie werden in Österreich durch das Aktionsprogramm „Nitrat“ umgesetzt. Gemäß Erläuterungen zur Wasserrechtsgesetznovelle BGBl. Teil I 87/2005 darf die jährlich ausgebrachte Menge an Wirtschaftsdüngern nicht mehr als 170 kg Stickstoff pro ha landwirtschaftlich genutzter Fläche betragen. Dieser Begrenzungswert bezieht sich auf den Brutto-Stickstoffanfall abzüglich der gasförmigen Verluste im Stall und während der Lagerung. Diese Verluste werden wie folgt kalkuliert:

Rindergülle: - 15%

Schweingülle, Geflügelgülle, Rindermist, Pferdemist: - 30%

Schweinemist: - 35%

Geflügelmist (ohne Puten): - 40%

Putenmist, Schaf- und Ziegenmist: - 45%

Die jährlich anfallende Stickstoffmenge nach Abzug der Stall- und Lagerverluste ist in Tabelle 51 zusammengefasst.

TABELLE 51: Jährlicher Stickstoffanfall aus der Tierhaltung je Stallplatz nach Abzug der Stall- und Lagerverluste in kg

System Mist - Jauche

Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall- mist
Rinder				
Jungrinder				
Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr	12,7	5,2	5,2	10,4
Jungvieh 1/2 bis 1 Jahr	34,4	14,2	14,2	28,4
Jungvieh 1 bis 2 Jahr	45,6	18,8	18,7	37,5
Rinder ab 2 Jahre				
Ochsen, Stiere	54,7	22,6	22,5	45,1
Kalbinnen	58,9	24,3	24,2	48,5
Milchkühe ohne Nachzucht				
Milchkühe (5000 kg Milch)	74,4	40,9	20,4	61,3
Milchkühe (6000 kg Milch)	82,8	45,1	22,5	67,6
Milchkühe (7000 kg Milch)	89,7	49,3	24,6	73,9
Milchkühe (8000 kg Milch)	97,3	53,5	26,7	80,2
Milchkühe (9000 kg Milch)	105,0	57,7	28,8	86,5
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)	112,6	61,9	30,9	92,8
Mutter- und Ammenkühe ohne Nachzucht				
3000 kg Milch	59,1	32,5	16,2	48,7
4000 kg Milch	66,7	36,6	18,4	55,0
Schweine				
Ferkel				
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG) Standardfütterung	2,5	1,6	0,8	2,3
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG), N-reduzierte Fütterung	2,4	1,5	0,7	2,2
Mastschweine und Jungsauen (2,5 Zyklen/Jahr)				
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung	7,5	4,6	2,3	7,0
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, N-reduzierte Fütterung	6,9	4,2	2,1	6,4
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, stark N-reduzierte Fütterung	6,7	4,1	2,1	6,2
Zuchtschweine (ab Belegung) inkl. Ferkel bis 8 kg				
Zuchtschweine - Standardfütterung	14,4	8,9	4,5	13,4
Zuchtschweine - N-reduzierte Fütterung	12,8	7,9	4,0	11,9
Eber				
Zuchteber - Standardfütterung	17,7	11,0	5,5	16,4
Zuchteber - N-reduzierte Fütterung	16,7	10,4	5,2	15,5
Geflügel				
Küken u. Junghennen für Legezwecke bis 1/2 Jahr	0,13			0,11
Legehennen, Hähne	0,51			0,43
Mastküken und Jungmasthühner				0,17
Zwerghühner, Wachteln; ausgewachsen				0,10
Gänse				0,29
Enten				0,29
Truthühner (Puten)				0,65

Pferde	
Kleinpferde incl. Ponys, Esel, Maultiere, ...	
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht < 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	8,9
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	10,5
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ...	
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	17,4
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	20,5
Pferde	
Widerristhöhe > 1,48 m, Endgewicht > 500 kg	
1/2 bis 3 Jahre	31,2
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	36,8
Schafe	
Lämmer bis 1/2 Jahr	5,4
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	7,3
Mutterschafe	7,7
Ziegen	
bis 1/2 Jahr	5,0
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	6,6
Mutterziegen	7,2

Für die bei der Düngung ausgebrachte Stickstoffmenge besteht laut Wasserrechtsgesetz in folgenden Fällen eine Bewilligungspflicht:

- bei landwirtschaftlichen Nutzflächen ohne Gründeckung ab einer Menge von 175 kg/ha Stickstoff in feldfallender Wirkung
- bei landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Gründeckung einschließlich Dauergrünland oder mit stickstoffzehrender Fruchtfolge ab einer Menge von 210 kg/ha Stickstoff in feldfallender Wirkung

Für eine einfache Betriebsbilanz kann von einer landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Gründeckung oder mit stickstoffzehrender Fruchtfolge ausgegangen werden, wenn auf zumindest 2/3 der landwirtschaftlichen Nutzfläche Kulturen mit einer Düngeempfehlung > 80 kg N/ ha bei mittlerer Ertragslage angebaut werden oder eine Gründeckung vorhanden ist.

Die angegebenen Mengen beziehen sich auf die Summe des Stickstoffanteils aus mineralischen Düngern, Wirtschaftsdüngern und anderen organischen Düngern. Zur Berechnung der im Wasserrechtsgesetz (WRG) festgelegten Obergrenzen werden neben den Stall- und Lagerungsverlusten zusätzlich auch die Verluste bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger berücksichtigt. Diese betragen bei Gülle und Jauche 13 %, bei Stallmist und Kompost 9 % des Stickstoffgehaltes. Tabelle 52 gibt einen Überblick über die jährlich anfallende Stickstoffmenge nach Abzug der Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste. Der Stickstoffgehalt in mineralischen Düngemitteln entspricht dem Stickstoffgehalt in Wirtschaftsdüngern in feldfallender Form.

TABELLE 52: Jährlicher Stickstoffanfall aus der Tierhaltung je Stallplatz nach Abzug der Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste in kg feldfallendem Stickstoff

System Mist - Jauche

Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall- mist
Rinder				
Jungrinder				
Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr	11,0	4,7	4,5	9,5
Jungvieh 1/2 bis 1 Jahr	29,9	12,9	12,4	25,8
Jungvieh 1 bis 2 Jahr	39,7	17,1	16,3	34,1
Rinder ab 2 Jahre				
Ochsen, Stiere	47,6	20,6	19,6	41,0
Kalbinnen	51,2	22,1	21,1	44,1
Milchkühe ohne Nachzucht				
Milchkühe (5000 kg Milch)	64,7	37,1	17,7	55,8
Milchkühe (6000 kg Milch)	71,3	41,0	19,6	61,5
Milchkühe (7000 kg Milch)	78,0	44,8	21,4	67,2
Milchkühe (8000 kg Milch)	84,7	48,6	23,2	73,0
Milchkühe (9000 kg Milch)	91,4	52,4	25,1	78,7
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)	98,0	56,2	26,9	84,4
Mutter- und Ammenkühe ohne Nachzucht				
3000 kg Milch	51,4	29,5	14,1	44,3
4000 kg Milch	58,0	33,3	16,0	50,1
Schweine				
Ferkel				
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG) Standard-Fütterung	2,2	1,5	0,7	2,1
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG), N-reduzierte Fütterung	2,1	1,4	0,6	2,0
Mastschweine und Jungsauen (2,5 Zyklen/Jahr)				
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung	6,5	4,2	2,0	6,3
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, N-reduzierte Fütterung	6,0	3,8	1,8	5,8
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, stark N-reduzierte Fütterung	5,8	3,7	1,8	5,6
Zuchtschweine (ab Belegung) inkl. Ferkel bis 8 kg				
Zuchtschweine - Standardfütterung	12,5	8,1	3,9	12,2
Zuchtschweine - N-reduzierte Fütterung	11,1	7,2	3,5	10,8
Eber				
Zuchteber - Standardfütterung	15,4	10,0	4,8	14,9
Zuchteber - N-reduzierte Fütterung	14,5	9,5	4,5	14,1
Geflügel				
Küken u. Junghennen für Legezwecke bis 1/2 Jahr	0,11			0,10
Legehennen, Hähne	0,44			0,39
Mastküken und Jungmasthühner				0,15
Zwerghühner, Wachteln; ausgewachsen				0,09
Gänse				0,26
Enten				0,26
Truthühner (Puten)				0,59

Pferde	
Kleinpferde incl. Ponys, Esel, Maultiere, ... Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht < 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	8,1
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	9,6
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ... Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	15,8
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	18,7
Pferde Widerristhöhe > 1,48 m, Endgewicht > 500 kg	
1/2 bis 3 Jahre	28,4
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	33,5
Schafe	
Lämmer bis 1/2 Jahr	4,9
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	6,6
Mutterschafe	7,0
Ziegen	
ab 1/2 Jahr	4,6
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	6,0
Mutterziegen	6,6

Die unmittelbare Wirksamkeit des in Wirtschaftsdüngern enthaltenen Stickstoffs ist wesentlich vom Verhältnis zwischen mineralisch und organisch gebundenen Anteilen abhängig. Tabelle 53 gibt einen Überblick über die relativen Anteile von Ammoniumstickstoff und organisch gebundenem Stickstoff in Wirtschaftsdüngern.

TABELLE 53: Relativer Anteil von $\text{NH}_4\text{-N}$ und organisch gebundenem N in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern

	% $\text{NH}_4\text{-N}$	% organisch gebundener N
Stallmist	15	85
Rottemist	5	95
Stallmistkompost	< 1	> 99
Rinderjauche	90	10
Rindergülle	50	50
Schweinegülle	65	35
Legehühnergülle (verdünnter Kot)	60	40
Legehühnerkot (frisch)	30	70
Legehühnertrockenkot, Jungkükenfrischkot, Putenmist	15	85

Neben Wirtschaftsdüngern werden in der Landwirtschaft auch andere, „wirtschaftsdüngerähnliche“ Substanzen angewandt, die insbesondere hinsichtlich der Wirksamkeit des organisch gebundenen Stickstoffs in ihrer Charakteristik mit bestimmten Wirtschaftsdüngern vergleichbar sind. Tabelle 54 gibt einen Überblick über die Zuordnungsmöglichkeiten dieser zusätzlichen organischen Stickstoffquellen.

TABELLE 54: Beurteilung der Wirksamkeit von organisch gebundenem Stickstoff unterschiedlicher Stickstoffquellen

Organische Stickstoffquelle	Wirksamkeit entspricht
Komposte (biogene Abfälle), inkl. Klärschlammkompost	Stallmistkompost
Klärschlamm flüssig (unter 15 % TM)	Rindergülle
Klärschlamm flüssig, aerob stabilisiert	Stallmist
Klärschlamm abgepresst, krümelig (über 15% TM)	Stallmist
Kartoffelrestfruchtwasser	Stallmist
Senkgrubengrauwasser	Rinderjauche
Presspülpe, Schlempe, Vinasse, Molke, Rübenschwänze	Stallmist
Carbokalk	Stallmist
Biogasgülle aus Rindergülle, Rinderstallmist (überwiegend) und nachwachsenden Rohstoffen (Silagen,...)	Rindergülle
Biogasgülle/Gärrückstände aus Schweinegülle oder sonstigen organischen Produkten (überwiegend)	Schweinegülle
Organische Handelsdünger: TM-Gehalt unter 15 %	Rindergülle
TM-Gehalt über 15 %	Stallmist
Beispiele organischer Handelsdünger: Pilzmycel, Hornmehl, Pressrückstände von Ölsaaten	

Die in Tabelle 54 angegebenen Zuordnungen sind aus Mittelwerten abgeleitet. Liegt ein entsprechendes Untersuchungsergebnis vor, kann unter Berücksichtigung von Tabelle 53 eine abweichende Zuordnung vorgenommen werden.

Zur Berechnung der erforderlichen Düngemenge oder zur Ermittlung des feldfallenden Stickstoffgehalts für eine vorgegebene Menge an Wirtschaftsdüngerähnlichen Produkten können die Werte der zugeordneten Wirtschaftsdünger herangezogen werden (siehe Tabellen 52 und 58). Liegt ein Untersuchungsergebnis für den Stickstoffgehalt vor, sind nur mehr die Verluste bei der Ausbringung in Abzug zu bringen.

In Tabelle 55 sind die Gehalte an P_2O_5 und K_2O in Wirtschaftsdüngern zusammengefasst.

TABELLE 55: Anfallsmengen an P_2O_5 und K_2O aus der Tierhaltung (in kg je Stallplatz und Jahr)

Tierart	P_2O_5	K_2O
Rinder		
Jungrinder		
Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr	7,1	10,9
Jungvieh 1/2 bis 1 Jahr	13,5	43,1
Jungvieh 1 bis 2 Jahr	19,6	74,8
Rinder ab 2 Jahre		
Ochsen, Stiere	24,8	84,9
Kalbinnen	25,5	104,2
Milchkühe ohne Nachzucht		
Milchkühe (5000 kg Milch)	28,2	148,9
Milchkühe (6000 kg Milch)	32,8	163,8
Milchkühe (7000 kg Milch)	37,4	178,7
Milchkühe (8000 kg Milch)	41,9	193,6
Milchkühe (9000 kg Milch)	46,5	208,5
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)	51,1	223,4
Mutter- und Ammenkühe ohne Nachzucht		
Mutterkühe	19,0	119,1
Ammenkühe	23,6	134,0
Schweine		
Ferkel		
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG), P-Standardfütterung	2,0	2,1
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG), P-reduzierte Fütterung	1,4	2,1
Mastschweine und Jungsauen (2,5 Zyklen/Jahr)		
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, P-Standardfütterung	4,4	5,0
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, P-reduzierte Fütterung	3,6	5,0
Zuchtschweine (ab Belegung) inkl. Ferkel bis 8 kg		
Zuchtschweine - P-Standardfütterung	10,6	6,8
Zuchtschweine - P-reduzierte Fütterung	9,0	6,8
Eber		
Zuchteber - P-Standardfütterung	12,3	6,8
Zuchteber - P-reduzierte Fütterung	10,7	6,8
Geflügel		
Küken u. Junghennen für Legezwecke	0,17	0,13
Legehennen, Hähne	0,45	0,33
Mastküken und Jungmasthühner	0,12	0,10
Zwerghühner, Wachteln; ausgewachsen	0,09	0,07
Gänse	0,25	0,20
Enten	0,25	0,20
Truthühner (Puten)	0,60	0,48

Pferde		
Kleinpferde incl. Ponys, Esel, Maultiere, ...		
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht < 300 kg		
1/2 bis 3 Jahre	4,5	8,9
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	5,3	10,5
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ...		
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg		
1/2 bis 3 Jahre	8,7	17,4
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	10,3	20,5
Pferde		
Widerristhöhe > 1,48 m, Endgewicht > 500 kg		
1/2 bis 3 Jahre	15,6	31,2
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	18,4	36,8
Schafe		
Lämmer bis 1/2 Jahr	2,0	5,7
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	3,4	15,5
Mutterschafe	4,0	17,5
Ziegen		
ab 1/2 Jahr	2,2	7,9
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	3,7	13,3
Mutterziegen	4,6	15,2

Durch eine P-reduzierte Fütterung von Geflügel kann der Phosphatgehalt je nach Tiergruppe in einem Ausmaß zwischen 13% und 39% gesenkt werden.

Tabelle 56 gibt nochmals einen Überblick über die durchschnittlichen Gehalte an Trockenmasse und organischer Substanz sowie den durchschnittlichen Nährstoffgehalt der wichtigsten Wirtschaftsdünger. Die detaillierten Angaben sind in den Tabellen 51, 52 und 55 zusammengefasst.

Die Angaben stellen Mittelwerte dar, die individuellen Gehalte können allerdings stark schwanken. Liegt ein entsprechendes Untersuchungsergebnis einer repräsentativen Probe vor, ist dieses den Tabellenwerten vorzuziehen. Der Wert für N-gesamt oder N-Kjeldahl des Untersuchungszeugnisses entspricht dem Stickstoffgehalt am Lager. Um den Gehalt an feldfallendem Stickstoff zu erhalten, sind bei Stallmist und Kompost 9 %, bei Gülle und Jauchen 13 % abzuziehen. Bei den anderen Nährstoffen entspricht der Analysenwert dem feldfallenden Gehalt.

Der Stickstoffgehalt der Wirtschaftsdünger kann auf Basis der Tabelle 52 (Ermittlung des N-Anfalles aus der Tierhaltung durch die betriebsspezifischen Anfallsmengen) auch selbst berechnet werden. Dies ist vor allem bei verdünnt anfallenden Wirtschaftsdüngern von Bedeutung.

TABELLE 56: Übersicht zum durchschnittlichen Gehalt an Trockenmasse und organischer Substanz sowie zum durchschnittlichen Nährstoffgehalt der wichtigsten Wirtschaftsdünger

Art der Tiere und des Wirtschaftsdüngers	TM-Gehalt	N _{Lager}	N _{feldfallend}	P ₂ O ₅	K ₂ O	org. Substanz
	Gew %	kg/m ³				
Rinder						
Milchkühe (inkl. Nachzucht)						
Rottemist	25 – 40	4,4	4,0	4,2	9,1	129
Stallmistkompost	35 – 60	2,1	1,9	2,0	4,4	62
Stallmist (einstreuarm)	20 – 25	3,2	2,9	2,5	4,2	145
Jauche (unverdünnt)	3	3,4	3,0	0,2	9,5	13
Gülle (1+1 verdünnt)	5	2,0	1,7	1,0	3,3	38
Gülle (unverdünnt)	10	3,9	3,4	2,0	6,5	76
Mastrinder (Maissilage)						
Gülle (unverdünnt)	10	5,2	4,5	2,5	5,0	75,0
Mastkälber						
Gülle (unverdünnt)	5	6,1	5,3	2,5	4,0	35,0
Schafe (inkl. Lämmer)						
Tiefstallmist	25 – 30	4,3	3,9	2,1	4,9	140
Pferde						
Stallmist	25 – 30	2,3	2,1	1,5	3,0	113
Schweine (bei Phasenfütterung bzw. N- und P - reduzierter Fütterung sind die entsprechenden N- und P₂O₅-Gehalte um 20 % zu reduzieren)						
Zuchtsauen						
Stallmist	25	4,2	3,8	5,5	3,6	182
Jauche	2	3,9	3,4	1,0	3,0	8
Gülle (1+1 verdünnt)	5	3,2	2,8	2,2	2,0	38
Gülle (unverdünnt)	10	6,4	5,6	4,4	4,0	76
Mastschweine						
Gülle (Futtergrundlage MKS-CCM)	5	5,2	4,5	3,5	3,5	35
Gülle (Futtergrundlage Getreide)	10	6,9	6,0	5,0	4,0	75
Tiefstallmist	30	7,4	6,7	4,6	7,3	-
Geflügel						
Legehennen						
Frischkot (= unverd. Gülle)	10	2,6	2,3	2,5	1,5	38
Trockenkot	50	8,5	7,7	12,0	7,0	180
Masthähnchen (Broiler)						
Festmist	60	9,2	8,4	10,0	8,0	250
Puten						
Festmist	50	7,7	7,0	10,0	8,0	190

Die Werte dieser Tabelle dienen der Orientierung über die Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern. Für Berechnungen gemäß Aktionsprogramm „Nitrat“ bzw. Wasserrechtsgesetz sind ausschließlich die Tabellen 51, 52 und 57 heranzuziehen.

Eine Möglichkeit der betriebsspezifischen Ermittlung des N-Gehalts stellt die Berechnung des N-Anfalls aus Tabelle 52, geteilt durch die anfallende Wirtschaftsdüngeremenge, dar.

3.16.3 Lagerung von Wirtschaftsdüngern

Eine ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger ist Voraussetzung für deren sachgerechten Einsatz. In Tabelle 57 sind die über einen Zeitraum von 6 Monaten je Stallplatz anfallenden Mengen an Wirtschaftsdüngern zusammengefasst. Diese Mengen sind bei der Planung der im Aktionsprogramm „Nitrat“ vorgeschriebenen Lagerkapazität zu berücksichtigen. Zeiten, in denen das Vieh vom 1. Oktober bis 1. April des Folgejahres nicht im Stall steht, können durch aliquote Abschläge berücksichtigt werden.

Die Angaben für Jauche und Gülle beziehen sich auf die unverdünnten Substanzen, das heißt, dass eine Verdünnung durch in die Gruben eingeleitete Spül- und Reinigungswässer in der Bemessung der erforderlichen Lagerkapazität entsprechend zu berücksichtigen ist.

TABELLE 57: Wirtschaftsdüngeranfallsmengen für 6 Monate je Stallplatz in m³ bei verschiedenen Entmistungssystemen

	System Mist - Jauche			
	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstallmist
Rinder				
Jungrinder				
Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr	1,3	0,8	0,7	1,7
Jungvieh 1/2 bis 1 Jahr	3,4	1,8	1,7	3,9
Jungvieh 1 bis 2 Jahr	5,8	3,0	2,9	6,2
Rinder ab 2 Jahre				
Ochsen, Stiere	7,1	3,5	3,5	7,7
Kalbinnen	7,7	3,8	3,8	8,2
Milchkühe ohne Nachzucht				
Milchkühe (5000 kg Milch)	11,5	7,4	3,8	11,9
Milchkühe (6000 kg Milch)	11,8	7,6	3,9	12,1
Milchkühe (7000 kg Milch)	11,7	7,5	3,9	12,0
Milchkühe (8000 kg Milch)	12,0	7,6	4,0	12,3
Milchkühe (9000 kg Milch)	12,3	7,9	4,1	12,6
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)	12,7	8,1	4,2	13,0
Mutter- und Ammenkühe ohne Nachzucht				
Mutter- und Ammenkühe	11,3	7,2	3,7	11,6
Schweine				
Ferkel				
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG) Standardfütterung	0,30	0,13	0,05	0,33
Ferkel 8 bis 32 kg Lebendgewicht (LG) N-reduzierte Fütterung	0,30	0,13	0,05	0,33
Mastschweine und Jungsauen				
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung	0,70	0,48	0,23	0,77
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, N-reduzierte Fütterung	0,70	0,48	0,23	0,77
ab 32 kg LG bis Mastende/Belegung, stark N-reduzierte Fütterung	0,70	0,48	0,23	0,77
Zuchtschweine (ab Belegung) inkl. Ferkel bis 8 kg				
Zuchtschweine - Standardfütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Zuchtschweine - N-reduzierte Fütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Eber				
Zuchteber - Standardfütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Zuchteber - N-reduzierte Fütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Geflügel				
Küken u. Junghennen für Legezwecke bis 1/2 Jahr	pump- fähig		Trockenkot	
Küken u. Junghennen für Legezwecke bis 1/2 Jahr	0,012			0,009
Legehennen, Hähne	0,033			0,016
Mastküken und Jungmasthühner				0,006
Zwerghühner, Wachteln; ausgewachsen				0,003
Gänse				0,029
Enten				0,014
Truthühner (Puten)				0,030

Pferde	
Kleinpferde incl. Ponys, Esel, Maultiere, ... Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht < 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	2,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	2,5
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ... Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg	
1/2 bis 3 Jahre	3,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	3,8
Pferde Widerristhöhe > 1,48 m Endgewicht > 500 kg	
1/2 bis 3 Jahre	6,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	6,7
Schafe	
Lämmer bis 1/2 Jahr	0,22
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	0,52
Mutterschafe	0,52
Ziegen	
ab 1/2 Jahr	0,16
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	0,38
Mutterziegen	0,38

3.16.4 Wirksamkeit des Stickstoffs in Wirtschaftsdüngern

Der nach Abzug unvermeidbarer Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste verbleibende Stickstoff im Wirtschaftsdünger erreicht im Jahr der Anwendung je nach Kulturart und Mineralisierungsbedingungen eine unterschiedlich hohe Wirksamkeit. Diese Jahreswirksamkeit setzt sich aus der Direktwirkung zum Zeitpunkt der Ausbringung und der daran anschließenden, geschätzten Stickstoffmineralisation zusammen.

Für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffs werden die Werte aus Tabelle 52 mit den in Tabelle 58 angeführten Wirksamkeitswerten multipliziert.

TABELLE 58: Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs in % bezogen auf die feldfallenden Stickstoffmengen für Acker- und Grünland

	Stallmist	Rottemist	Kompost	Jauche	Gülle		
					Rind	Schwein	Huhn
Acker- und Grünland	50	30	10	100	70	80	85

Neben der Jahreswirksamkeit kann beim regelmäßigen Einsatz von Wirtschaftsdüngern im Sinne einer Kreislaufwirtschaft je Anwendungsjahr mit einer Nachwirkung von 3 bis 5% gerechnet werden.

Im Grünland kann daher die Gesamtwirksamkeit (Jahreswirksamkeit und die Summe der Nachwirkungen der vorangegangenen Düngeperioden) bezogen auf den feldfallenden Stickstoff bei langjährigem, regelmäßigen Einsatz von Wirtschaftsdüngern und günstigen Mineralisierungsverhältnissen bis zu 100% erreichen.

In Tabelle 59 ist ein Beispiel für die Berechnung jahreswirksamen Stickstoffanteiles in Wirtschaftsdüngern gemäß der Tabellen 51, 52 und 58 angeführt.

TABELLE 59: Beispiel für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffanfalls gemäß Tabelle 51, 52 und 58: Milchkuh (Milchleistung: 6000 kg pro Jahr; Gülle)

			kg N	maßgebend für:
N-Anfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste (=15%)	Wert aus Tabelle 53	= N-Anfall (brutto) x 0,85	82,0	170 kg N/ha Grenze für Wirtschaftsdünger
N-Anfall nach Abzug der Ausbringungsverluste (=13%)	Wert aus Tabelle 54	= 82,0 x 0,87	71,3	Bewilligungsgrenze gemäß WRG
Pflanzenwirksamer N-Anfall im Jahr der Anwendung	Wert aus Tabelle 59	= 71,3 x 0,70	49,9	Umsetzung der Düngeempfehlung

Bei einer Düngung zur Förderung der Strohhotte oder zur Begrünung können höchstens 20 kg/ha N von der jahreswirksamen Stickstoffmenge abgezogen werden.

3.17 BEWERTUNG VON FERMENTATIONSRÜCKSTÄNDEN

Im Bereich der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen ist es ein vorrangiges Ziel, Stoffflüsse möglichst geschlossen zu halten. Das heißt, dass Nährstoffe, die von Flächen zur Bioenergieproduktion in eine Anlage gebracht werden, möglichst im gleichen Umfang wieder auf dieselben Flächen zurückgeführt werden sollen. Auf diese Weise ist sicher zu stellen, dass es einerseits zu keinem „Aushungern“, andererseits aber auch zu keinem ökologisch bedenklichen „Überladen“ der Produktionsflächen kommt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass Fermentationsrückstände (Biogasgülle und Gärrückstand) nicht in ihrer Gesamtheit als „Dung“ im Sinn des Nitrat-Aktionsprogramms gesehen werden, sondern nur der tatsächliche Anteil an tierischen Ausscheidungen, der an Hand der Aufzeichnungen herauszurechnen ist.

Definitionen:

Biogasgülle: Vergorenes flüssiges Substrat aus dem Biogasprozess, welches landwirtschaftlich verwertet werden kann und Ausgangsmaterialien aus land- und forstwirtschaftlicher Urproduktion enthält.

Gärrückstand: Vergorenes flüssiges Substrat aus dem Biogasprozess, welches landwirtschaftlich verwertet werden kann und als Ausgangsmaterialien Rückstände der Be- und Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und/oder andere biogene Reststoffe enthält.

Im Bereich der Stickstoffdüngung soll die ökologisch verträgliche Stickstoffdüngung auf Bioenergie-Produktionsflächen auf folgenden zwei Säulen beruhen:

- a) auf einem Bilanzierungssystem für die Biogasanlage,
- b) auf einem Bilanzierungssystem für alle Betriebe, die Fermentationsrückstände abnehmen.

Das Modell zur Bilanzierung für die Biogasanlage enthält folgende Parameter:

- von allen in die Biogasanlage eingebrachten Ausgangsstoffen jeweils
 - Art
 - Menge
 - für Wirtschaftsdünger:
 - N-Gehalt (aus dem Dung-N Gehalt errechnete Konzentration gemäß Tab. 51 und 57) oder Messung
- Vom Endprodukt (Biogasgülle / Gärrückstand):
 - Gesamt-N-Gehalt (Analyse)
 - Der feldfallende N aus der Biogasgülle / des Gärrückstand wird analog zur Berechnung des feldfallenden N in Schweinegülle ermittelt.
 - Der Dung-N-Gehalt in der Biogasgülle wird nur durch den Anteil der tierischen Ausscheidungen bestimmt.
 - Mengenanfall gesamt (Messung)
 - Abgabemenge an jeden Abnehmer (jeweils durch Lieferschein und Unterschrift des Abnehmers im Betriebsbuch zu bestätigen); diese klare Trennung ist auch dann vorzunehmen, wenn der Anlagenbetreiber und der Abnehmer dieselbe natürliche Person sind.

Das Bilanzierungssystem für die Biogasgülle / Gärückstand abnehmenden Betriebe enthält:

- **Gesamtbetriebliche Berechnungen:**
 - Dung-N-Anfall je ha LN
 - Anfall an feldfallendem N je ha düngungswürdiger Fläche
 - gegebenenfalls schlagbezogene N-Bilanzrechnungen
- Wenn nach den gesamtbetrieblichen Berechnungen eine der folgenden Grenzen überschritten wird, dann ist zusätzlich eine schlagbezogene N-Bilanzrechnung erforderlich:
 - Dung-N je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche: maximal 170 kg und
 - feldfallender N (=„Rein-N“) je ha düngungswürdiger Fläche
- maximal 210 kg auf Grünland bzw. auf Ackerland mit Gründeckung oder auf Ackerland mit stickstoffzehrender Fruchtfolge,
- maximal 175 kg auf Ackerland ohne Gründeckung und ohne stickstoffzehrende Fruchtfolge.
- Die N-Bedarfszahlen (berechnet als im Anwendungsjahr wirksamer Stickstoff) für die schlagbezogene N-Bilanzrechnung orientieren sich im ersten Anwendungsjahr vorerst am allgemeinen Empfehlungsschema für die Stickstoffdüngung. Für die Folgejahre können auf der Basis der Erntemengen und der Stickstoffgehalte des Erntegutes eigene „Sollwerte“ berechnet werden. Diese Sollwerte bilden dann im Zusammenhang mit gemessenen N_{\min} -Werten die Grundlage für die weitere N-Düngung.
Wenn dabei in Summe eines Jahres mehr als 210 kg feldfallender Stickstoff je ha düngungswürdiger Fläche ausgebracht werden sollen, dann ist eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen!

Berechnung des N-Anfalles (N_{ges}) aus der Biogasanlage bzw. zur Berechnung des N-Anfalles aus der Tierhaltung (N_{wd}):

Der Stickstoffanfall gesamt (N_{ges}) kann über die analysierte Stickstoffkonzentration (kg N/m^3) des Fermentationsrückstandes und die Jahresmenge Fermentationsrückstand (m^3) berechnet werden. Der Stickstoffanfall aus der Tierhaltung in kg (N_{wd}) kann über die Tabellen 51 und 57 ermittelt werden.

Berechnung des Wirtschaftsdünger-N-Anteils:

N_{ges} (kg) = Jahresanfall Fermentationsrückstand (m^3) x Analysenwert (kg/m^3)

$$\text{Dung-N-Anteil}[\%] = \frac{N_{\text{wd}}}{N_{\text{ges}}} \times 100$$

3.18 BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE

Neben dem Einsatz von Wirtschaftdüngern spielt auch die Menge und Art der Ernterückstände für die Bemessung der Düngung eine wesentliche Rolle. In Tabelle 60 ist die Wirkung in Bezug auf die Nachlieferung von Stickstoff, in Tabelle 61 von Phosphor und Kalium zusammengefasst. Bei Kalium ist zusätzlich die von der Bodenart abhängige Nachlieferungsdynamik zu beachten.

TABELLE 60: Bewertung der Ernterückstände und Vorfruchtwirkung für die unmittelbare Folgekultur – Stickstoff (GB...Grünbrache)

Wirkung	Vorfrucht	Verminderung der N-Gabe (kg/ha)
Ernterückstände	Rübenblatt	0 – 30
	Rapsstroh	0 – 30
Stroh- und Vorfruchtwirkung	Ackerbohne	20 – 40
	Körnererbse	20 – 50
	Sojabohne	0 – 20
Vorfruchtwirkung - Stoppeln und Wurzeln nach Umbruch	Leguminosenzwischenfrucht	10 – 30
	Futterleguminosen (einjährig)	20 – 40
	Futterleguminosen (mehrjährig)	40 – 80
	Wechselgrünland	30 – 50
Vorfruchtwirkung Grünbrache (GB) - Mulch, Stoppeln und Wurzeln nach Umbruch	GB einjährig (Leguminosenanteil > 60 %)	40 – 80
	GB einjährig (Leguminosenanteil 10 – 60 %)	20 – 40
	GB einjährig (Leguminosenanteil < 10 %)	0 – 20
	GB mehrjährig (Leguminosenanteil > 60 %)	60 – 100
	GB mehrjährig (Leguminosenanteil 10 – 60 %)	30 – 50
	GB mehrjährig (Leguminosenanteil < 10 %)	15 – 25

Die Bewertung wird üblicherweise auf Basis eines Mittelwertes der oben angegebenen Spanne erstellt, bei Kontrollen gilt der untere Wert.

TABELLE 61: Bewertung der Ernterückstände und Vorfruchtwirkung – Phosphor und Kalium

	P ₂ O ₅	K ₂ O		
		Ertragslage		
		niedrig	mittel	hoch
Getreidestroh	10	40	50	60
Kartoffelkraut	10	40	60	70
Maisstroh	20	90	120	150
Rapsstroh	20	90	120	150
Rübenblatt	40	120	150	180
Sonnenblumenstroh	20	120	150	180
Körnerleguminosen (Stroh- und Vorfruchtwirkung)				
Ackerbohne	10	30	40	50
Erbse	10	30	40	50
Sojabohne	10	30	40	50

ANHANG

A.1 UMRECHNUNGSTABELLEN

TABELLE 62: Umrechnungsfaktoren zwischen chemischen Elementen und deren Verbindungen

gegeben	gesucht	Faktor
N (Stickstoff)	NO ₃	4,428
NO ₃ (Nitrat)	N	0,226
P (Phosphor)	P ₂ O ₅	2,291
P ₂ O ₅ („Phosphat“)	P	0,436
K (Kalium)	K ₂ O	1,205
K ₂ O („Kali“)	K	0,830
Ca (Calcium)	CaO	1,339
Ca (Calcium)	CaCO ₃ („Kalk“)	2,497
Mg (Magnesium)	MgO	1,658
MgO (Magnesia)	Mg	0,603
MgCO ₃ (Magnesiumkarbonat)	Mg	0,288
MgSO ₄ ·7H ₂ O (Magnesiumsulfat)	Mg	0,098

Die Berechnung von Düngemittelmengen auf der Basis der Reinnährstoffempfehlung

Die Berechnung von Düngemittelmengen auf der Basis der Reinnährstoffempfehlung erfolgt durch Verwendung von Tabelle 63 oder nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Reinnährstoffempfehlung (kg)}}{\text{Nährstoffgehalt des Düngers (\%)}} \times 100 = \text{Düngemittelbedarf (kg)}$$

Beispiel:

Es sollen 80 kg Rein-Stickstoff in Form eines Stickstoffdüngers mit einem Stickstoffgehalt von 27 % ausgebracht werden.

Berechnung:

$$80 : 27 = 2,96$$

$$2,96 \times 100 = 296$$

80 kg Rein-Stickstoff entsprechen 296 kg eines Stickstoffdüngers mit 27 % Stickstoffgehalt.

TABELLE 63: Umrechnungstabelle von Reinnährstoffmengen auf Düngemittelmengen

Nährstoffgehalt des Düngers in %	Empfohlene Düngung in kg Reinnährstoff/ha											
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	280
	Empfohlene Düngung in kg Düngemittel/ha											
6	330	670	1000	1330	1670	2000	2330	2670	3000	3330	4000	4670
9	220	440	670	890	1110	1330	1550	1780	2000	2220	2670	3110
10	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400	2800
12	170	330	500	670	830	1000	1160	1330	1500	1670	2000	2330
13	150	310	460	620	770	920	1080	1230	1380	1540	1850	2150
14,5	140	280	410	550	690	830	970	1100	1240	1380	1660	1930
15	130	270	400	530	670	800	930	1060	1200	1330	1600	1870
18	110	220	330	440	560	670	780	890	1000	1110	1330	1560
20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
21	95	190	290	380	480	570	670	760	860	950	1140	1330
26	77	150	230	310	385	460	540	620	690	770	920	1080
27	75	150	220	295	370	445	520	595	670	740	890	1040
30	65	130	200	270	330	400	470	540	600	670	800	930
29	63	125	190	250	310	375	440	500	560	625	750	875
40	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
45	50	100	140	190	240	290	330	380	430	480	570	670
46	43	87	130	170	220	260	300	350	390	430	520	610
50	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	480	560
60	33	67	100	130	170	200	230	270	300	330	400	470

Anleitung zur Verwendung von Tabelle 63:

Zahlenkolonne unter der empfohlenen Düngung in kg Reinnährstoff so weit nach unten verfolgen, bis links der Nährstoffgehalt der gewünschten Konzentration des Düngers auf gleicher Höhe ist. Die Zahl im Schnittpunkt entspricht der Menge des jeweiligen Düngemittels in kg.

Beispiel:

Empfohlene Menge: 60 kg P₂O₅
 Nährstoffgehalt des Düngemittels: 18 %
 Auszubringende Menge: 330 kg

A.2 HANDELSÜBLICHE MINERALDÜNGER

A.2.1 Stickstoffdünger

TABELLE 64: Mineralische Stickstoffdüngerformen

Düngertyp	Bezeichnung	Chemische Bezeichnung	N in % (Mindestgehalte ¹)
Nitratdünger	Kalksalpeter	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15
	Magnesiumnitrat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	10
	Natron (Chile-)salpeter	NaNO_3	15
Ammoniumdünger	Ammonsulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20
Ammonnitratdünger	Kalkammonsalpeter	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	20
	Ammonsulfatsalpeter	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ NH}_4\text{NO}_3$	25
Amid (Harnstoff)	Harnstoff	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	44
	Kalkstickstoff	CaCN_2	18
Harnstoffderivate	ID-Harnstoff	Isobutylidendiurea	28
	CD-Harnstoff	Crotonolydendiurea	28
	Formaldehydharnstoff	Ureaform	36
Andere Langzeitdünger	Oxamid	Oxalsäurediamid	32
	Umhüllte N-Dünger	Diverse N Dünger	–
Nitrifikationshemstoffe	DCD	Dicyandiamid	–
	DMPP	Dimethylpyrazolphosphat	–

¹ Laut EG-Verordnung 2003/2003

Kalksalpeter

mind. 15 % N

besteht zu 82% aus Calciumnitrat, zu 5% aus Ammoniumnitrat und Kristallwasser.

Weißes, leicht wasserlösliches, als Dünger gekörntes Salz, stark hygroskopisch, wirkt im Boden alkalisch.

Natron- bzw. Chilesalpeter

mind. 15 % N

Natronsalpeter: chemisch hergestellt

Chilesalpeter: auf Basis von Caliche hergestelltes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Natriumnitrat enthält; mit ca. 10 % NaNO_3 und 2/3 unlöslichen, erdigen Bestandteilen. Weißliches, wasserlösliches, mäßig hygroskopisches Salz; Nebenbestandteile: 1 % Kochsalz, 0,05 % Bor, 0,01 % Jod.

Auf gut drainierten und kalkreichen Böden wirkt sich Na nicht nachteilig aus, auf schweren und undurchlässigen Böden fördert Na die Verschlammung; erhöhter Kaliumperchloratgehalt kann bei Blattdüngung zu Schäden führen.

Ammon(ium)sulfat (schwefelsaures Ammoniak)

mind. 20 % N

Auf chemischem Wege gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammoniumsulfat enthält (21 % N, 24 % S). Weiß - graues nadelförmiges Salz, gut wasserlöslich, wenig hygroskopisch.

Wirkt versauernd auf den Boden, für säureliebende Pflanzen geeignet. Relativ niedriger N-Gehalt, hoher Schwefelgehalt. NH_4 ist direkt aufnehmbar, wird zum Teil an negativ geladenen Kolloiden des Bodens adsorbiert -> Verringerung der Mobilität -> geringere Auswaschungsgefahr. Umwandlung von Ammonium in Nitrat durch Nitrifikation in 2 Stufen (Nitrosomonas und Nitrobacter).

Ammon(ium)nitrat

mind. 20 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammoniumnitrat enthält.

Reines Ammonnitrat ist ein weißes, wasserlösliches, hygroskopisches Salz mit 35 % N.

Ammonnitrat zersetzt sich bei Erhitzung, bei gleichzeitiger Anwesenheit von organischen Substanzen (z.B. Schmiermittel, Holz, Papier) besteht Explosionsgefahr.

Für Ammonitrat mit mehr als 28 % N gelten besondere Sicherheitsvorschriften:

Im Anhang III der EG-VO 2003/2003 werden diesbezüglich Merkmale und Grenzwerte festgelegt (Ölrückhaltevermögen, brennbare Stoffe, pH, Chlor, Schwermetalle):

- Vor dem Inverkehrbringen ist ein Detonationstest durchzuführen,
- Ammonitrat mit > 28 % N darf nur verpackt vermarktet werden,
- im Lagerraum dürfen keine feuergefährlichen oder brennbaren Stoffe gelagert werden, es besteht Rauchverbot und Umgang mit offenem Licht ist nicht gestattet.
- Elektrische Anlagen und Maschinenteile dürfen nicht mit AN in Berührung kommen.
- Verunreinigungen mit organischen Stoffen sind zu vermeiden, AN darf nicht mit anderen Düngern vermischt werden.
- Ammoniumnitrat - Dünger, die nach dem österreichischen Düngemittelrecht in Verkehr gebracht werden, dürfen nicht mehr als 28 % N enthalten.

Durch Zusatz von inerten Stoffen (v.a. Kalk, Dolomit, Gips) wird die Zersetzungsgefahr deutlich herabgesetzt.

Kalkammonsalpeter (KAS), Nitramoncal (NAC)

mind. 20 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammonitrat sowie Zusätze wie gemahlene Kalkstein, Calciumsulfat und Dolomit enthalten kann (mind. 20% in 90 % er Reinheit).

Weißliches Granulat, Mischung aus Ammoniumnitrat und Kalk oder Dolomit, enthält in Österreich meist 27 % N. Wirkt schnell bzw. mäßig schnell und leicht bodenversauernd. Durch Kalkzusatz wird die Säurewirkung kompensiert.

Ammonsulfatsalpeter (ASS)

mind. 25 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammonitrat und Ammonsulfat enthält, mind. 5 % Nitratstickstoff, 13 % Schwefel.

Ist wasserlöslich und schwach hygroskopisch, wird meist granuliert angeboten.

Wirkt stark bodenversauernd, N ist überwiegend mäßig schnell wirkend, Schwefel schnell wirkend. Als Startgabe im Frühjahr für Schwefel-Mangelstandorte geeignet.

Harnstoff (Carbamid)

mind. 44 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Carbamid enthält.

Weiße organische Verbindung, gut wasserlöslich bis 46 % N.

Fester Harnstoff kommt geprillt oder granuliert in den Handel.

Der Biuretgehalt (Biuret wirkt auf Pflanzen giftig) ist mit 1,2 % begrenzt.

Harnstoff kann zwar über die Wurzel als Molekül aufgenommen werden, wegen der erforderlichen Umsetzung ist die Wirkung über den Boden langsam, bei Anwendung über das Blatt besteht eine unmittelbare Wirkung. Harnstoff sollte sofort eingearbeitet werden, da sonst gasförmige NH_3 -Verluste auftreten. Zu hohe Harnstoffgaben können zu Wurzelverätzungen führen.

Kalkstickstoff

mind. 18 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Calciumcyanamid enthält.

Grau-schwarzes (Kohlenstoff), wasserunlösliches Pulver bis 22 % N.

Kommt ungeölt, geölt, als Kornkalkstickstoff oder Perlkalkstickstoff in den Handel, wirkt ätzend, giftig beim Einatmen.

Wirkt wegen der Umsetzungsvorgänge langsam, hat starke Kalkwirkung. Da Cyanamid für alle Pflanzen toxisch ist, muss vor dem Anbau von Kulturpflanzen eine Wartefrist eingehalten werden, um Keimschäden zu vermeiden (2-3 Tage pro dt/ha).

Es entsteht entgegen manchen Behauptungen kein Cyangas, sondern Cyanamid, das im Boden verbleibt. Ein Teil wird zu Dicyanamid, das die Nitrifikation verzögert (=Nitrifikations-hemmstoff).

Herbizide Wirkung: gegen keimende und auflaufende Unkräuter ca. 2 Wochen vor der Saat 2-3 cm tief in den Boden einarbeiten.

Fungizide Wirkung: Dauersporen von Pilzen werden vernichtet bzw. am Auskeimen gehemmt (Kohlhernie, Sclerotinia, Phytophthora, etc).

Tierische Schädlinge: gewisse Wirkung gegen Schnecken und Drahtwürmer

Ammonitratharnstofflösung (AHL)

mind. 26 % N

Mischung aus 50 % Harnstoff-N, 25 % Ammonium-N, 25 % Nitrat-N

Über den Boden entfaltet sich sowohl eine rasche (Nitrat-N) als auch eine langsame N-Wirkung (Harnstoff-N).

Anwendungshinweise:

- Nicht bei Hitze ($>25^{\circ}\text{C}$) und starker Sonne ausbringen
- Keine nassen Pflanzen behandeln
- Keine Messingdüsen einsetzen, keine Geräte mit verzinkten Eisenteilen, Geräte nach der Arbeit reinigen
- Großtropfig ausbringen (Druck $< 1,5$ bar), sonst Verätzungen (Verletzung der Wachsschicht) möglich.
- Bei Getreide nicht während oder nach dem Ährenschieben ausbringen (Beschädigung der Spelzflächen)
- Konzentration: Entweder unverdünnt anwenden oder mit mindestens 3 Teilen Wasser verdünnen
- AHL Lagerstätten benötigen eine Baugenehmigung

Langzeitdünger bzw. Depotdünger

Sind Dünger mit besonders langsamer Wirkung, dienen einer längerfristigen, gleichmäßigen N -Versorgung. 2 Arten sind möglich:

- Einbau des Stickstoffs in schwer abbaubare Ketten und Ringverbindungen, insbesondere Kondensationsprodukte des Harnstoffs.
- Umhüllung wasserlöslicher Dünger mit Folien, Harzen, etc., die nur langsam porös werden oder platzen.

Methodisch unterscheidet man folgende N - Fraktionen:

- in kaltem Wasser löslich: relativ rasche Freisetzung
- in heißem Wasser löslich: besonders langsame Wirkung
- in heißem Wasser unlöslich: extrem langsam wirksam

Formaldehydharnstoff: 36 % N, 3/5 in warmem Wasser löslich

Crotonylidendiharnstoff: 28 % N

Isobutylidendiharnstoff: 28 % N

Wirtschaftliche Bedeutung: wegen des hohen Preises hauptsächlich im Gartenbau.

Nitrifikationshemmstoffe

Hemmen die Nitrifikation, d.h. die Umwandlung von Ammonium in Nitrat.

NH_4 ist energetisch für die Pflanze vorteilhafter, die Auswaschungsgefahr ist geringer als bei NO_3 .

Nitrapyrin: N-serve in Japan zur Reisdüngung

Dicyandiamid (DCD, Didin): Alzon

3,4 Dimethylpyrazolphosphat (DMPP, Handelsname ENTEC)

Die Wirkung ist umso besser, je höher die Niederschläge nach der Düngung sind bzw. je intensiver beregnet wird.

Nitrifikationshemmstoffe sind besonders auf leichten, sandigen Böden geeignet.

Vorteile: niedrigere Nitratgehalte bei Gemüse, geringere Gehalte an α -Amino Stickstoff bei Zuckerrübe, reduzierte Nitratauswaschung (Bedeutung besonders in Wasserschongebieten), weniger gasförmige Verluste (klima-relevante Spurengase), weniger Arbeitsgänge.

A.2.2 Phosphatdünger

TABELLE 65: P-Mineraldünger

Düngertyp	Chemische Bezeichnung	Löslichkeit	Chem. Reakt.	P ₂ O ₅ % (Mindegehalte)
Superphosphat	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄	wasserlösl. (93%) ammoncitratlösl.	schwach versauernd	16
Triple Superphosphat	Ca (H ₂ PO ₄) ₂	wasserlösl. (93%) ammoncitratlösl.	schwach versauernd	38
Thomasphosphat	Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·CaO +CaO·SiO ₂	citronensäurelösl.	alkalisch	12
Teilaufgeschlossenes Phosphat (z.B. Novaphos)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ CaH ₂ PPO ₄	wasserlösl. (>40%) citronensäurelösl. (30%) mineralsäurelösl.	schwach vers.	20
Weicherdiges Rohphosphat	Apatit	ameisensäurelösl. >55%	alkalisch	25
Mono- und Diammoniumphosphat (Zweinährstoffdünger)	NH ₄ H ₂ PO ₄ (NH ₄) ₂ HPO ₄	wasserlösl.		48 46

Einfaches Superphosphat

mind. 16% P₂O₅

Durch Aufschluss von gemahlenem Rohphosphat mit Schwefelsäure gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Monocalciumphosphat sowie Calciumsulfat enthält.

Triple - Superphosphat

mind. 38 % P₂O₅

Durch Aufschluss von gemahlenem Rohphosphat mit Phosphorsäure gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Monocalciumphosphat enthält.

Grau, grob granuliert.

Phosphat wird bewertet als neutral-ammoncitratlösliches P₂O₅, bei dem mindestens 93 % des zugesicherten Gehalts an P₂O₅ in Wasser löslich sind.

Superphosphate wirken rasch und schwach versauernd. Sie sind meist granuliert und daher gut lager- und streubar.

Thomasphosphat

mind. 12 % P₂O₅ mineralsäurelöslich, mind. 10 % P₂O₅ citronensäurelöslich

In Stahlwerken durch Bearbeitung phosphorhaltiger Schmelzen gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Calciumsilicophosphate enthält. Wegen Einstellung des Thomasverfahrens kaum mehr im Handel. Meist fein vermahlen, wirkt alkalisch (errechneter „Gehalt“ an CaO 40 %), langsam aber zügig wirksam. Wegen langsamer Umsetzung auch langsame Immobilisierung.

(Weicherdiges) Rohphosphat (Hyperphosphat)

mind. 25 % P₂O₅

Durch Vermahlen weicherdiger Rohphosphate gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Tricalciumphosphat sowie Calciumcarbonat enthält.

Phosphat wird bewertet als mineralsäurelösliches P₂O₅ bei dem mindestens 55 % des zugesicherten Gehalts an P₂O₅ in 2 % Ameisensäure löslich sind.

Mindestens 90 % müssen bei 0,063 und 99 % bei 0,125 mm lichter Maschenweite siebbar sein.

Rohphosphat ist umso besser verfügbar, je niedriger der pH-Wert des Bodens, je besser die Durchfeuchtung und je intensiver die biologische Aktivität ist. Es kommt daher bei einem pH-Wert < 6-6,5 zum Einsatz.

Rohphosphate wirken wegen des Gesamt CaO-Gehalts von 45-50 % pH-Wert erhöhend.

Ist nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung: EG 2092/91 und 1073/2000) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

A.2.3 Kaliumdünger

TABELLE 66: K-Mineraldünger

Düngertyp	Formel des K-Anteils	Nebenbestandteile	K ₂ O % (Mindestgehalte ²)
Magnesia-Kainit Kalirohsalz	KCl	NaCl, MgCl ₂ , MgSO ₄ etc.	10
Kaliumchlorid			
40er Kali	KCl	NaCl etc.	37
60er Kali			57
Patentkali	K ₂ SO ₄	MgSO ₄	22
Kaliumsulfat (schwefelsaures Kali)	K ₂ SO ₄	MgSO ₄ , KCl	47

² Laut EG-Verordnung 2003/2003

Magnesia-Kainit Kalirohsalz (KCl)

mind 10 % K₂O, mind. 5 % MgO

Aus Kalirohsalzen gewonnenes Erzeugnis. Weißes oder leicht farbiges Salz, gekörnt,

Nebenbestandteile NaCl, MgCl₂, MgSO₄

Spezielle Bedeutung für das Grünland und im Feldfutterbau. Die wesentliche Stärke dieses Düngers liegt in seinem Magnesiumgehalt (5 % MgO) und dem für die Tierernährung wichtigen Natrium (20% Na).

Im ökologischen Landbau ebenso wie in staatlich geförderten Extensivierungsprogrammen zugelassen (EG-Verordnungen 2092/91 und 1073/2000 Anhang).

Kaliumchlorid (KCl)

40er bzw. 60er Kali, mind. 37 % bzw. 57% K₂O

Durch Aufbereiten von Kalirohsalzen gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Kaliumchlorid enthält.

KCl kann bei allen chloridverträglichen Kulturen verwendet werden, wobei bei der Düngerplanung auf eine zusätzliche Versorgung mit Magnesium, Schwefel und allenfalls Natrium geachtet werden muss.

Wintergetreide und ausdauernde Kulturen können die Kaligabe, vor allem auf leichteren Böden, auch mit Erfolg als Kopfdünger im zeitigen Frühjahr erhalten. Ebenso ist auf mittleren und schweren Böden eine Vorratsdüngung (Fruchtfolgedüngung) zu den bedürftigen Kulturarten möglich.

Patentkali (K₂SO₄ MgSO₄)

Kaliumsulfat mit Magnesium, mind. 22 % K₂O, 8 % MgO

Auf chemischem Weg aus Kalisalzen gewonnenes Erzeugnis, gegebenenfalls unter Beimischung von Magnesiumsalzen, das als Hauptbestandteil Kaliumsulfat und Magnesiumsulfat enthält. Wasserlösliches Kaliumoxid; wasserlösliches Magnesiumoxid; rund 17 % S (wasserlöslicher Schwefel), maximal 3% Cl. Kristallin, feinkörnig. Wirkt schnell und nachhaltig, physiologisch neutral, ist rasch pflanzenverfügbar.

Durch den geringen Chloridgehalt (max. 3% Cl) und den niedrigen Salzindex eignet sich Patentkali insbesondere zur Nährstoffversorgung chloridempfindlicher Kulturen wie Stärke- und Veredelungskartoffeln, Gemüse, Obst und Wein, Sonnenblumen, Weihnachtsbaumkulturen. Keine Anwendung bei hohen Mg-Gehalten des Bodens! Es wird aus Kalirohsalz gewonnen und ist nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung: EG 2092/91 und 1073/2000) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

Kaliumsulfat (K₂SO₄)

mind. 47 % K₂O

Auf chemischem Weg aus Kalisalzen gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Kaliumsulfat (18 % S) enthält. Höchstgehalt an Chlor 3 %, meist < 1%.

Ist nicht hygroskopisch und somit gut lagerfähig. Vollständig wasserlöslich, sodass die Nährstoffe Kalium und Schwefel direkt pflanzenverfügbar sind. Hat im Vergleich zu anderen Kaliumdüngern einen niedrigen Salzindex und eignet sich daher besonders für die Düngung wertvoller Spezialkulturen in intensiven Anbausystemen.

Dünger für Kulturen mit hohem Schwefelbedarf. Schwefel verbessert die Effizienz der N-Düngung.

Ist im ökologischen Anbau ebenso wie in staatlich geförderten Extensivierungsprogrammen zugelassen (EG-Verordnungen 2092/91 und 1073/2000 Anhang).

Fertigation (Bewässerungsdüngung)

= Ausbringung von Nährstoffen mit dem Bewässerungswasser

Nährstoffe können kontrolliert (bezüglich Zeit, Menge und Konzentration) mit dem Beregnungswasser ausgebracht werden.

Besonders geeignet für seichtgründige und wenig fruchtbare Böden.

Feste und flüssige Düngemittel können verwendet werden.

Sehr gute Löslichkeit bei Feldtemperaturen muss gegeben sein.

Saure und chloridhaltige Dünger wirken korrosiv.

Bevorzugt werden Düngemittel mit niedriger Ionenstärke, elektrischer Leitfähigkeit und osmotischem Druck:

Harnstoff, NH_4NO_3 , H_3PO_4 , KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4 , KH_2PO_4 , KNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_4 , Spurennährstoffe

Interaktionen mit Ca, Mg und Bicarbonaten aus dem Beregnungswasser können zum Verlegen der Leitungen führen, Polyphosphate verhindern dies.

A.2.4 Mehrnährstoffdünger

Mehrnährstoffdünger enthalten mindestens zwei, meistens drei oder mehr Nährstoffe in unterschiedlichem Verhältnis zueinander. In der folgenden Tabelle sind häufige Formulierungen wiedergegeben.

TABELLE 67: Häufige Formulierungen von Mehrnährstoffdüngern (Angaben in % Nährstoff, „+“ bezeichnet die Zumischung ohne genaue Mengenangabe)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Bor	Cu	Zn
0	12	20		8			
0	10	30	3	11			
0	15	30		3			
0	10	30		6	0,2		
0	10	30		11	0,1		
0	18	18					
0	22	10					
6	10	16		10			
12	10	15		12			
13	5	15		15			
14	10	20		6	+		+
15	5	5		18			
15	15	15		3			+
16	10	10	3	7			
16	25	5				+	+
16	10	17		5			
20	8	8	2	5			
24	14			4		+	+
25				7			

A.2.5 Magnesiumdünger

Dolomit ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)

In Dolomit liegt Magnesium in Form von Carbonaten vor, diese sind langsam löslich, siehe auch A.2.6 „Kalke“. Ferner ist Magnesium als Begleitelement Bestandteil von Kalirohsalzen bzw. anderen Kalirohdüngern.

Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$)

mind. 24 % MgO und 45 % SO_4

Bergbauprodukt

Sofort pflanzenaufnehmbar, Wirkung schnell und nachhaltig.

Bittersalz ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)

mind. 15 % MgO und 28 % SO_4

Ist Wasser anziehend (hygroskopisch). Bei 90 % Luftfeuchtigkeit und ab 20° C beginnt Bittersalz zu zerfließen. Wegen seiner guten Wasserlöslichkeit eignet sich Bittersalz für eine gezielte Anwendung in gelöster Form mit schneller Wirkung bei akutem Magnesiummangel.

A.2.6 Kalke

Mindestgehalte:

65 % CaCO_3 + MgCO_3 bzw. 30 % CaO + MgO

Siebdurchgang: 100% bei 1 mm lichter Maschenweite

mindestens: 80 % bei 0,3 mm

gekörnte Produkte: 97 % bei 8 mm

Kohlensaurer Kalk (Calciumcarbonat, CaCO_3)

Feinst vermahlene Kalkgestein, Dolomit oder Kreidemehl natürlichen Ursprungs mit einem Mindestcarbonatgehalt von 90 % CaCO_3 + MgCO_3 . Wirkt nachhaltig.

Kohlensaurer Magnesiumkalk

Mindestgehalt: 15 % Magnesiumcarbonat

Branntkalk

Enthält mindestens 90 % CaO und MgO aus gebranntem Kalkstein, Dolomit oder Kreide, weniger als 10 % gebunden an CO_2 . Schnell wirkend.

Magnesiumbranntkalk

Der Gesamtgehalt beträgt rechnerisch mindestens 10 % MgO.

Mischkalk

Mischung aus kohlensaurem Kalk bzw. kohlensaurem Magnesium-Kalk, Dolomit- oder Kreidemehl mit Branntkalk bzw. Magnesium - Branntkalk oder Löschkalk mit einem rechnerischen Mindestgehalt an CaO und MgO von 60 %.

Magnesium Mischkalk: der rechnerische MgO-Gehalt beträgt mindestens 10 % MgO.

Schnell und nachhaltig wirkende Komponente.

Carbokalk

Fällt bei der Saftreinigung in der Zuckerfabrik an. Neben ca. 30 % CaO enthält Carbokalk noch rund 1,1 % P_2O_5 , 0,4 % Stickstoff, 1,4 % MgO und 0,1 % K_2O .

Konverterkalk

Gemisch aus Branntkalk und silikatischem Kalk. Neben rund 45 % CaO enthält er noch 3-5 % MgO, 1-2 % P_2O_5 und Spurennährstoffe.

Hüttenkalk

Fällt bei der Eisenerzverhüttung an, silikatisch gebundenes Calcium, langsam wirkend, rund 42 % CaO.

A.2.7 Spurenelementdünger

TABELLE 68: Nach EG – Verordnung 2003/2003 zugelassene Spurennährstoffdünger, im Bereich des Agrarumweltprogrammes sind Einschränkungen möglich

Spurennährstoff	Typenbezeichnung	Nährstoffmindestgehalt (in Gewichtsprozenten) Angaben zur Nährstoffbewertung
Bor	Borsäure	14% B, wasserlöslich
	Natriumborat	10% B, wasserlöslich
	Calciumborat	7% Gesamtbor, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Borethanolamin	8% B, wasserlöslich
	Bordüngerlösung	2% B, wasserlöslich
	Bordüngersuspension	2% B, wasserlöslich
Kupfer	Kupfersalz	20% Cu, wasserlöslich
	Kupferoxid	70% Gesamtkupfer, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferhydroxid	45% Gesamtkupfer, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferchelat	9% Cu, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Düngemittel auf Kupferbasis	5% Gesamtkupfer
	Kupferdüngerlösung	3% Cu, wasserlöslich
	Kupferoxychlorid	50% Gesamtkupfer, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferoxychloridsuspension	17% Gesamtkupfer
Eisen	Eisensalz	12% Fe, wasserlöslich
	Eisenchelat	5% wasserlösliches Eisen, dessen Anteil in Chelatform mindestens 80% betragen muss
	Eisendüngerlösung	2% Fe, wasserlöslich
Mangan	Mangansalz	17% Mn, wasserlöslich
	Manganchelat	5% Mn, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Manganoxid	40% Gesamt-mangan, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Mangandünger	17% Gesamt-mangan
	Mangandüngerlösung	3% Mn, wasserlöslich
Molybdän	Natriummolybdat	35% Mo, wasserlöslich
	Ammoniummolybdat	50% Mo, wasserlöslich
	Molybdändünger	35% Mo, wasserlöslich
	Molybdändüngerlösung	3% Mo, wasserlöslich
Zink	Zinksalz	15% Zn, wasserlöslich
	Zinkchelat	5% Zn, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Zinkoxid	70% Gesamt-zink, Mahlfeinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Zinkdünger	30% Gesamt-zink
	Zinkdüngerlösung	3% Zn, wasserlöslich

Literatur

Kandeler, E. (1993): Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In: Schinner, F., R. Öhlinger, E. Kandeler, R. Margesin (Hrsg.): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin

Németh K. (1982): Electro-ultrafiltration of aqueous soil suspension with simultaneously varying temperature and voltage. *Plant and Soil* 64, 7 - 23

ÖNORM L 1050: Boden als Pflanzenstandort: Begriffsbestimmungen, Untersuchungsverfahren

ÖNORM L 1055: Probenahme von ackerbaulich genutzten Böden

ÖNORM L 1056: Probenahme von Dauergrünland (incl. Parkanlagen sowie Zier- und Sportrasen)

ÖNORM L 1061-2: Physikalische Bodenuntersuchungen: Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens. Teil 2: Feinboden

ÖNORM L 1080: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch trockene Verbrennung

ÖNORM L 1081: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nasso-oxidation

ÖNORM L 1083: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung der Acidität (pH – Wert)

ÖNORM L 1084: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung von Carbonat

ÖNORM L 1085: Chemische Bodenuntersuchungen: Säureextrakt zur Bestimmung von Nähr- und Schadelementen

ÖNORM L 1086-1: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung der austauschbaren Kationen und der effektiven Kationen-Austauschkapazität (KAK_{eff}) durch Extraktion mit Bariumchlorid - Lösung

ÖNORM L 1087: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung von „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium nach der Calcium-Acetat-Lactat (CAL) - Methode

ÖNORM L 1089: Chemische Bodenuntersuchungen: EDTA - -Extrakt zur Bestimmung von Schwermetallen

ÖNORM L 1090: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung von „pflanzenverfügbarem“ Bor

ÖNORM L 1091: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung von mineralischem Stickstoff N_{min} - Methode

ÖNORM L 1092: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung wasserlöslicher Stoffe

ÖNORM L 1093: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung von $CaCl_2$ -extrahierbarem Magnesium

ÖNORM L 1095: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung des Gesamt-Stickstoffgehaltes durch trockene Verbrennung

ÖNORM L 1097: Chemische Bodenuntersuchungen: Bestimmung der Fixierung des Kaliums

VdLUFA (1997): Bestimmung von löslichem, organisch gebundenem Stickstoff sowie von Nitrat- und Ammonium-Stickstoff mittels Elektro-Ultra-Filtration (EUF). VdLUFA, Methodenbuch I, A 6.1.7.3

VdLUFA (2002): Bestimmung der durch Elektro-Ultrafiltration (EUF) lösbaren Anteile von Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium, Schwefel und Bor. VdLUFA, Methodenbuch I, A 6.4.2

VdLUFA (2002): Bestimmung von Magnesium, Natrium und den Spurenelementen Kupfer, Mangan, Zink und Bor in Böden im Calciumchlorid/DTPA – Auszug. VdLUFA, Methodenbuch I, A 6.4.1.1