MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

bmlfuw.gv.at

RICHTLINIE FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG IM ACKERBAU UND GRÜNLAND

ANLEITUNG ZUR INTERPRETATION VON BODENUNTERSUCHUNGS-ERGEBNISSEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

7. AUFLAGE

IMPRESSUM
Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT,
UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien
bmlfuw.gv.at

Text und Redaktion: **Andreas Baumgarten**
unter Mitarbeit von Helene Berthold, Karl Buchgraber, Georg Dersch, Hans Egger, Reinhard Egger, Herbert Eigner, Peter Frank, Martin Gerzabek, Franz Xaver Hölzl, Heinrich Holzner, Mathias Janko, Georg Pernkopf, Willi Peszt, Erwin Pfundtner, Erich M. Pötsch, Günter Rohrer, Christian Schilling, Andrea Spanischberger, Heide Spiegel, Josef Springer, Peter Strauss, Claudia Winkowitsch und Gerhard Zethner
Grafik: Leonie Fink
Gestaltungskonzept: Werbeagentur WIEN NORD
Lektorat: Andreas Baumgarten und Erich M. Pötsch

7. Auflage
Alle Rechte vorbehalten.

Wien, 03. 2017

Original wurde gedruckt von: Zentrale Kopierstelle des BMLFUW,
UW-Nr. 907, nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des
Österreichischen Umweltzeichens.

VORWORT

DER BODEN ALS GRUNDLAGE für unsere Ernährung rückt nun auch zusehends ins öffentliche Bewusstsein. Der Landwirtschaft kommt hier eine besondere Rolle zu: Ziel der Bäuerinnen und Bauern ist es, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und die Nährstoffversorgung sicherzustellen. Dies ist eine Voraussetzung, um auch die Vielzahl der anderen Bodenfunktionen zu gewährleisten.Hier stellt der Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz seit vielen Jahren ein verlässliches und wissenschaftlich fundiertes Werkzeug für ein nachhaltiges Nährstoffmanagement zur Verfügung.

In der nun vorliegenden, gänzlich überarbeiteten Neuauflage wurde sowohl dem aktuellen Stand der Wissenschaft, als auch den Entwicklungen in der modernen Landwirtschaft, insbesondere aber auch der biologischen Wirtschaftsweise Rechnung getragen. Dies betrifft einerseits die aktualisierten Ertrags- und Bedarsfzahlen der Kulturen und andererseits die Bewertung der Nährstoffgehalt des Bodens und die Berechnungsmodalitäten. Zusätzlich wurden die einzelnen Schritte zur Erstellung eines Düngeplanes speziell dargestellt, um den Einsatz im Unterricht zu optimieren.

Wesentlich dabei ist die transparente und nachvollziehbare Datenbasis, die die Richtlinie auch als Grundlage für gesetzliche Normen wie dem Aktionsprogramm Nitrat oder Föderungsprogramme wie dem ÖPUL prädestiniert.

Die vorliegende Neuauflage liefert die Basis für einen verantwortungsvollen und schonenden Umgang sowohl mit dem Boden als auch mit den wertvollen Nährstoffressourcen.

Ihr ANDRÄ RUPPRECHTER
Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

INHALTSVERZEICHNIS

IMPRESSUM 2

VORWORT 3

1 BODENUNTERSUCHUNG 7

1.1 ALLGEMEINES 7
1.2 GRUNDSÄTZE ZUR DURCHFÜHRUNG DER BODENPROBENAHME 7
1.2.1 AUSWAHL DER BEPROBUNGSFLÄCHE 7
1.2.2 ZEITPUNKT DER PROBENAHME 8
1.2.3 DURCHFÜHRUNG DER BEPROBUNG 8
1.2.4 PROBENLAGERUNG UND TRANSPORT 10
1.2.5 PRÜFAUFTRAGSFORMULAR („ERHEBUNGSBOGEN“) 10
1.3 BODENUNTERSUCHUNGSVERFAHREN 11
1.4 BEWERTUNG VON BODENUNTERSUCHUNGSERGEBNISSEN 12
1.4.1 ALLGEMEINES 12
1.4.2 BODEN- UND STANDORTEIGENSCHAFTEN 13
1.4.3 KORNGRÖSSENVERTEILUNG, BODENART, BODENSCHWERE 13
1.4.4 HUMUSGEHALT 14
1.4.5 CARBONATGEHALT 17
1.4.6 WASSERVERHÄLTNISSE 19
1.4.7 GROBANTEIL 19
1.4.8 PFLANZENVERFÜGBARE NÄHRSTOFFE 19
1.4.9 STICKSTOFF 19
1.4.10 PHOSPHOR UND KALIUM 20
1.4.11 KALIUMFIXIERUNG 22
1.4.12 MAGNESIUM 22
1.4.13 AUSTAUSCHBARE KATIONEN 22
1.4.14 SPURENELEMENTE 26
1.4.15 EINSTUFUNG DER NÄHRSTOFFVERSORGUNG NACH DER EUF - METHODE 26

2 DÜNGUNGSMANAGEMENT VON ACKERKULTUREN UND GRÜNLAND 31

2.1 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSLAGE VON ACKERKULTUREN 31
2.2 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEITEN IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG UND VON ALMFLÄCHEN 36
2.2.1 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEITEN BEI DEN EINZELNEN NUTZUNGSFORMEN IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG 36
2.2.2 EINSTUFUNG VON ALMFLÄCHEN 38
2.3 STICKSTOFFDÜNGUNG 38
2.3.1 STICKSTOFFDÜNGUNG VON ACKERKULTUREN 38
2.3.2 STICKSTOFFDÜNGUNG IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG 46
2.4 DÜNGUNG MIT PHOSPHOR UND KALIUM 48
2.5 DÜNGUNG MIT MAGNESIUM IM ACKER- UND GRÜNLAND 53
2.6 DÜNGUNG MIT KALK 53
2.6.1 VERBESSERUNGSKALKUNG 53
2.6.2 ERHALTUNGSKALKUNG 55
2.6.3 ERMITTLUNG DES KALKBEDARFS NACH EUF 56
2.7 DÜNGUNG MIT SCHWEFEL 57
2.8 DÜNGUNG MIT SPURENELEMENTEN 57
2.8.1 BOR (B) 58
2.8.2 KUPFER (CU) 60
2.8.3 ZINK (ZN) 60
2.8.4 MANGAN (MN) 61
2.8.5 EISEN (FE) 62
2.8.6 MOLYBDÄN (MO) 63

2.9 MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER DÜNGUNG AUF LUFT, WASSER UND KLIMA..... 63

3 BEWERTUNG UND WIRKSAMKEIT VON WIRT-SCHAFTSDÜNGERN, KOMPOSTEN, FERMENTATIONS- UND ERNTERÜCKSTÄNDEN 65

3.1 ARTEN VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN..... 65
3.2 NÄHRSTOFFGEHALTE VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN 66
3.3 WIRKSAMKEIT DES STICKSTOFFS AUS WIRTSCHAFTSDÜNGERN 72
3.4 GEHALTE AN PHOSPHOR UND KALIUM VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN..... 75
3.5 LAGERUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN 76
3.6 BEWERTUNG VON FERMENTATIONSRÜCKSTÄNDEN 79
3.7 BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE, DER ZWISCHENBEGRÜNUNG UND DER VORFRUCHTWIRKUNG 81

4 ERSTELLUNG EINES DÜNGEPLANS 83

4.1 EINLEITUNG..... 83
4.2 ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM ACKERLAND..... 84
4.3 ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM WIRTSCHAFTSGRÜNLAND 86
4.4 ERMITTLUNG UND BEWERTUNG DES NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG 86
4.5 VERTEILUNG DER WIRTSCHAFTS- UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB 89
4.6 ÜBERPRÜFUNG DER N-HÖCHSTGRENZEN GEMÄß AKTIONSPROGRAMM NITRAT .. 90

5 ANHANG 91

5.1 BERECHNUNG DER KALKDÜNGUNGSEMPFEHLUNG 91
5.1.1 BERECHNUNG DES HILFSPARAMETERS. 91
5.1.2 BERECHNUNG DES KALKDÜNGUNGSBEDARFS IN T CAO/HA: 91
5.2 KALKBILANZIERUNG 91
5.2.1 KALKENTZUG DURCH DIE ERNTE..... 92
5.2.2 JÄHRLICHE KALKVERLUSTE DURCH AUSWASCHUNG UND NEUTRALISATION 93
5.2.3 KALKVERLUSTE DURCH DÜNGEMITTEL..... 93
5.3 ANWENDUNGSBEISPIELE ZUR ERTRAGSEINSCHÄTZUNG VON GRÜNLAND 94
5.4 BEISPIEL ZUR VERWENDUNG DER TABELLEN FÜR DIE STICKSTOFFBEDARFSERMITTLUNG: 94
5.5 BERECHNUNG VON N_{MIN}-ERGEBNISSEN AUF DER BASIS VON LABORERGEBNISSEN 95
5.5.1 BERÜCKSICHTIGUNG DER DIMENSION 95
5.5.2 BERÜCKSICHTIGUNG DER TROCKENROHDICHTE UND DES FEUCHTEGEHALTES 96
5.5.3 BERÜCKSICHTIGUNG EINES HÖHEREN SCHOTTER- ODER STEINGEHALTES 96
5.6 ORIENTIERUNGSHILFE/HANDLUNGSANLEITUNG - DURCHSCHNITTSTIERLISTE.... 96
5.6.1 DURCHSCHNITTSTIERLISTE..... 96
5.6.2 RINDERPRODUKTION..... 97
5.6.3 SCHWEINEPRODUKTION 98
5.6.4 GEFLÜGELPRODUKTION 100
5.6.5 SCHAF- UND ZIEGENPRODUKTION 101
5.7 ERGÄNZUNGEN ZUR ERMITTLUNG DER DURCHSCHNITTSTIERLISTE BEI MASTSCHWEINEN, JUNGSAUEN UND GEFLÜGEL 101
5.7.1 MASTSCHWEINE UND JUNGSAUEN 101
5.7.2 ERMITTLUNG DES JAHRESDURCHSCHNITTSBESTANDES..... 101
5.8 HERSTELLUNG EINER SCHLÜSSIGEN BEZIEHUNG ZU DEN N-ANFALLSWERTEN.. 104
5.9 ERMITTLUNG DES JAHRESDURCHSCHNITTSBESTANDS FÜR SCHWEINEMASTBETRIEBE MIT VORGESCHALTETER FERKELAUFZUCHT 105
5.9.1 FÜHRUNG VON 2 FORMBLÄTTERN GETRENNT NACH BEIDEN TIERKATEGORIEN..... 105
5.9.2 FÜHRUNG EINES FORMBLATTES FÜR BEIDE TIERKATEGORIEN (8 - 116 KG) MIT ANSCHLIESSENDER PROZENTUELLER AUFTEILUNG 105
5.9.3 GEFLÜGEL..... 106

5.10 KOPIERVORLAGEN FÜR TABELLEN ZUR ERSTELLUNG EINER DÜNGEEMPFEHLUNG 108
5.10.1 ACKERLAND 108
5.10.2 GRÜNLAND 109
5.11 ERMITTLUNG UND BEWERTUNG DES NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG 110
5.12 VERTEILUNG DER WIRTSCHAFTS- UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB 112

6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 113

7 TABELLENVERZEICHNIS 113

1 BODENUNTERSUCHUNG

1.1 ALLGEMEINES

EINE BODENUNTERSUCHUNG LIEFERT wertvolle Informationen über den Zustand und die Produktivität des Bodens und ist eine wichtige Basis für die Erstellung einer sachgerechten Düngungsempfehlung. Eine Bodenuntersuchung soll etwa alle 4-6 Jahre durchgeführt werden, denn erst in diesem Zeitraum sind Veränderungen der Nährstoffversorgung und bestimmter Bodeneigenschaften wie etwa des pH-Wertes erkennbar. Das Düngungsmanagement kann in der Folge entsprechend angepasst werden.

Die Beurteilung der Bodenuntersuchungsergebnisse dient in Verbindung mit dem Bedarf der angebauten Feldfrucht sowie dem Ertragsniveau des Standortes als Basis für die Erstellung eines Düngeplans. Sowohl die Untersuchungsverfahren als auch die Berechnungsgrundlagen wurden in einer Vielzahl von Feldversuchen getestet und verifiziert. Die Untersuchungsverfahren wurden in der Folge entsprechend standardisiert und sind entweder als ÖNORM oder im Methodenbuch des Verbandes der landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalten (VDLUFA) publiziert. Für andere Bodenanalysenmethoden existieren entweder keine oder nur unzureichende Feldversuche, um daraus eindeutige und nachhaltige Düngungsempfehlungen ableiten zu können.

1.2 GRUNDSÄTZE ZUR DURCHFÜHRUNG DER BODENPROBENAHME

1.2.1 AUSWAHL DER BEPROBUNGSFLÄCHE

Eine sorgfältig durchgeführte Probenahme ist die Voraussetzung für ein aussagekräftiges Analysenergebnis und für eine korrekte 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 Boden- und Geländeeigenschaften 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 auch gut am stärker wechselnden Pflanzenbewuchs erkennbar) sollen nicht Bestandteil der Durchschnittsprobe sein. Ebenso sind Stellen, deren Bodenbeschaffenheit deutlich von der übrigen Fläche

abweicht (z. B. Feldmietenplätze, Fahrgassen, Randstreifen, Vorgewende, Tränke- und Eintriebstellen auf Weiden) von einer Probenahme auszuschließen.

Die Größe der Fläche für die Gewinnung einer Durchschnittsprobe soll im Ackerbau und im Grünland 5 ha nicht überschreiten. Bei großen, weitgehend homogenen Flächen kann die Probenahme zur Arbeitserleichterung auch auf einer kleineren, für die Gesamtfläche repräsentativen Teilfläche (z.B. 1000m^2) erfolgen.

1.2.2 ZEITPUNKT DER PROBENAHME

Die Probenahme kann grundsätzlich während des gesamten Jahres erfolgen. Der Feuchtigkeitszustand des Bodens zum Zeitpunkt der Probenahme soll aber jedenfalls eine Pflugarbeit zulassen. Bei zu trockenen oder vernässten Böden sind die Ergebnisse mancher Parameter nämlich nicht aussagekräftig. Die letzte Ausbringung mineralischer Dünger soll mindestens 1 Monat, die letzte Ausbringung organischer Düngemittel (Mist, Gülle, Gründüngung) etwa 2 Monate zurückliegen. Im Grünland wird die Probenahme im Frühjahr vor der ersten Düngung empfohlen. Damit Untersuchungsergebnisse aus unterschiedlichen Jahren gut vergleichbar sind, soll die Beprobung in den einzelnen Jahren jeweils zum selben Zeitpunkt erfolgen. Für einige Bodenanalysen sind ganz bestimmte Zeitpunkte bzw. –phasen zu beachten:

Für N_{min} – Untersuchungen soll die Probenahme bei Getreide zu Vegetationsbeginn, bei Mais je nach Empfehlungssystem im Zwei- bis Sechsblatt – Stadium oder vor dem Anbau bzw. der Düngung erfolgen. N_{min}-Proben, die außerhalb dieser Zeiträume gezogen werden, eigenen sich nicht für die Düngeplanung.

Bei der Untersuchung biologischer Parameter soll der Zeitpunkt der Probenahme jeweils 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.

1.2.3 DURCHFÜHRUNG DER BEPROBUNG

Je ausgewählter Fläche werden an mindestens 25 gut verteilten Stellen Einzelproben gezogen und diese zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Beispiele für die Verteilung von Probenahmepunkten sind in Abb. 1 wiedergeben (nach ÖNORM L 1054).

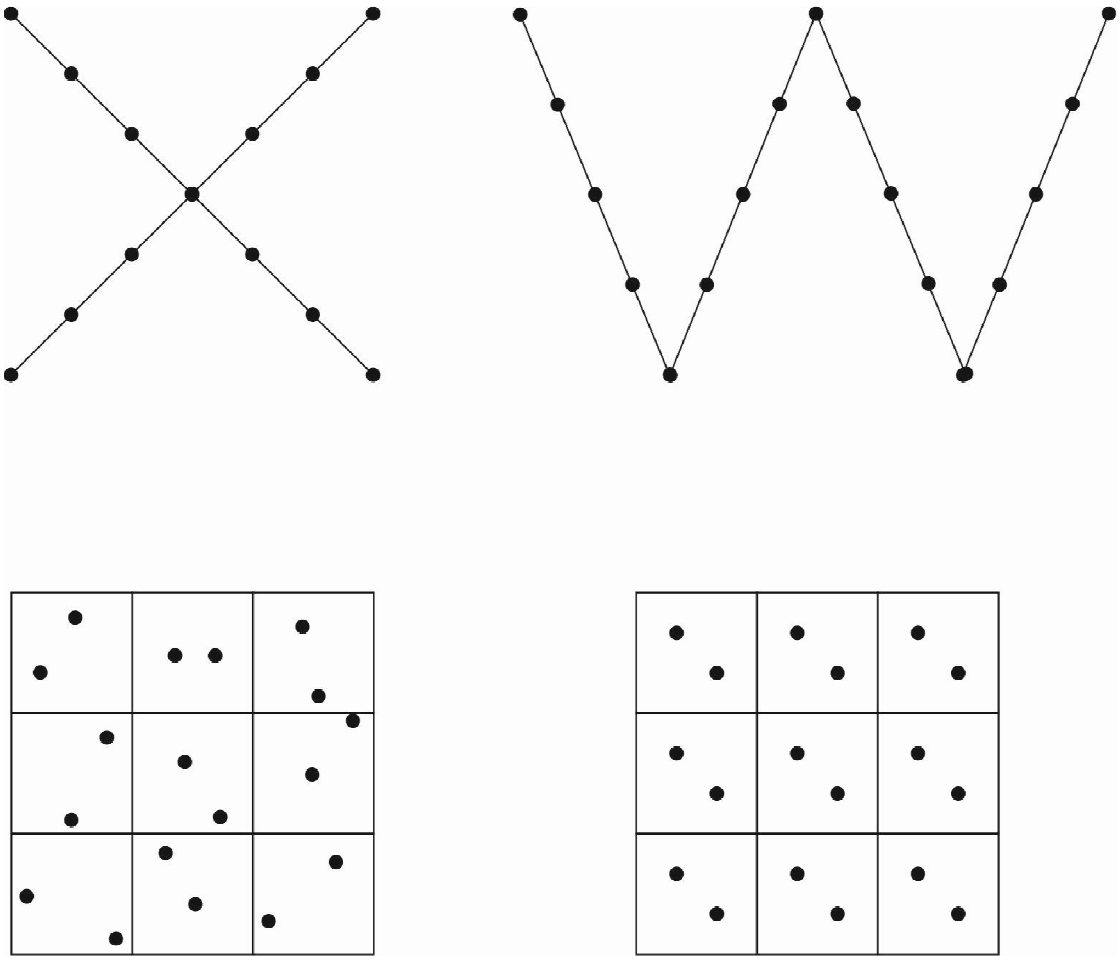

Abbildung 1: Beispiele für die mögliche Verteilung von Probenahmestellen

Zur Probennahme sollen Bodenstecher, Schlagbohrer oder „Schüsserlbohrer“ (Anwendung v.a. im Grünland, Abb. 2) verwendet werden. Die Einzelproben werden in einem sauberen Gefäß (z.B. Plastikkübel) gesammelt und gut durchmischt. Steine und Pflanzenreste sind aus der Probe zu entfernen. Anschließend wird die Probe oder eine repräsentative Teilmenge in wasserbeständige Behältnisse (z.B. beschichtete Papiersäckchen, Kunststoffsäckchen) gefüllt und diese gut sichtbar und leserlich beschriftet. Die Mindestprobemenge für eine Untersuchung liegt bei 300g und soll 1000g nicht übersteigen.

Abbildung 2: Schlagbohrer (R. Körner); Schüsserlbohrer zur Beprobung von Grünlandflächen (Quelle:Fa. Ertl-Auer)

Die Entnahmetiefe soll im Ackerbau mit der Bearbeitungstiefe übereinstimmen, zumindest aber den Horizont von 0 bis 20 cm umfassen, sofern dies aufgrund der vorliegenden Bodenmächtigkeit möglich ist. Diese Mindesttiefe gilt auch für Flächen, die ohne Bodenbearbeitung kultiviert werden. Im Grünland ist eine Tiefe von 0 bis 10 cm ausreichend. Für N_{min}-Untersuchungen gelten spezielle Beprobungstiefen (siehe Kapitel 2.3. 3 „Stickstoffdüngung nach N_{min} für Wintergetreide, Triticale und Mais“).

1.2.4 PROBENLAGERUNG UND TRANSPORT

Die Probe soll so schnell wie möglich an die Untersuchungsstelle weitergeleitet werden. Sofern keine Stickstoffuntersuchung nach der EUF-Methode erfolgt, ist jedoch eine Zwischenlagerung bis zu 4 Wochen möglich. In diesem Fall ist der Boden schonend an der Luft zu trocknen – dazu sollen die Behältnisse am besten geöffnet werden. Sind N_{min} – Untersuchungen oder die Untersuchung biologischer Parameter vorgesehen, müssen die Proben gekühlt werden (+4°C), die maximale Lagerungsdauer beträgt dafür 2 Tage. Die Proben können auch tiefgekühlt werden, in diesem Fall ist eine Lagerung über mehrere Wochen möglich. Für N_{min} - Untersuchungen werden von einigen Labors (z.B. AGES) auch andere Transportverfahren angeboten.

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

1.2.5 PRÜFAUFTRAGSFORMULAR („ERHEBUNGSBOGEN“)

Um die richtige Zuordnung der Proben, 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
- 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. Abteilung für Bodengesundheit und Pflanzenernährung der AGES - http://www.ages.at/service/service-landwirtschaft/boden/ ; AGRANA Research & Innovation Center GmbH - https://ris.agrana.com, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abt 10, Referat für Boden- und Pflanzenanalytik - http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/75777056/DE/) sowie die Landwirtschaftskammern Prüfauftragsformulare zur Verfügung.

1.3 BODENUNTERSUCHUNGSVERFAHREN

Die adäquaten Untersuchungsverfahren wurden in langjährigen Feldversuchen entwickelt und als Grundlage für die Ermittlung des standortgerechten Nährstoffbedarfs validiert. Um eine breite Anwendbarkeit zu erreichen, wurden sie entsprechend standardisiert und entweder als ÖNORM oder im Methodenbuch des Verbandes der landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalten (VDLUFA) publiziert. Alle für die vorliegende Richtlinie relevanten Verfahren sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die konkrete Auswahl von Untersuchungsverfahren richtet sich nach dem jeweiligen Anlass (z.B. Erstuntersuchung bzw. Folgeuntersuchung) oder einer spezifischen Zielsetzung (z.B. Problemfälle im Pflanzenbau oder in der Fütterung, Ermittlung des Schwermetallgehaltes vor dem Einsatz von Pflanzenaschen oder Klärschlamm).

Für andere Bodenanalysenmethoden existieren entweder keine oder nur unzureichende Feldversuche, um daraus eindeutige und nachhaltige Düngungsempfehlungen ableiten zu können.

TABELLE 1: WICHTIGE BODENUNTERSUCHUNGSPARAMETER UND -VERFAHREN

Parameter	**Verfahren**	**Anwendungsbereich, Aussagekraft**
Parameter mit Durchführungszeitraum ca. alle 5 - 6 Jahre		
Grunduntersuchung: pH-Wert, pflanzenverfügbare Anteile an Kalium und Phosphor	ÖNORM EN 15933, 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 pflanzenverfüg-barem Magnesium	ÖNORM L 1093 oder CAT-Extraktion	Erstellung einer Düngeempfehlung für Mg, Ermittlung des K/Mg Verhältnisses
Gehalt an pflanzenverfüg-barem Eisen, Mangan, Kupfer und Zink	ÖNORM L 1089 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Nährstoffversorgung im Spurenelementbereich
Gehalt an pflanzenverfüg-barem Bor	ÖNORM L 1090 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Borversorgung, Erstellung einer Düngeempfehlung
Nachlieferbarer Stickstoff	ÖNORM L 1204	Einstufung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens, Berücksichtigung bei der Ermittlung der N-Düngung
Gehalt an austauschbaren Kationen	ÖNORM L 1086-1	Belegung des Austauscherkomplexes mit Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium; bei sauren Böden zusätzlich Eisen, Mangan, Aluminium und H^+-Ionen
Humusgehalt	ÖNORM L 1080	Einstufung des Gehalts an organischer Substanz, Abschätzung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens
Die EUF – Methode (Nemeth, 1982; VdLUFA, 1997; VdLUFA, 2002; Horn, 2006) kann ebenfalls zur Charakterisierung der Nährstoffgehalte im Boden verwendet werden. Routinemäßig werden die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel sowie Bor, Eisen, Mangan, Kupfer und Zink erfasst.		
Parameter mit kultur- oder fragestellungsbezogenem Durchführungszeitraum		
Gehalt an mineralischem Stickstoff (N_{min})	ÖNORM L 1091	Erfassung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs

Parameter	Verfahren	Anwendungsbereich, Aussagekraft
Parameter mit Durchführungszeitraum ca. alle 10 Jahre bzw. bei Geländeänderungen oder Problemen mit der Pflanzenentwicklung		
Gesamtstickstoffgehalt	ÖNORM EN 15936	Einstufung des N-Gehaltes, Ermittlung des C/N – Verhältnisses
Carbonatgehalt	ÖNORM L 1084	Einstufung des Carbonatgehaltes, Beeinflussung der Versorgung mit Spurenelementen
Kalkaktivität	AGES - Verfahren	Einstufung der Reaktivität des Bodenkalkes
Kaliumfixierung	ONR 121097	Ermittlung der möglichen Fixierung von Kalium, Angabe der Menge der Ausgleichsdüngung
Tongehalt oder Gehalt an den Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton (einmalige Bestimmung ausreichend)	ÖNORM L 1061-2	Charakterisierung der Bodenschwere, wesentlich für die Einstufung der Versorgungsklassen für K und Mg

Bei einer erstmaligen Untersuchung, wird die Analyse folgender Parameter empfohlen:

- Grunduntersuchung (= pH-Wert sowie pflanzenverfügbarer Anteil an Kalium und Phosphor),
- Gehalt an verfügbarem Magnesium,
- Humusgehalt,
- Gehalt an nachlieferbarem Stickstoff (nur im Ackerbau),
- Carbonatgehalt,
- Tongehalt

Zusätzlich kann auch der Gehalt an verfügbaren Spurenelementen und Bor untersucht werden.

Bei Folgeuntersuchungen sind zumeist die Grunduntersuchung und im Ackerbau zusätzlich die Analyse des Humusgehaltes ausreichend. Bei speziellen Problemen oder konkreten Fragestellungen können nach Rücksprache mit einem Berater weitere Untersuchungen wie z.B. die Bestimmung der wasser- oder königswasserlöslichen Gehalte an Elementen (ÖNORM EN 16174) durchgeführt werden.

1.4 BEWERTUNG VON BODENUNTERSUCHUNGSERGEBNISSEN

1.4.1 ALLGEMEINES

Im Folgenden werden wichtige Bodeneigenschaften und deren Beurteilung im Hinblick auf die Funktion des Bodens als Pflanzenstandort vorgestellt. Die meisten Untersuchungsverfahren 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.

1.4.2 BODEN- UND STANDORTEIGENSCHAFTEN

Zahlreiche Bodeneigenschaften sind stark vom jeweiligen Standort geprägt und verändern sich nicht kurzfristig, können jedoch die Verfügbarkeit und Wirkung der Nährstoffe wesentlich beeinflussen. Dazu zählen folgende Parameter:

- Korngrößenverteilung-Bodenart/Bodenschwere
- Humusgehalt
- Carbonatgehalt
- Bodenreaktion-pH-Wert
- Gründigkeit
- Wasserverhältnisse
- Grobanteil

Daneben beeinflussen aber auch Faktoren wie Bodenstruktur, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und insbesondere die Witterung die Verfügbarkeit der Nährstoffe. Die Korngrößenverteilung, der Humus-, der Carbonatgehalt und die Bodenreaktion können durch Laboranalysen bestimmt werden, eine grobe Einschätzung dieser Parameter ist allerdings auch vor Ort möglich. Die übrigen Parameter wurden im Rahmen der österreichischen Bodenkartierung erfasst und sind im Internet als digitale Bodenkarte (http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD) verfügbar. Sie sind zugleich Bestandteil der Einwertungsbescheide der österreichischen Finanzbodenschätzung und liegen für jedes landwirtschaftlich genutzte Grundstück in Österreich auf.

1.4.3 KORNGRÖSSENVERTEILUNG, BODENART, BODENSCHWERE

Die Bodenart wird durch das Verhältnis der Korngrößenklassen Sand (S), Schluff (U) und Ton (T) zueinander charakterisiert. Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt gemäß ÖNORM L 1061-2, die Einstufung der Bodenart gemäß ÖNORM L 1050. Durch die Bodenart wird unter anderem die Bodenbewirtschaftung wesentlich beeinflusst. Vereinfacht kann die Bodenart auch als „Boden-schwere“ angegeben werden, wobei dafür allerdings nur mehr der Tongehalt berücksichtigt wird. Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Bodenschwere, Tongehalt und Bodenart (Bezeichnung der Bodenart gemäß ÖNORM L 1050):

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

* S = Sand, U = Schluff, T = Ton, L = Lehm, s = sandig, u = schluffig, t = tonig, l = lehmig

Das von der österreichischen Finanzbodenschätzung verwendete Schema für die Zuordnung weicht geringfügig von dem nach ÖNORM L 1050 ab. Es können daher in Grenzbereichen leicht 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 auch 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

1.4.4 HUMUSGEHALT

Als Humus bezeichnet man die abgestorbene organische Masse in und auf dem Boden. Ausgangsstoffe für die Bildung von Humus sind in erster Linie oberirdisch anfallende Pflanzenteile wie Ernterückstände, Zwischenfruchtanbau (Gründüngung), Stroh und Blätter aller Art, in zweiter Linie unterirdisch wachsende Pflanzenteile wie Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen.

Die Analyse des Humusgehaltes erfolgt im Labor gemäß ÖNORM L 1080 (Elemetaranalyse nach trockener Verbrennung). Bei diesem Verfahren wird zunächst der Gehalt an organischem Kohlenstoff ermittelt. Basierend auf dem durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz des Bodens von 58 % ergibt sich der Humusgehalt durch eine Multiplikation des analysierten C_{org}-Gehalts mit dem Faktor 1,72. Die Angabe des Humusgehaltes erfolgt meist in % oder in g/kg Feinboden.

In Tabelle 4 ist die Einstufung des Humusgehaltes im Acker- und Grünland wiedergegeben.

TABELLE 4: EINSTUFUNG DES HUMUSGEHALTES IM ACKER- UND GRÜNLAND FÜR MINERALBÖDEN

	Gehaltsklasse A	Gehaltsklasse C	Gehaltsklasse E
	niedrig	mittel	hoch
Ackerland	< 2%	2 - 4,5%	> 4,5%
Grünland	< 4,5%	4,5 - 9%	> 9%

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 mit Selbsterhitzung ermittelter Humusgehalt mit dem Faktor 1,3 zu multiplizieren.

Die organische Substanz befindet sich in einem kontinuierlichen Ab-, Um- und Aufbauprozess. Als **„Nährhumus“** wird der leicht zersetzbare und leicht umwandelbare Anteil der organischen Substanz im Boden bezeichnet. Dieser dient überwiegend als Nahrung für die Bodenlebewesen. Nährhumus ist durch ein relativ enges Verhältnis zwischen Kohlenstoff- und Stickstoffanteil (C/N - Verhältnis) charakterisiert. Der **Dauerhumus** hingegen ist der schwarzbraun gefärbte, schwer zersetzbare Anteil der organischen Substanz,

der im Zuge der **Humifizierung** entsteht**.** Das C/N - Verhältnis ist in diesem Fall deutlich weiter. Der Abbau der organischen Substanz im Boden wird als **Mineralisation** bezeichnet.

Humus verbessert eine Vielzahl von Bodeneigenschaften wie die Bodenstruktur, die biologische Aktivität, das Speicherungsvermögen für Wasser und Nährstoffe sowie die Filter- und Pufferfunktion. Humus ist daher für die Erhaltung der Produktivität und Fruchtbarkeit der Böden von wesentlicher Bedeutung.

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. Für Grünlandböden ist im Allgemeinen ein ausreichender Humusgehalt gegeben, der durch die Bewirtschaftung nur in geringem Maß beeinflussbar ist, im Ackerbau sollen die in Tabelle 5 angeführten Humusgehalte angestrebt werden.

TABELLE 5: GEGENÜBERSTELLUNG VON BODENSCHWERE UND ANZUSTREBENDEM HUMUSGEHALT FÜR ACKERBAULICH GENUTZTE FLÄCHEN

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

Der Humusgehalt eines Standortes ergibt sich aus dem Fließgleichgewicht zwischen Abbau (Mineralisierung), Aufbau (Humifizierung) und konservierenden Prozessen. In Abhängigkeit von der Bodenschwere kann eine Bandbreite definiert werden, innerhalb der der Humusgehalt liegen soll (siehe Abb. 3). Durch kulturtechnische Maßnahmen wie Zufuhr organischer Substanz (Fruchtfolge, Wirtschaftsdünger, organische Handelsdünger, Sekundärrohstoffe), Vermeidung der Abfuhr von Ernterückständen, reduzierte Bodenbearbeitung oder gezielten Zwischenfruchtbau kann die Humusbilanz verbessert und der Humusgehalt erhöht werden.

Je nach Standortbedingungen bestehen aber auch natürliche Obergrenzen für den Humusgehalt, die nur durch permanente Zufuhr von Kohlenstoff, z.B. in Form von zusätzlicher organischer Substanz, überschritten werden können (siehe Abb. 3). Wird diese Zufuhr gestoppt, sinkt der Humusgehalt wieder bis zum Erreichen des für den Standort typischen Gehaltes. Nicht standortgerechte, hohe Humusgehalte können daher aufgrund des hohen Mineralisationspotenzials zu höheren Stickstoffverlusten durch Austräge in die Hydro- und Atmosphäre führen, wodurch auch der Anteil des im Boden gebundenen Kohlenstoffs verringert wird.

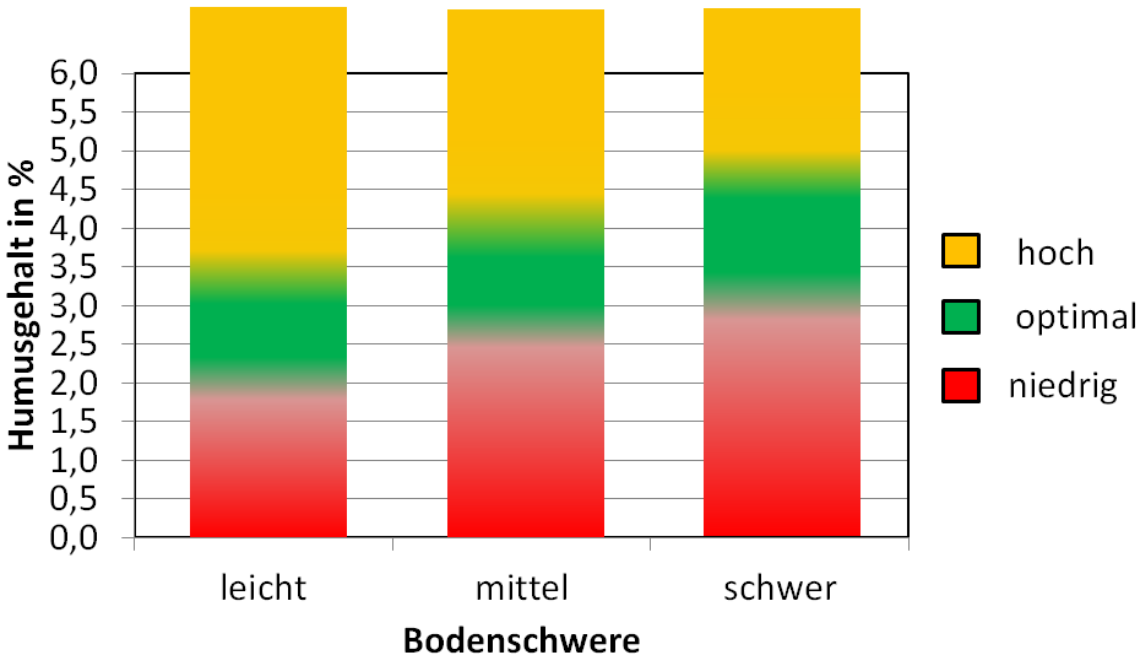

Abbildung 3: Orientierungsbereiche für Humusgehalte in Abhängigkeit von der Bodenschwere sandiger und lehmiger, grundwasserferner Ackerböden (nach Körschens, mod.)

Das Verhältnis zwischen dem Kohlenstoff- (C) und Stickstoff (N) – Gehalt charakterisiert die Stabilität der organischen Substanz im Boden. Je enger das C/N-Verhältnis ist, desto schneller kann ein Abbau und damit eine Freisetzung des Stickstoffs erfolgen. Das Optimum liegt etwa im Bereich von 10 : 1. Ein weites C/N-Verhältnis (z.B. durch Einarbeiten von Stroh) führt zu einem erhöhten Stickstoffbedarf und kann zu einer Festlegung (Immobilisierung) von verfügbarem Stickstoff führen

Beispiele für C/N-Verhältnisse in organischen Materialien bzw. organischen. Düngern:

- Stallmist: ca. 15 – 30 : 1
- Getreidestroh: ca. 100 : 1
- Maisstroh: ca. 60 : 1
- Sägespäne: ca. 500:1
- Reifkompost: ca. 10 – 25 : 1 (je nach Ausgangsmaterial)
- Pferdemist: ca. 30-40: 1 (kann bei einstreuintensiven Haltungssystemen auch deutlich weiter sein)
- Rindergülle: ca. 9 : 1; Bandbreite 3,2 bis 15,6 (TS > 3 %) (Analysen BWSB, n = 95)
- Schweinegülle: ca. 2,5; Bandbreite 1,2 bis 4,1 (TS ~ 2,8) (Analysen BWSB, n = 19)

Beispiele für C/N-Verhältnisse in Böden

- Acker: ca. 9 (Bandbreite 7,9 bis 13,1; n = 266, Arbeitskreis Ackerbau OÖ; BWSB)
- Grünland: ca. 10 (Bandbreite 8,2 bis 15,6; n = 325, Arbeitskreis Milchviehhaltung OÖ; BWSB)

1.4.5 CARBONATGEHALT

Carbonate haben Bedeutung als Puffersubstanzen, die im Boden auftretende oder in den Boden eingebrachte saure Stoffe neutralisieren können. Die Bestimmung der Carbonate erfolgt nach Scheibler (ÖNORM L 1084). Im Feld kann der Carbonatgehalt durch Versetzen des Bodens mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure (ca. 10 % ig) abgeschätzt werden. Die Einstufung des Carbonatgehaltes ist in Tabelle 6 angeführt.

TABELLE 6: BEWERTUNG DES CARBONATGEHALTES NACH SCHEIBLER FÜR ACKER- UND GRÜNLAND

Carbonatgehalt in %	Einstufung des Carbonatgehaltes
<1	gering
1 – 5	mittel
> 5	hoch

Wird der Carbonatgehalt als gering eingestuft, ist besonders auf die Kalkdüngeempfehlung zu achten.

1.4.5.1 BODENREAKTION – PH-WERT

Die Bodenreaktion (pH-Wert – gemessen in $CaCl_2$ gemäß ÖNORM EN 15933) 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.

Bei pH-Werten unter 5,5 nimmt die Verfügbarkeit der Hauptnährstoffe, aber auch jene von Molybdän und Schwefel ab. Hingegen sind die Spurennährstoffe Eisen, Mangan, Kupfer und Zink im sauren Bereich besser verfügbar.

Der anzustrebende pH-Wert richtet sich nach der Bodenschwere und der Kulturart. Werden die anzustrebenden pH-Werte unterschritten, so wird zusätzlich zur Erhaltungskalkung eine Verbesserungskalkung empfohlen. Die dafür erforderliche Kalkmenge wird im Labor durch eine Kalkbedarfsbestimmung ermittelt. (siehe auch Kapitel 2.5 Die Düngung mit Kalk). Zunächst erfolgt dazu eine Messung des pH-Wertes einer Bodensuspension in Ca-Acetat–Lösung und dann die Berechnung nach den im Anhang angeführten Formeln.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Einstufung der Bodenreaktion nach dem pH-Wert.

TABELLE 7: EINSTUFUNG DER BODENREAKTION

pH-Wert ($CaCl_2$)	Bodenreaktion	mg EUF-Ca /100g	Puffersystem	Pufferkapazität*	Einflussfaktor
unter 4,2	stark sauer	bis 9	Aluminium-Puffer	150 kmol H^+ je % Ton	Tonminerale
4,2 - 4,5			Silikat-Puffer	7,5 kmol H^+ je % Silikat	Silikate
4,6 - 5,5	sauer				
5,6 - 6,5	schwach sauer	10 - 24	Austauscher-Puffer	25 kmol H^+ je % Ton	Tonfraktion/Humus
6,6 - 7,2	neutral	25 - 60	Carbonat-Puffer	300 kmol H^+ je % CaO	Carbonate
7,3 - 8,0	alkalisch	über 60			
über 8,0	stark alkalisch				

*…Die Pufferkapazität entspricht jener Menge an Säure, die ohne wesentliche Änderung des pH-Wertes neutralisiert werden kann und ist somit ein Maß für die Stablilität des pH-Wertes.

In Tabelle 8 sind die jeweils anzustrebenden pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenschwere, Nutzungsart und Kultur angeführt.

TABELLE 8: ANZUSTREBENDE PH-WERTE IN ABHÄNGIGKEIT VON BODENSCHWERE, NUTZUNGSART UND KULTUR

Anzustrebender pH-Wert

Bodenschwere	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

1.4.5.2 GRÜNDIGKEIT

Die Gründigkeit bezeichnet die Mächtigkeit der durchwurzelbaren Bodenschicht.

bis 30 cm: seichtgründig

bis 70 cm: mittelgründig

über 70 cm: tiefgründig

1.4.6 WASSERVERHÄLTNISSE

Die Wasserverhältnisse 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

1.4.7 GROBANTEIL

Unter Grobanteil versteht man den Anteil an mineralischen Gemengeteilen des Bodens, die größer als 2 mm sind. Dazu zählen Grus, Steine, Schotter und Kies. Der Grobanteil 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 %).

1.4.8 PFLANZENVERFÜGBARE NÄHRSTOFFE

Für die Ernährung der Pflanzen ist die Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden von großer Relevanz. Die in dieser Broschüre beschriebenen Analysenmethoden wurden so entwickelt und geprüft, dass die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe bestmöglich widergespiegelt wird.

1.4.9 STICKSTOFF

Der Gesamtbedarf an Stickstoff ist im Wesentlichen von der Kulturart und deren Ertragsniveau abhängig. 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 Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit, aber auch mit der Aufnahme durch die Pflanze oder Verluste durch Auswaschung oder Ausgasung sowie durch Immobilisierungsprozesse innerhalb kurzer Zeit ändern. Die Untersuchung des leicht verfügbaren Stickstoffs ist daher nur zu genau definierten Zeitpunkten sinnvoll und wird im Kapitel 2.3.3 „Stickstoffdüngung nach N_{min} für Wintergetreide, Triticale und Mais“ detailliert beschrieben.

Die Bemessung der N-Düngung erfolgt für Ackerkulturen üblicherweise auf Basis von Richtwerten, wobei in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortbedingungen Zu- und Abschläge vorgenommen werden. 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 Bodeneigenschaften wie Humusgehalt, C/N-Verhältnis, 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 feinere Justierung der Stickstoffdüngung erreicht werden (siehe auch Tabelle 26).

Das Mineralisierungspotenzial des Bodens kann mit folgenden Methoden abgeschätzt werden:

- N-Mineralisierung im anaeroben Brutversuch (nach Kandeler, 1993)
- N-Mineralisierungspotenzial nach EUF (siehe Punkt 1.4.4)

Die Einstufung des N-Mineralisierungspotenzials aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung der Mineralisierung im anaeroben Brutversuch und des Mineralisierungspotenzials nach EUF Norg ist in Tabelle 9 wiedergegeben. Wenn keine Ergebnisse auf Basis dieser Verfahren vorliegen, kann auch der Humusgehalt für eine Abschätzung herangezogen werden. Allerdings ist der Zusammenhang zum Mineralisationspotenzial standortspezifisch unterschiedlich und daher nicht in allen Fällen eindeutig gegeben.

TABELLE 9: EINSTUFUNG DES STICKSTOFFMINERALISIERUNGSPOTENZIALS DURCH DIE ANAEROBE MINERALISIERUNG, MINERALISIERUNGSPOTENZIAL NACH EUF N_{ORG} UND HUMUSGEHALT

Einstufung des Mineralisierungspotenzials	Anaerobe N-Mineralisation in mg N/1000 g Feinboden und Woche	Mineralisierungspotenzial nach EUF Norg (mg/100g Feinboden)	Einstufung nach dem Humusgehalt (%)
niedrig	unter 35	< 1,5	< 2
mittel	35 – 75	1,5 – 2,5	2-4,5
hoch	über 75	> 2,5	> 4,5

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

Darüber hinaus kann die Stickstoffversorgung auch mit anderen Methoden wie z.B. dem N-Tester (siehe Kapitel 2.3.5) abgeschätzt und für die Düngeempfehlung berücksichtigt werden.

1.4.10 PHOSPHOR UND KALIUM

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. Der in sauren Böden „pflanzenverfügbare Phosphor“ kann mit dem aus dem CAL-Extrakt erhaltenen Phosphorwert mithilfe eines Korrekturfaktors gemäß ÖNORM L 1087 berechnet werden. Die Ergebnisse werden jeweils in mg Reinnährstoff (P oder K) pro 1000g Feinboden angegeben. Die Zuordnung der Analysenwerte zu den entsprechenden Gehaltsklassen und Versorgungs-stufen erfolgt gemäß den Tabellen 10 und 12.

TABELLE 10: EINSTUFUNG DER PHOSPHORGEHALTE

		Ackerland	Grünland
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	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

Entspricht der Gehalt an Phosphor der Gehaltsklasse D (hoch versorgt), ist bei Hackfrüchten eine Phosphatdüngung in halber Höhe der für die Gehaltsklasse C empfohlenen Gaben sinnvoll (siehe Tabelle 32), sofern die Gehalte an wasserlöslichem Phosphor unter den in Tab. 11 angeführten Mindestgehalten liegen (siehe auch Kapitel 2.3.7 Düngung mit Phosphor und Kalium).

Die zur Präzisierung der P-Düngungsempfehlung verwendete Bestimmung des wasserlöslichen Phosphors erfolgt gemäß ÖNORM L 1092 im Extraktionsverhältnis 1 + 20.

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_2O)
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

		Ackerland			Grünland
		mg K/1000g			
		Bodenschwere/Tongehalt (%)			
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht < 15	mittel 15 – 25	schwer > 25	
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

Bei der Erstellung der Düngeempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 2.3.7 „Düngung mit Phosphor und Kalium“).

1.4.11 KALIUMFIXIERUNG

In tonreichen Böden kann es zur Festlegung von Kalium kommen. Aus dem analytisch ermittelten Wert der Kaliumfixierung (ONR 121097) wird die zum Ausgleich notwendige Menge an Kaliumdüngung nach folgender Formel ermittelt:

Ausgleichsdüngung (kg/ha K_2O) = (Kaliumfixierung in mg K /1000g – 249) x 0,84.

Diese so ermittelte Ausgleichsdüngung soll über mehrere Jahre hinweg bis zur nächsten Bodenuntersuchung erfolgen und dann die Kaliumfixierung wieder überprüft werden.

1.4.12 MAGNESIUM

Der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Magnesium wird gemäß ÖNORM L 1093 (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 hingegen ohne Belang. Die Zuordnungen der Werte zu den Gehaltsklassen sind in Tabelle 13 angeführt.

TABELLE 13: EINSTUFUNG DER MAGNESIUMGEHALTE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BODENSCHWERE

		mg Mg /1000g		
		Bodenschwere/Tongehalt (%)		
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht < 15	mittel 15 – 25	schwer > 25
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

Bei der Erstellung der Düngeempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 2.4 „Düngung mit Magnesium im Acker- und Grünland“).

1.4.13 AUSTAUSCHBARE KATIONEN

Böden zeigen aufgrund der elektrischen Ladung von Ton- und Humusteilchen sowie von Oxiden eine negative Überschussladung. Daher können positiv geladene Ionen – die sogenannten Kationen – an den Oberflächen adsorbiert und in pflanzenverfügbarer Form gut gespeichert werden. Dazu zählen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium als „basisch wirkende“ und Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoffionen als „sauer wirkende“ Kationen. Die Mengen und Anteile der genannten Kationen sowie deren Summe (=Kationenaustauschkapazität, Abkürzung KAK) in den Böden wird durch Art und Gehalt an Tonmineralen und Humus sowie durch den pH-Wert bestimmt und variiert daher in einem weiten Bereich. Ton- und humusreiche Böden haben eine höhere Sorptionskraft und damit auch eine höhere Austauschkapazität als humusarme Sandböden. Die Austauschkapazität wird in centimol Ionenäuquvalent pro 1000g Boden (cmol $^{+}$/1000 g) angegeben und liegt zumeist im Bereich zwischen 10 und 30 cmol +/1000g.

Die Bestimmung der effektiven KAK (KAK_{eff}) erfolgt in der Routinebodenanalytik gemäß ÖNORM L 1086-1 nach Extraktion mit einer ungepufferten Bariumchlorid-Lösung beim aktuellen pH-Wert des Bodens.

Die Bestimmung der potentiellen KAK (KAK_{pot}) hingegen erfolgt in einer auf pH > 7 eingestellten gepufferten $BaCl_2$-Lösung. Die KAK_{eff} liegt umso mehr unterhalb der KAK_{pot}, je niedriger der pH-Wert und je höher der Anteil an variabler Ladung ist. Der Unterschied ist daher bei sauren, humosen Sandböden besonders groß. Wird der pH-Wert solcher Böden erhöht, so steigen je nach Anteil variabler Ladung die Menge austauschbarer Kationen und die KAK_{eff} an.

Abbildung 4 zeigt die KAK_{eff} von leichten, mittleren und schweren Böden vom sauren bis neutralen pH-Wertebereich auf Ackerstandorten in Oberösterreich. Die Zunahme der KAK_{eff} mit steigendem pH ist deutlich ersichtlich. Für leichte Böden (Ton < 15%; Humus < 2,5%) liegt bei einem anzustrebenden pH-Wert über 5,5 die KAK_{eff} um 10 cmol/kg, für mittlere Böden (Ton 15 – 25%; Humus 2,5 – 3,75%) bei einem anzustrebenden pH über 6,0 um 16 cmol/kg und für schwere Böden (Ton > 25%; Humus 2,5 -6,5%) bei einem anzustrebenden pH über 6,5 um 26 cmol/kg. Die Abschätzung der effektiven Austauschkapazität eines Bodens mit der Formel:

Summe der Kationen (cmol +/1000g) = (Humusgehalt (%) x 2) + (Tongehalt (%)/2)

wird mit den vorliegenden Daten bestätigt.

Ökologisch gesehen ist es sinnvoller, die Basensättigung auf die KAK_{eff} zu beziehen, da in vielen Böden die KAK_{pot} nicht erreicht wird, wofür generell ein pH-Wert um 7 erforderlich wäre. Aus Abb. 5 mit Daten aus dem Waldviertel, wo die sauersten Standorte in Österreich liegen, ist ersichtlich, dass bis zu einem pH von 5,5 noch 98% der KAK_{eff} mit Basen (Ca, Mg, K und Na) abgesättigt sind, bei pH von 5,0 sind es 92-97%. Unter dem pH-Bereich von 5,0 geht der Basenanteil deutlich zurück und zugleich steigt der Anteil des austauschbaren Aluminiums exponentiell an. Bei erhöhten Gehalten von sauer wirkenden Kationen in diesem niedrigen pH-Bereich ist daher eine Empfehlung zur Verbesserungskalkdüngung besonders zu beachten.

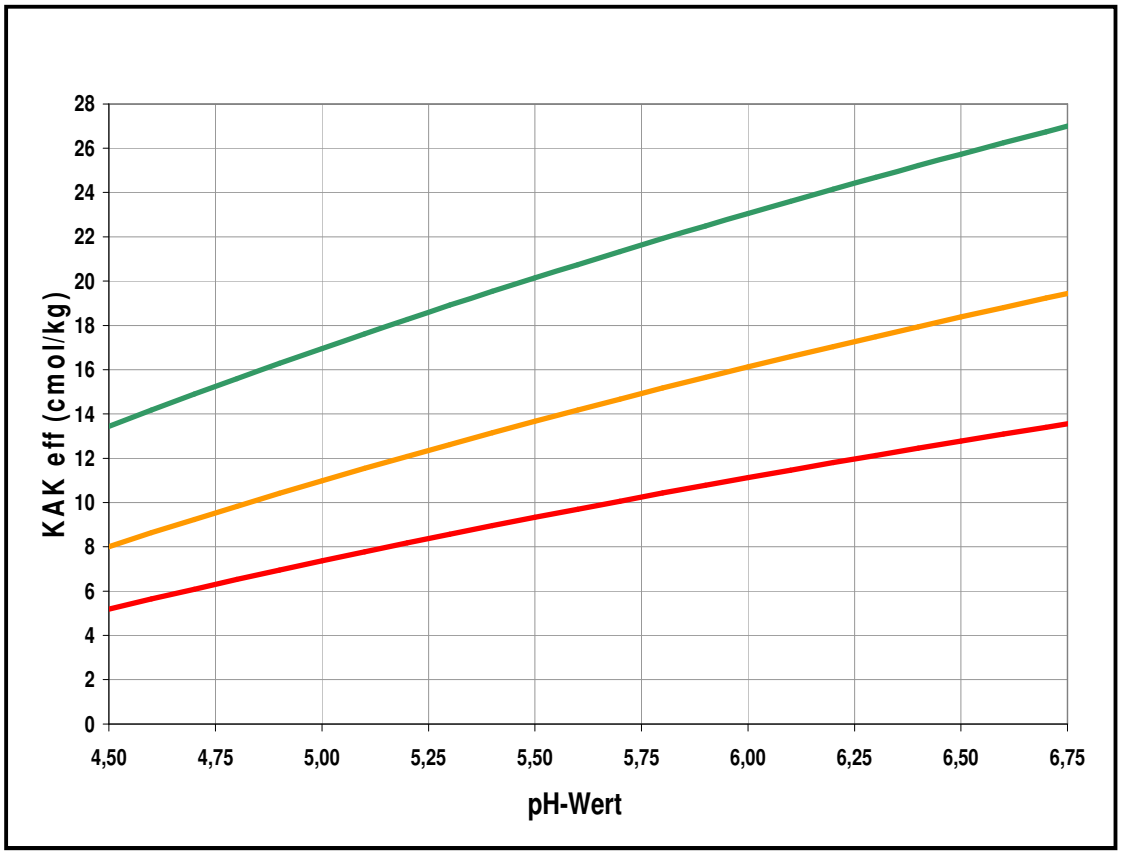

Abbildung 4: pH-Wert und effektive KAK von leichten (Ton < 15%, Humus < 2,5%: rote Linie), mittleren (Ton 15 – 25%, Humus 2,5 – 3,75%: gelbe Linie) und schweren Böden (Ton > 25%, Humus 2,5 – 6,5%: grüne Linie)

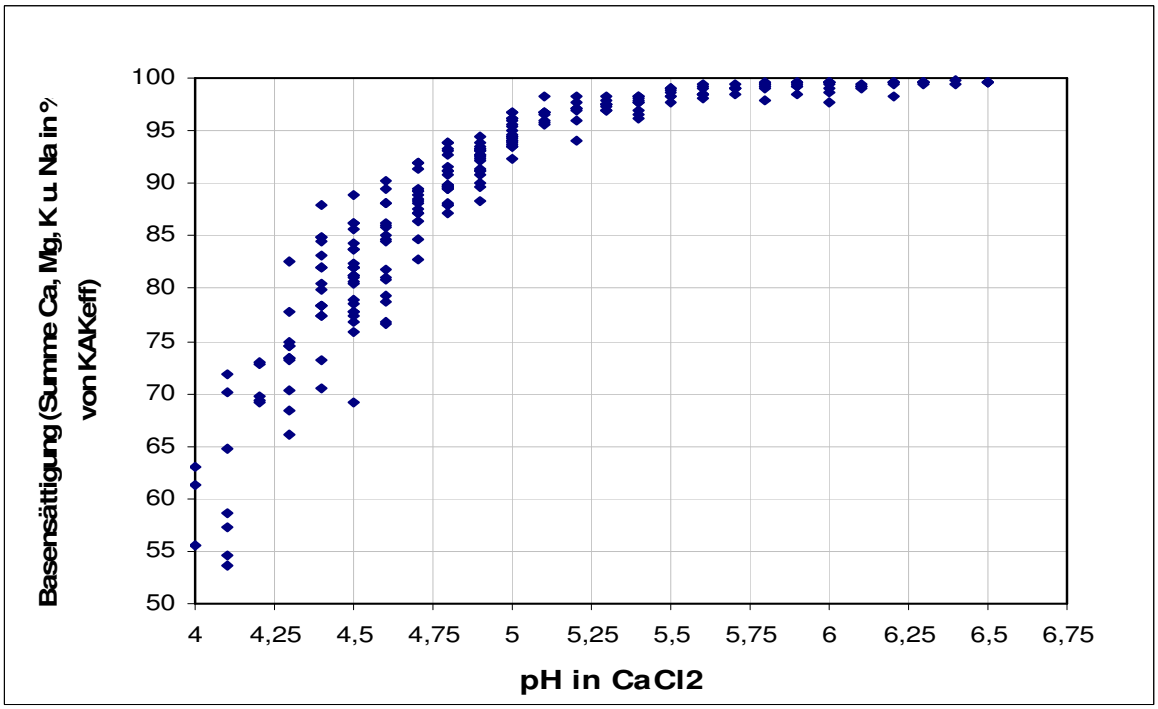

Abbildung 5: Basensättigung bezogen auf KAK_{eff} (250 Datensätze aus dem Waldviertel)

Die Aggregatstabilität mittlerer und schwerer Böden wird durch einen höheren Anteil an austauschbarem Ca an den variablen Ladungen gefördert. Eine hohe Ca-Sättigung wirkt sich weiters durch die Bildung von Ca-

Brücken zwischen den Bodenkolloiden günstig auf die physikalischen Eigenschaften (Porenanteil, Wasseraufnahme, geringere Verschlämmungs- und Erosionsgefahr) aus.

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

75 - 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. Entsprechende Kalkungs- (Verbesserung des Anteils an Ca und eventuell Mg) oder Düngungsmaßnahmen (Düngung mit K und/oder Mg) können dem entgegenwirken.

Bei pH-Werten unter 5 nimmt der Gehalt an sauer wirkenden Kationen (Al, Fe, Mn, H^+) stark zu, wobei hier keine optimalen Wertebereiche angegeben werden können. Verbesserungsmaßnahmen durch entsprechende Kalkung werden von der Entwicklung des pH-Wertes angezeigt.

Die absoluten austauschbaren Mg- und K-Gehalte sind mit den entsprechenden pflanzenverfügbaren Gehalten hoch korreliert (Abbildung 6) und können im Bedarfsfall aus ihnen abgleitet werden (Dersch, 2017[1]).

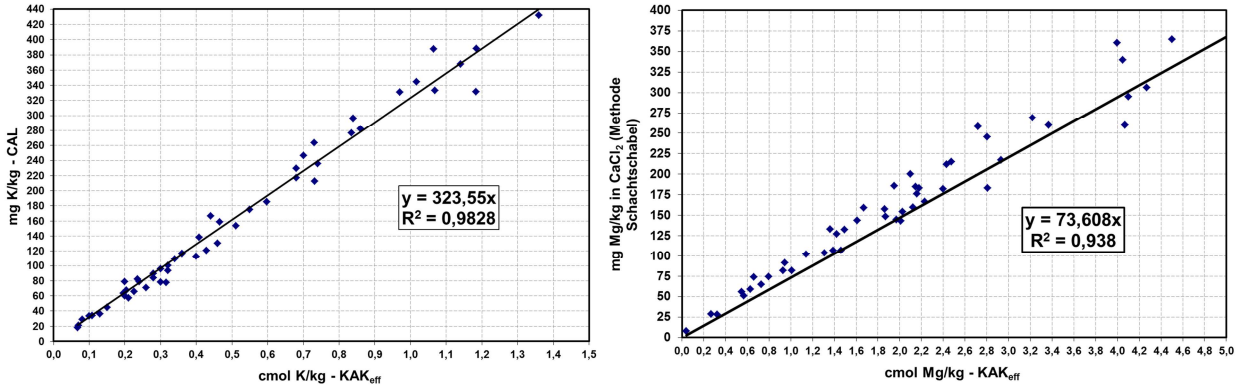

Abbildung 6: Korrelation zwischen austauschbarem Mg bzw. Kalium und den pflanzenverfügbaren Anteilen

Werden die austauschbaren Mg- und K-Ionen entsprechend ihrer Ionenäquivalente (Wertigkeit, Molekulargewicht) in mg/kg umgerechnet, ergeben sich bei der Bestimmung der effektiven Kaitonenaustauschkapazität etwa die 1,6-fache Menge an Mg im Vergleich zu Mg im $CaCl_2$-Auszug (nach Schachtschabel) sowie die 1,2-fache Menge an Kalium im Vergleich zu K im CAL-Extrakt.

Die in der Routine-Bodenanalytik verwendeten Verfahren erfassen einen Mg- und K-Pool, der zu einem hohen Anteil aus den austauschbaren Kationen besteht. Mit dem CAL-Extrakt werden etwa 82% des austauschbaren Kaliums, mit dem Extrakt nach Schachtschabel etwa 62% des austauschbaren Magnesiums erfasst.

---

[1] Dersch, G. (2017): Kationen-Austauschkapazität (Teil 2): Was bringt sie in der Praxis? Der fortschrittliche Landwirt 3/2017, 40 - 41

Der Na-Anteil liegt zumeist unter 1%, weil Na nur schwach am Sorptionskomplex gebunden wird. Deutlich höhere Na-Anteile finden sich nur in streusalzbeeinflussten Böden und in einigen trockenen Gebieten (Salzböden) im Osten und Nordosten.

Die KAK und die Anteile der basisch wirkenden Kationen können bei Problemstandorten eine Ergänzung zu den Ergebnissen aus den Standarduntersuchungen (pH-Wert, Humusgehalt, Tongehalt/Bodenschwere, Magnesiumgehalt) liefern, aus der in Abstimmung mit einem Berater entsprechende zusätzliche Maßnahmen wie Kalkung, Kalium- oder Magnesiumzufuhr abgeleitet werden können. Bei Belegungsanteilen unter 60% für Calcium ist eine Kalkung auch bei pH-Werten über 6 zu empfehlen.

1.4.14 SPURENELEMENTE

Die Pflanzenverfügbarkeit von Spurenelementen ist neben anderen Faktoren vor allem vom pH-Wert und dem Humusgehalt abhängig. Niedrige pH-Werte führen im Allgemeinen zu einer Verbesserung der Verfügbarkeit von Spurenelementen (ausgenommen Molybdän). Durch hohe Humusgehalte können Spurenelemente in leichter lösliche Formen übergeführt und dadurch ebenfalls besser aufgenommen werden. Eine Interpretation von Untersuchungsergebnissen soll daher immer unter Berücksichtigung möglichst vieler Informationen zum Standort erfolgen. Die Verfügbarkeit von Spurenelementen 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

		Bor		**Kupfer**	**Zink**	**Mangan**	**Eisen**	**Selen**
		mg/1000g						
		Bodenschwere						
Gehalts-klasse	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 0,2
E	Hoch	über 2,0	über 2,5	über 20	über 20	über 200	über 300	> 1

Von einigen Labors wird die Bestimmung von Mangan, Kupfer, Zink und Bor im Extrakt mit $CaCl_2$/DTPA (CAT) – Lösung gemäß VDLUFA – Methodenbuch angeboten. Derzeit liegt für Standorte in Österreich allerdings noch keine Kalibrierung in Bezug auf die Zuordnung der Werte zu Gehaltsklassen vor.

1.4.15 EINSTUFUNG DER NÄHRSTOFFVERSORGUNG NACH DER EUF - METHODE

1.4.15.1 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-Fraktionen mit unterschiedlicher Bindungsstärke und damit unterschiedlicher Pflanzenverfügbarkeit gewonnen werden. Routinemäßig werden in einem Extraktionsvorgang für jeden Nährstoff zwei Fraktionen erfasst. Die in der 1. Fraktion enthaltenen Nährstoffe sind leicht für die Pflanze verfügbar. Die anschließende 2. Fraktion charakterisiert das Nachlieferungspotenzial.

1.4.15.2 MINERALISCHER STICKSTOFF UND MINERALISERUNGSPOTENZIAL NACH EUF

Berechnungsgrundlagen:

- Nitratstickstoff (EUF-NO_3-N: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraktion)
- mineralisierbarer organischer Stickstoff (EUF-N_{org}: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraktion)
- Nachhaltigkeit der Mineralisierung (EUF-N_{org}-Q: Quotient aus 2. und 1. Fraktion 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 Calcium (kleiner 20 mg EUF-Ca/100g Boden in der 2. Fraktion) können Gehalte größer 4 mg EUF-N_{org}/100g Boden auftreten. Diese sind ein Hinweis auf eine gestörte Mineralisierung infolge der gegebenen sauren Bodenbedingungen.

Die Kalkulation des Stickstoffnachlieferungspotenzials zur aktuellen Kultur erfolgt auf Basis der folgenden Berechnung:

Nitrat x 44 + N_{org} x 44 + N_{org}-Q x 150 (- 75) = kg N/ha Nachlieferung aus dem Boden

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

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

TABELLE 15: RICHTWERTE ZUR EINSTUFUNG DES STICKSTOFFNACHLIEFERUNGS-POTENZIALS

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

1.4.15.3 EINSTUFUNG DER PHOSPHORGEHALTE NACH EUF

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 Calciumgehalt (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 Gehaltsklassen zugrunde liegenden Grenzwerte (Summe EUF-PI und EUF-PII) stehen in Abhängigkeit des EUF-Calcium-Gehaltes und des Nachlieferungsvermögens für Phosphor. Tabelle 16 zeigt den Zusammenhang anhand von zwei Fallbeispielen.

TABELLE 16: EINSTUFUNG DER EUF – PHOSPHORGEHALTE

		Richtwerte EUF-P in mg/100g Boden	
Gehaltsklasse	Versorgung	EUF-CaII = 40 EUF-PII/EUF-PI = 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

1.4.15.4 EINSTUFUNG DER KALIUMGEHALTE NACH EUF

Berechnungsgrundlagen:

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

Berücksichtigung findet ferner – als Maß der Bodenschwere - der Gehalt an **k**aliumselektiven **M**ineralien (KSM). Dieser wird aus den vorliegenden EUF-Daten ermittelt.

Festgestellte mittlere Werte:

Für Standorte mit niedrigem Calciumgehalt (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 Calciumgehalt (55 bis 75 mg EUF-CaII/100g Boden) liegt der vergleichbare Wert bei ca. 18,5 mg/100g Boden.

Gehaltsklassen:

Die der Einteilung in Gehaltsklassen zugrunde liegenden Richtwerte (Summe EUF-KI und EUF-KII) stehen in Abhängigkeit des EUF-Calcium-Gehaltes und des Nachlieferungsvermögens für Kalium. Tabelle 17 zeigt diesen Zusammenhang anhand von drei Fallbeispielen.

TABELLE 17: EINSTUFUNG DER EUF – KALIUMGEHALTE

		Richtwerte EUF-K in mg/100g Boden		
Gehalts-klasse	Versorgung	EUF-CaII = 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

1.4.15.5 EINSTUFUNG DER CALCIUMGEHALTE NACH EUF

Berechnungsgrundlagen:

- pflanzenverfügbares Calcium (EUF-CaI: Ca–Gehalt der 1. Fraktion)
- Calciumvorrat 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

1.4.15.6 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

		Richtwerte EUF-Mg in mg/100g Boden	
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	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

1.4.15.7 EINSTUFUNG DER BOR- UND SPURENELEMENTGEHALTE NACH EUF

Berechnungsgrundlagen:

- pflanzenverfügbares Bor (EUF-B: Summe der Gehalte der 1. und 2. Fraktion)
- pflanzenverfügbare Spurenelemente (EUF - Cu, EUF – Zn, EUF – Mn, EUF – Fe: 3. Fraktion)

TABELLE 20: EINSTUFUNG DER EUF – BOR- UND SPURENELEMENTGEHALTE

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Bor		Cu	Zn	Mn	Fe
		EUF-CA II in mg/100g Boden		mg/kg Boden (ppm)			
		unter 70	über 70				
A	niedrig	< 0,65	< 0,65	< 1	<0,5	< 2	<30
C	mittel	0,65- 0,95	0,65- 0,95	1- 2,5	0,5-2,5	2-10	30-90
E	hoch	> 0,95	> 1,15	>2,5	>2,5	>10	>90

2 DÜNGUNGSMANAGEMENT VON ACKERKULTUREN UND GRÜNLAND

DAS DÜNGUNGSMANAGEMENT FÜR eine landwirtschaftliche Kultur basiert auf ihrem Nährstoffbedarf, der zum einen von der Pflanzenart und –sorte, zum anderen vom Ertragsniveau des Standortes abhängt. Als Nährstoffquellen werden einerseits Bodenvorräte, die entweder unmittelbar oder im Zuge von Mineralisierungsprozessen zur Verfügung stehen, und andererseits auch Ernterückstände genutzt. Die Verknüpfung des Nährstoffbedarfs mit der Nährstoffnachlieferung des Bodens bildet die Basis für die Ermittlung eines Nährstoff-Ergänzungsbedarfs und damit auch für die Planung des Düngungsmanagements.

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 Standortsfaktoren oder gegebenenfalls noch nach den Erfahrungen des Landwirtes zu korrigieren sind. Zusätzlich gibt es andere gleichwertige Methoden (N_{min}, N-Tester, EUF). **Bei der Bemessung der Stickstoffdüngermengen sind jedenfalls die aktuellen gesetzlichen Bestimmungen des Wasser- und Bodenschutzrechtes einzuhalten**.

2.1 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSLAGE VON ACKERKULTUREN

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 21A (Angaben in t/ha) und 21B (Angaben in hl/ha) herangezogen werden, wobei sich die Angaben auf einen mehrjährigen Durchschnitt beziehen. Das Hektolitergewicht ergibt sich aus der Kubatur des Transporters (Hänger) oder des Lagers (Silo, Flachlager etc.) und dem Gewicht eines Silodurchschnittmusters (Messung beim Landesproduktenhändler). Eine Einstufung der Ertragslage eines Standortes mit „hoch“ ist nur möglich, wenn für den überwiegenden Anteil (über 50 %) der Fläche eines Schlages:

- 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 Bodenklimazahl (=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 Bedingungen sind als gleichwertig anzusehen, daher ist die Einstufung nach nur einem einzigen Kriterium 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.

Bei den meisten Kulturen ist im oberen Ertragsbereich eine weitere Präzisierung der Düngegaben vernünftig. Daher erfolgt bei hoher Ertragserwartung eine Staffelung in drei Klassen von „hoch 1“ bis „hoch 3“.

Zu den Ackerkulturen zählen auch unterschiedliche Formen des Feldfutterbaus und die Sämereienvermehrung für Gräser und Rotklee. Da diese Arten der Ackerbewirtschaftung aus fachlicher Sicht jedoch besser zum Grünland passen, sind die Einstufungen der Ertragslagen sowie die Nährstoffempfehlungen dafür in den Tabellen für das Wirtschaftsgrünland (Tabellen 23, 31 und 35) geregelt.

Einzig die Einstufung der Untersuchungswerte für P und K (gemäß Tabellen 10 und 12) sind bei Feldfutter und Sämereienvermehrung weiterhin nach dem Acker-Schema vorzunehmen, da auf den betroffenen Flächen in der Fruchtfolge auch Ackerkulturen mit höheren Ansprüchen angebaut werden.

TABELLE 21A: EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSLAGE VON ACKERKULTUREN IN T/HA

	Kulturart	**Einschätzung der Ertragslage des Standortes (in t/ha)**				
		niedrig	mittel	hoch 1	hoch 2	hoch 3
			über..bis	über - bis	über - bis	über
Getreide	Weizen, Rohproteingehalt < 14 % idTM	< 4,5	4,5 - 6,0	6 - 7,5	7,5 - 9	9
	Weizen, Rohproteingehalt ≥ 14 % idTM	< 4,0	4,0 - 5,5	5,5 - 6,75	6,75 - 8,0	8,0
	Durum-Weizen	< 3,5	3,5 - 5,0	5,0 - 6,25	6,25 - 7,5	7,5
	Dinkel (Spelzenanteil ca. 30%)	< 3,5	3,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	7,5
	Roggen	< 3,5	3,5 - 5,5	5,5 - 7	7 - 8,5	8,5
	Wintergerste	< 4,5	4,5 - 6,0	6 - 7,5	7,5 - 9	9
	Triticale	< 4,5	4,5 - 6,0	6 - 7,5	7,5 - 9	9
	Sommerfuttergerste	< 3,5	3,5 - 5,5	5,5 - 7	7 - 8,5	8,5
	Braugerste, Hafer	< 3,5	3,5 - 5,0	5 - 6,5	6,5 - 8	8
Hackfrüchte	Körnermais	< 8,0	8,0 - 10,0	10 - 11,5	11,5 - 13	13
	Silomais (Trockenmasse)	< 13,3	13,3 - 16,7	16,7 - 18,5	18,5 - 21	21
	Silomais (Frischmasse)	< 40,0	40,0 - 50,0	50 - 57,5	57,5 - 65	65
	Zuckerrübe	< 55,0	55,0 - 75,0	75 - 85	85 - 95	95
	Futterrübe	< 60,0	60,0 - 100,0	> 100	-	-
	Speisekartoffel, Industriekartoffel	< 30,0	30,0 - 45,0	45 - 55	55 - 65	65
	Früh- und Pflanzkartoffel (Marktware)	< 15,0	15,0 - 20,0	> 20	-	-
	Körnerhirse/-sorghum	< 6,5	6,5 - 8,0	8,0 - 9,5	9,5 – 10,5	10,5
	Silohirse/-sorghum (TM)	< 14,5	14,5 - 18,0	18,0 - 20.5	20,5 - 23,0	23,0
	Silohirse/-sorghum (FM)	< 55	55 - 68	68 - 77	77 - 86	86
Öl- und Eiweiß-pflanzen	Körnerraps	< 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4,25	4,25 - 5,0	5,0
	Körnererbse	< 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0	-	-
	Ackerbohne	< 2,0	2,0 - 3,5	> 3,5	-	-
	Sojabohne	< 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0	-	-
	Sonnenblume	< 2,0	2,0 - 3,0	3 - 4	4 - 5	5
	Ölkürbis	< 0,6	0,6 - 0,8	> 0,8		
Sonder-kulturen	Mohn	< 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 0,9	0,9 - 1,0	1
	Kümmel	< 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 1,7	1,7 - 1,9	1,9
	Rotklee	< 0,3	0,3 - 0,5	> 0,5	-	-

TABELLE 21B: EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSLAGE VON ACKERKULTUREN (FÜTTERUNG) IN M^3/HA AUF BASIS VON HEKTOLITERGEWICHTEN

Ertragslage	niedrig	mittel	hoch 1	hoch 2	hoch 3	Ø kg/hl	TM in %	Bandbreite in kg/hl
	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha			
Silomais frisch	< 110	110 - 140	140 - 160	160 - 180	> 180	36	35	
Silomaissilage	< 55	55 - 70	70 - 80	80 - 90	> 90	72	35	
Körnermais – Ganzkornsilage	< 10,5	10,5 - 13	13 - 15	15 - 17	> 17	77	65	
Körnermais – Ganzkornsilage gelagert	< 9,5	9,5 - 12	12 - 14	14 - 16	> 16	83	65	
Körnermais – Maiskornschrot	< 8,5	8,5 - 11,0	11,5 - 12,5	12,5 - 14,0	> 14	92	65	
Körnermais – Maiskornschrot gelagert	< 8,0	8,0 - 10,0	10,0 - 11,5	11,5 - 13,0	> 13	98	65	
Silohirse	< 180	180 - 225	225 - 255	255 - 285	> 285	30	25	
Triticale GPS	< 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	> 120	34	35	
Winterfutter-gerste gereinigt (AGES)	< 6,5	6,5 - 8,7	8,8 - 10,9	11,0 - 13,0	>13,0	69		60 - 75
Winterfutter-gerste feldfallend (Praxis)	< 6,8	6,8 - 9,1	9,2 - 11,4	11,5 - 13,6	>13,6	66		58 - 72
Emmer (Winterung und Sommerung) mit Spelzen	< 7,5	7,6 - 10,0	10,1 - 15,0	15,1 - 18,8	> 18,8	40		35 - 42
Einkorn (Winterung und Sommerung) mit Spelzen	< 7,1	7,2 - 10,7	10,8 - 14,3	14,4 - 17,9	> 17,9	42		36 - 46
Sommer/ Winterbrau-gerste gereinigt (AGES)	<4,9	5,0 - 6,0	6,1 - 9,0	9,1 - 11,1	>11,1	72		64 - 77
Sommer/ Winterbrau-gerste feldfallend (Praxis)	<5,0	5,1 - 7,1	7,2 - 9,3	9,4 - 11,4	>11,4	70		63 - 77
Sommerdinkel (Spelzenanteil ca. 30%)	<8,8	8,9 - 13,8	13,9 - 16,3	16,4 - 18,8	>18,8	40		33 - 44
Sommer-futtergerste gereinigt (AGES)	<4,3	4,4 - 6,3	6,4 - 8,5	8,6 - 10,6	>10,6	71		62 - 76
Sommer-futtergerste feldfallend	<4,5	4,6 - 6,7	6,8 - 9,0	9,1 - 11,2	>11,2	67		59 - 73

Ertragslage	niedrig	mittel	hoch 1	hoch 2	hoch 3	Ø kg/hl	TM in %	Band-breite in kg/hl
	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha			
(Praxis)								
Sommerhafer (mit Spelzen)	<7,1	7,2 - 10,2	10,3 - 13,3	13,4 - 16,3	>16,3	49		40 - 56
Sommerhart-weizen (Durum)	4,3	4,3 - 5,6	4,7 - 7,4	7,5 - 9,3	>9,3	81		74 - 86
Sommer-roggen	<4,9	4,9 - 7,6	7,7 - 9,7	9,8 - 11,8	>11,8	72		64 - 77
Sommer-weichweizen < 14 % Rohprotein	<5,8	5,8 - 7,7	7,8 - 9,6	9,7 - 11,5	>11,5	78		70 - 84
Sommer-weichweizen ≥ 14 % Rohprotein	<5,1	5,1 - 7,0	7,1 - 8,7	8,8 - 10,8	>10,3	79		70 - 85
Winterdinkel (Spelzenanteil ca. 30%)	<8,5	8,6 - 13,4	13,5 - 15,9	16,0 - 18,3	>18,3	41		35 - 45
Winterfutter-gerste gereinigt (AGES)	<6,3	6,3 - 8,5	8,6 - 10,6	10,7 - 12,7	>12,8	71		62 - 76
Winterfutter-gerste feldfallend (Praxis)	<6,7	6,7 - 9,0	9,1 - 11,2	11,3 - 13,4	>13,4	67		59 - 73
Winterhafer	<6,9	7,0 - 9,8	9,9 - 12,8	12,9 - 15,7	>15,7	51		43 - 56
Winterhart-weizen (Durum)	<4,3	4,3 – 6,1	6,2 - 7,7	7,7 - 9,3	>9,3	81		74 - 85
Winterroggen	<4,9	5,0 - 7,6	7,7 - 9,7	9,8 - 11,8	>11,8	72		64 - 78
Wintertriticale	<6,3	6,3 - 8,3	8,4 - 10,4	10,5 - 12,5	>12,5	72		64 - 77
Winter-weichweizen < 14 % Rohprotein	<5,8	5,8 - 7,7	7,8 - 9,4	9,5 - 11,3	>11,3	80		71 - 86
Winter-weichweizen ≥ 14 % Rohprotein	<5,1	5,1 – 7,0	7,1 - 8,5	8,6 - 10,1	>10,1	81		73 - 87

2.2 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEITEN IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG UND VON ALMFLÄCHEN

2.2.1 EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSMÖGLICHKEITEN BEI DEN EINZELNEN NUTZUNGSFORMEN IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG

Die Düngung des österreichischen Grünlandes erfolgt auf sehr vielen Betrieben vorwiegend mit wirtschaftseigenem Dünger in Form von Stallmist, Jauche, Gülle oder Kompost, nur fallweise wird eine mineralische Ergänzungsdüngung vorgenommen. Die Nährstoffempfehlungen für Grünland berücksichtigen sowohl das Ertragspotenzial des Standortes als auch die darauf abgestimmte Nutzungshäufigkeit. In Gunstlagen oder in Verbindung mit Feldfutterbau ist damit auch ein höherer Viehbesatz möglich als etwa auf hochgelegenen Almflächen. Dem Standort angepasste Tierbesatzstärken stellen eine wesentliche Grundlage für die Kreislaufwirtschaft im Grünland dar, deren wesentlichste Säulen das Grundfutter und die wirtschaftseigenen Dünger sind.

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 und Höhenstufen. Die Bewirtschaftungspraxis in den meist kleinstrukturierten Betrieben schafft eine weitere Differenzierung und somit eine große Vielfalt der Grünlandnutzung in Österreich.

Die richtige, objektive Einschätzung der Ertragslage ist eine wichtige Voraussetzung für eine standortangepasste Düngung, wobei der Ertragseinschätzung im Durchschnitt der letzten 5 Jahre vorzunehmen ist. Die genaueste Methode ist die Ernte von definierten, repräsentativen Probeflächen (z.B. 1m² mittels eines Schnittrahmens) und die Bestimmung des Trockenmassegehaltes der Proben (z.B. mittels Mikrowelle). Aus den Erträgen der einzelnen Aufwüchse lässt sich nun der Jahresbruttoertrag für die jeweiligen Nutzungsformen am Betrieb errechnen. Bei schnittgenutzten Flächen kann die Ertragsermittlung auch über die geernteten Silage- bzw. Heumengen unter Berücksichtigung der entsprechenden Volumengewichte und zugehörigen Trockenmassegehalte erfolgen. Eine weitere Möglichkeit der Ertragsermittlung bietet die Bestimmung der durchschnittlichen Wuchshöhe des Pflanzenbestandes kurz vor der Ernte mittels Zollstock oder mittels „pasture plate meter“. Von der tatsächlich gemessenen Wuchshöhe muss allerdings zunächst die am Feld verbleibende Schnitt- bzw. Beweidungshöhe abgezogen werden. Dies ergibt die Erntewuchshöhe, aus der anschließend der Trockenmasseertrag ermittelt wird. Mit zunehmender Höhe des geernteten Pflanzenbestandes verringert sich dabei der TM-Ertrag (t/ha) je cm Erntewuchshöhe, da einerseits der Anteil an lockerwüchsigen Obergräsern steigt und zugleich auch der relative Anteil an dichtwüchsigen Untergräsern abnimmt. Die für die einzelnen Aufwüchse ermittelten Erntewuchshöhen (cm) werden mit dem entsprechenden TM-Ertrag/cm multipliziert und ergeben in Summe den Jahrestrockenmasseertrag in t/ha, mit dem dann die Einstufung der Ertragslage vorgenommen werden kann. Um witterungsbedingte Schwankungen auszugleichen, soll zur Einschätzung der Ertragslage der Durchschnittswert der letzten 5 Jahre verwendet werden.

TABELLE 22: ERTRAGSEINSCHÄTZUNG VON GRÜNLAND

Ø Erntewuchshöhe	t TM/cm und ha
bis 20 cm	0,11
21-40	0,08
41-60	0,06
> 61	0,05

Unbewachsene Bestandeslücken verringern den Ertrag und können somit zur Korrektur des Jahresertrages herangezogen werden. Bei einem permanenten Lückenanteil von z.B. 5% der Gesamtfläche wird der mittels Wuchshöhenbestimmung ermittelte Jahresertrag um 5% reduziert. Im Anhang sind dazu konkrete Berechnungsbeispiele angeführt.

In Tabelle 23 werden die durchschnittlichen Bruttoerträge der einzelnen Nutzungsformen in Tonnen Trockenmasse je Hektar, untergliedert in drei Ertragslagen, dargestellt. Die Zahlen fassen die standörtliche Vielfalt zusammen und sind Basis für die weiteren Düngungsempfehlungen.

TABELLE 23: EINSCHÄTZUNG DER ERTRAGSLAGE DER EINZELNEN NUTZUNGSFORMEN IM WIRTSCHAFTSGRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG AUF BASIS DES DURCHSCHNITTLICHEN ERTRAGES (BRUTTOERTRÄGE VOR ABZUG VON FELD-, WERBE-, ERNTE- UND KONSERVERUNGSVERLUSTEN)

	Ertragslage		
Nutzungsformen	niedrig	mittel	hoch
	Ø Ertrag in t TM/ha und Jahr		
Dauer- und Wechselwiesen			
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
Mähweiden (ein Weidegang entspricht 1,5 – 2,0 t TM/ha)			
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, Kulturweiden			
Ganztagsweide (> 12 Stunden)	< 6,0	6,0 – 9,0	> 9,0
Halbtagsweide (6 – 12 Stunden)	< 6,0	6,0 – 9,0	> 9,0
Stundenweide (2 – 6 Stunden)	< 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

2.2.2 EINSTUFUNG VON ALMFLÄCHEN

Almflächen sind grundsätzlich extensiv bewirtschaftete Grünlandflächen, die vorwiegend beweidet werden. Zur Abschätzung des Nährstoffbedarfs kann daher, 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 bei niedriger Ertragslage, erfolgen.

2.3 STICKSTOFFDÜNGUNG

Die Höhe der Stickstoffdüngung wird durch mehrere gesetzliche Regelungen begrenzt. Laut Wasserrechtsgesetz (WRG 1959, i.d.g.F., §32 Abs. 2 lit f) gelten für einen bewilligungsfreien Einsatz von Stickstoffdüngern (Wirtschafts- und Mineraldünger) folgende Obergrenzen:

- maximal 175kg N/ha auf Flächen ohne Gründeckung und bei nicht N-zehrender Fruchtfolge
- maximal 210kg N/ha mit Gründeckung einschließlich Dauergrünland
- maximal 210kgN/ha bei N-zehrender Fruchtfolge

Zur Berechnung dieser Obergrenze können bei Wirtschaftsfdüngern zusätzlich zu den Stall- und Lagerverlusten auch Ausbringungsverluste in Abzug gebracht werden (mineralische stickstoffhaltige Düngemittel sind jedoch ohne jegliche Verluste anzurechnen!).

Gemäß EU-Nitratrichtlinie und Aktionsprogramm Nitrat dürfen maximal 170kg N /ha aus Wirtschaftsdüngern ausgebracht werden. In diesem Fall können unvermeidbare, gasförmige Verluste im Stall und am Lager in Abzug gebracht werden.

2.3.1 STICKSTOFFDÜNGUNG VON ACKERKULTUREN

2.3.1.1 STICKSTOFFDÜNGUNG NACH RICHTWERTEN

Bei der Stickstoffdüngeempfehlung 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 24 zusammengestellt.

TABELLE 24: EMPFEHLUNGSGRUNDLAGE FÜR DIE STICKSTOFFDÜNGUNG IN KG N/HA BEI MITTLERER ERTRAGSERWARTUNG

		kg N/ha
Getreide	Weizen	110 - 130
	Roggen	80 - 100
	Dinkel	80 - 100
	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	110 - 140
	Futterrübe	120 - 140
	Speisekartoffel, Industriekartoffel	130 - 150
	Früh- und Pflanzkartoffel	90 – 110
	Körnerhirse/-sorghum	120 - 140
	Silohirse/-sorghum	140 - 160
Öl- und Eiweißpflanzen	Körnererbse, Ackerbohne	0 - 60
	Sojabohne	0 - 60
	Körnerraps	120 - 140
	Sonnenblume	40 - 60
	Ölkürbis	60 - 80
Zwischenfrucht-(futter)bau	ohne Leguminosen	40 - 80
	mit Leguminosen	0 - 40
Sonderkulturen	Mohn	50 - 80
	Kümmel: Abaujahr / Erntejahr	30 – 80 / 90 - 120

Anmerkungen zu Tabelle 24:

- Beim Anbau von Körnererbse, Ackerbohne und Sojabohne ist bei Verwendung von nicht beimpftem 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 erfolgt auf Basis der Ertragslage und des Anbauzeitpunktes ohne weitere Zu- und Abschläge.

- 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 und gesetzlich verankert. 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 fertilzer“) können von der Gabenteilung ausgenommen werden. Auch zu Hackfrüchten und Gemüsekulturen kann auf mittelschweren und schweren Böden (Tongehalt des Bodens über 15 %) der Stickstoff in einer Gabe verabreicht werden. Die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Gabenteilung sind in jedem Fall einzuhalten (z.B. Düngever- und gebote, Hanglagendüngung, Sperrfristen des Aktionsprogramms Nitrat oder Schongebietsverordnungen)

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, zum Schossbeginn, vor dem Ährenschieben) empfohlen. Die dritte Gabe soll zu Lasten der ersten Gabe betont werden. Eine Düngung mit rasch wirksamen Stickstoffdüngern im Herbst wird im Allgemeinen nicht empfohlen. Nach einer stark stickstoffzehrenden Kultur wie Silo- oder Körnermais kann eine Anbaudüngung (20-30 kg/ha) sinnvoll sein.

Bei **Wintergerste, Winterroggen und Wintertriticale** ist eine Gabenteilung auf 2 - 3 Angebotstermine sinnvoll. Eine Herbstdüngung in der Höhe von 20-30 kg N (jahreswirksam) ist üblicherweise ausreichend.

Im Falle einer Einarbeitung von Maisstroh mit einem nicht wendenden Bodenbearbeitungsgerät können zu Wintergetreide höhere Mengen sinnvoll sein, wobei die Vorgaben des AP Nitrat einzuhalten sind.

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

Bei **Körnerraps** soll im Herbst eine mäßige Düngung (40 – 60kg N/ha) erfolgen. Die Stickstoffdüngung im Frühjahr ist auf die Entwicklung zu Beginn der Vegetationsperiode abzustimmen. In schwachen Beständen (weniger als 6 Blätter) soll 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 Phosphat und eventuell stickstoffhaltigen Düngemitteln bei der Saat kann auf schweren Böden mit verzögerter Erwärmung günstig sein.

Bei **Beregnung** soll die mit dem Beregnungswasser zugeführte Nitrat-Stickstoffmenge ab einer Menge von 10 kg/ha berücksichtigt werden (siehe Tabelle 25).

TABELLE 25: BERECHNUNG DES STICKSTOFFEINTRAGES DURCH DAS BEREGNUNGSWASSER 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

	mm Beregnungswasser			
170	19	38	58	77
180	20	41	61	81
190	21	43	64	86
200	23	45	68	90

2.3.1.2 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 26 angeführt. Als Basis dient jeweils die in Tabelle 24 angegebene Empfehlungsgrundlage.

TABELLE 26: ZU- UND ABSCHLÄGE BEI DER STICKSTOFFDÜNGUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DEN STANDORTFAKTOREN, ANGABEN IN % VOM WERT DER EMPFEHLUNGSGRUNDLAGE FÜR MITTLERE ERTRAGSERWARTUNG.

Standorteigenschaft	Einstufung	Korrektur
	niedrig	- 20 %
Ertragserwartung	mittel	0
	hoch 1	+ 20 %
	hoch 2	+ 30 %
	hoch 3	+40 %
Gründigkeit	seicht, mittel	0
	tief	+ 5 %
	sehr leicht, leicht	- 5 %
Bodenschwere	mittelschwer	0
	schwer, sehr schwer	+ 5 %
N-Mineralisierungspotential des Standortes	niedrig	+ 10 %
	mittel	0
	hoch	- 15 %
	sehr trocken	- 5 %
Wasserverhältnisse	trocken bis mäßig feucht	0
	feucht, nass	- 5 %
	kein Grobanteil	0
Grobanteil	gering bis mäßig	0
	hoch bis vorherrschend	- 5 %

Sonderregelungen zu Tabelle 26:

- 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.

- Die Zuschläge bei Vorliegen einer hohen Ertragslage 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.

Bei den möglichen Zuschlägen in Abhängigkeit der Standortfaktoren sind die Vorgaben des Aktionsprogramms Nitrat hinsichtlich der Obergrenzen für die Stickstoffdüngung je Kultur und Ertragslage entsprechend zu beachten.

2.3.1.3 STICKSTOFFDÜNGUNG NACH N_{MIN} FÜR WINTERGETREIDE, TRITICALE UND MAIS

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

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 für Wintergetreide zu Vegetationsbeginn im Februar oder März, für Mais im Zwei- bis Sechsblatt – Stadium.

TABELLE 27: 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 Vegetations-beginn (kg/ha N)	**Andüngung zu Vegetations-beginn**	**Bestockungs-ende, Beginn des Schossens**	**Ende des Schossens, Beginn des Ährenschiebens**	**Gesamt-düngung**
< 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 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 nachfolgenden Düngergaben sind um diese Menge 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 28: 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 Vegetations-beginn (kg/ha N)	Vegetations-beginn	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 28:

- 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 um diese Menge 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 29: 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 Vegetations-beginn (kg/ha N)	Vegetations-beginn	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

Der N_{min} – Sollwert für Mais beträgt zu Kulturbeginn 180 bis 200kg N/ha.

TABELLE 30: 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.

2.3.1.4 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-NO_3-N bzw. EUF-N_{org} entspricht einer Verfügbarkeit von 44 kg N/ha.

Angebot an kg N/ha aus Boden = mg NO_3 x 44 + mg N_{org} x 44 + (EUF-N_{org}II/EUF-N_{org}I) x 150-75

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

1 mg EUF-NO_3-N bzw. EUF-N_{org} entspricht einer Verfügbarkeit von 44 kg N/ha.

Angebot an kg N/ha aus Boden = mg NO_3 x 35 + mg N_{org} x 21 + (EUF-N_{org}II/EUF-N_{org}I) x 80-40

N-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 Ertragserwartung 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.

2.3.1.5 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 Pflanzenschutzmitteln, Verwendung von Strobilurinen, feuchte Blätter (Niederschlag, Tau), und das Ertragsniveau. Das Messergebnis ermöglicht auch keinen Hinweis auf die zukünftige N-Nachlieferung aus dem Boden.

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 nicht berücksichtigt.

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/service/service-landwirtschaft/sorte/sortenkorrekturwerte-n-tester/) abgerufen werden.

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 (siehe oben) abrufbar.

Berücksichtigung weiterer Faktoren

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.

Schlag- und teilflächenspezifischen N-Bedarfsermittlung mit sensorgestützten Mess-Systemen

Moderne sensorgestützte Mess-Systeme erfassen zum Chlorophyll-Gehalt auch die Biomasse und somit die aktuelle N-Aufnahme der Pflanzen. Auch Satelliten-Technologien werden für die Ermittlung von Vegetationsindices zum Versorgungszustand herangezogen. Nach wissenschaftlicher Prüfung dieser Verfahren in Feldversuchen wird die N-Düngung noch sachgerechter entsprechend der N-Nachlieferung aus dem Boden, dem aktuellen N-Versorgungsstatus der Pflanzen und dem voraussichtlichen Bedarf erfolgen können, womit die N-Effizienz weiter verbessert wird.

2.3.2 STICKSTOFFDÜNGUNG IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG

Altes Dauergrünland besitzt meist relativ große Humusreserven und oftmals einen hohen Leguminosenanteil, der ebenfalls Beachtliches zur Stickstoffversorgung der Pflanzenbestände beitragen kann. Es ist dadurch auf vielen Grünlandflächen möglich, auch ohne mineralische Stickstoffdüngung ein gutes Ertragsniveau zu erzielen.

Eine zusätzliche Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern im Grünland kann bei gräserbetonten Beständen in Abstimmung mit der Wirtschaftsdüngergabe sinnvoll sein, sofern der Standort nachhaltig zur Erzielung von hohen bis sehr hohen Erträgen geeignet ist.

Bei den in Tabelle 31 angegebenen Werten für die Stickstoffdüngung von Grünland handelt es sich um Empfehlungen, die sich an der vorliegenden Ertragslage sowie an der Nutzungsform und –häufigkeit orientieren. Innerhalb der jeweils angegebenen Spannweite kann der Landwirt aufgrund seiner Erfahrung hinsichtlich der Standorteigenschaften (Wüchsigkeit, Leguminosenanteil, Blattfarbe etc.) über die tatsächlich zu düngende N-Menge entscheiden. Die im österreichischen Aktionsprogramm „Nitrat“ enthaltenen Einschränkungen und Auflagen zur N-Düngung sind dabei jedenfalls 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 Grünlandsystem ein. Dazu wird noch über die Mineralisation Stickstoff aus dem Bodenvorrat für die Pflanzen freigesetzt. Diese beiden Stickstoffquellen sind bei den in Tabelle 31 angeführten Empfehlungswerten für die Stickstoffdüngung bereits berücksichtigt, wodurch die angegebenen Werte auch deutlich unter den tatsächlichen Entzugszahlen liegen. Bei kleereichen Feldfuttermischungen kann bei guter Entwicklung der Leguminosen im ersten Hauptnutzungsjahr auf eine N-Düngung sogar verzichtet werden. Geht der Kleeanteil jedoch auf Werte unter 30 Flächen-% zurück, so soll die N-Versorgung des verbleibenden Bestandes vorwiegend mit Wirtschaftsdüngern aufrechterhalten werden.

Die Werte in Tabelle 31 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. Zur besseren Nährstoffversorgung der einzelnen Aufwüchse und zur Vermeidung von Nährstoffüberhängen soll in jedem Fall die Jahresdüngermenge in mehreren Teilgaben ausgebracht werden.

TABELLE 31: EMPFEHLUNGSGRUNDLAGE FÜR DIE STICKSTOFFDÜNGUNG IN KG/HA UND JAHR IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG

	Ertragslage		
Nutzungsformen	niedrig	mittel	hoch
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha
Dauer- und Wechselwiesen			
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
Mähweiden			
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 (> 12 Stunden)	40 - 60	80 - 100	120 – 140
Halbtagsweide (6 – 12 Stunden)	50 - 70	90 - 110	130 – 160
Stundenweide (2 – 6 Stunden)	60 - 80	100 - 130	140 – 180
Hutweiden	0 - 20	20 – 30	-
Feldfutter			
Kleebetont (über 40 Flächen-%)	0 - 40	0 - 40	0 – 40
Gräserbetont	60 - 100	140 - 180	210
Gräserreinbestände	-	160 - 200	210
Sämereienvermehrung			
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 31:

- Die für Mähweiden und Dauerweiden angeführten Empfehlungen verstehen sich als Summe aus N-Ausscheidungen auf der Weide sowie einer allfälligen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und/oder Mineraldüngern. Bei kleebetonten Feldfutterbeständen ist eine Start- oder Herbstdüngung im Ausmaß von bis zu 40 kg N/ha möglich.

- Empfehlungen werden üblicherweise auf Basis des Mittelwertes der oben angegebenen Spanne erstellt, ein Ausschöpfen der gesamten Spanne gilt jedoch ebenfalls als sachgerecht.

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 pflanzenbaulicher Sicht nachfolgende, über die 210 kg-Grenze hinausgehende N-Düngemengen gerechtfertigt sein können.

Dauer- und Wechselwiesen

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

Ungeachtet einer allfälligen Bewilligung gemäß Wasserrechtsgesetz 1959 idgF sind die Vorgaben des Aktionsprogramms Nitrat hinsichtlich der Begrenzung der Stickstoffdüngung mit Wirtschaftsdünger zu beachten.

Die Ausbringungsmenge pro Aufwuchs und Hektar soll 35 bis 40 kg N_{jw} nicht überschreiten. Die Ausbringungsmenge pro Aufwuchs und Hektar soll bei unverdünnter Rindergülle (ca. 8 % TM) 15-17 m³ und bei Jauche (ca. 2 % TM) 20 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 sollen zur Erhaltung von harmonischen Pflanzenbeständen sowie zur Vermeidung von Futterverschmutzung in kleineren, mehrmaligen Einzelgaben pro Jahr gut auf den Flächen verteilt werden. Dadurch bestehen auch eine geringere Verunkrautungsgefahr und ein geringeres Risiko zur Futterverschmutzung. Die Nährstoffe, insbesondere der Stickstoff, können besser genutzt werden und die Futterinhaltsstoffe bleiben in den erwünschten Bereichen (z.B. Kalium unter 30 g/1000 g TM).

Kleereichere und extensiv geführte artenreiche Pflanzenbestände sowie kleebetontes Feldfutter sollen aufgrund ihres geringen Stickstoffbedarfs eher mit langsam wirkenden N-Quellen, d.h. bevorzugt mit Stallmist, Rottemist oder Kompost versorgt werden. Gräserreiches Grünland und Gräserreinbestände benötigen hingegen N-Dünger mit einem hohen Anteil an leichtlöslichem und rasch verfügbarem Stickstoff, d.h. hier können bevorzugt Gülle, Jauche oder im Bedarfsfall auch mineralischer Stickstoff zum Einsatz kommen.

2.4 DÜNGUNG MIT PHOSPHOR UND KALIUM

2.4.1.1 PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG IM ACKERBAU

Die Düngeempfehlung für Phosphor und Kalium basiert auf der Einstufung der pflanzenverfügbaren Gehalte im Boden. Liegt eine Versorgung gemäß Gehaltsklasse C vor, erfolgt eine Düngung in der Höhe der in Tabelle 32 angegebenen Richtwerte unter Berücksichtigung der in den Tabellen 33 und 34 angeführten Korrekturen aufgrund der vorliegenden Standorteigenschaften.

TABELLE 32: RICHTWERTE FÜR DIE DÜNGUNG MIT PHOSPHOR UND KALIUM BEI GEHALTSKLASSE C (ANGABEN IN KG/P_2O_5 BZW. K_2O/HA UND JAHR)

	Kultur	P_2O_5	K_2O
Getreide (Weizen, Durum – Weizen, Roggen, Wintergerste, Dinkel, Triticale, Hafer, Sommergerste (Futter-und Braugerste)		55	80
Hackfrüchte	Mais (CCM, Körnermais)	85	200
	Silomais	90	225
	Zuckerrübe	85	320
	Futterrübe	85	320
	Speise- und Industriekartoffel	65	200
	Früh- und Pflanzkartoffel	60	180
	Körnerhirse/-sorghum	85	210
	Silohirse/-sorghum	95	375
Öl- und Eiweißpflanzen	Körnererbse	65	100
	Ackerbohne	65	120
	Sojabohne	65	90
	Körnerraps	75	200
	Sonnenblume	65	200
	Ölkürbis	50	180
Zwischenfruchtfutterbau,	mit und ohne Leguminosen	25	80
Sonderkulturen	Mohn	55	100
	Kümmel	60	80

Gemäß der Einstufung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium (nach ÖNORM L 1087) sind die in Tabelle 33 angeführten Korrekturfaktoren für die in Tabelle 32 angegebenen Werte zu berücksichtigen.

TABELLE 33: KORREKTURFAKTOREN FÜR DEN WERT AUS TABELLE 32 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GEHALTSKLASSE FÜR ACKERKULTUREN

		P_2O_5				K_2O
Gehalts-klasse	Spezifikation	Korrektur-faktor			Spezifikation	Korrektur-faktor
A		1,5				1,5
B		1,25				1,25
C1		1				1
C2	90 - 111 mg/1000g P	0,5	Getreide, Stärkeindusrtrie-kartoffel	Ton < 15%	148 - 178 mg/1000g K	0,5
				Ton 15 - 25%	177 - 212 mg/1000g K	
				Ton > 25%	205 - 245 mg/1000g K	
			übrige Kulturen	Ton < 15%	148 - 178 mg/1000g K	0,75
				Ton 15 - 25%	177 - 212 mg/1000g K	
				Ton > 25%	205 - 245 mg/1000g K	
D1	Unterschreitung des Mindest-gehalts gem. Tab 11, > 15% Ton*	0,5				0,5
D2		0	Getreide			0
E		0				0

*… P-Gabe als Unterfußdüngung

Für die Gehaltsklassen C, D und E ist eine Nährstoffzufuhr durch hofeigene Wirtschaftsdünger in der Höhe des Pflanzenentzugs tolerierbar.

Die Düngungsempfehlung kann bei Vorliegen von Gehaltsklasse C1 durch eine lineare Interpolation zwischen den Faktoren 1 und 0,5 auf der Basis der exakten Bodenuntersuchungsergebnisse präzisiert werden.

Die Empfehlungen für die Düngung mit P und K sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten.

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 dafür vorgesehenen Zu- und Abschläge sind in Tabelle 34 angeführt.

TABELLE 34: ANPASSUNG DER PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG AN DIE STANDORTSEIGENSCHAFTEN (GILT AUSSCHLIESSLICH FÜR BÖDEN MIT EINER NÄHRSTOFFVERSORGUNG 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

*gilt für alle Gehaltsklassen

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

2.4.1.2 PHOSPHOR- UND KALIUMDÜNGUNG IM GRÜNLAND, FELDFUTTERBAU UND IN DER SÄMEREIENVERMEHRUNG

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 soll jedenfalls dann erfolgen, wenn entweder eine Anwendung von Wirtschaftsdüngern nicht möglich ist, die P- oder K-Gehalte im Boden die Gehaltsklasse C unterschreiten oder ein Ausgleich eines ungünstigen P/K - Verhältnisses im Wirtschaftsdünger (z.B. Jauche) notwendig ist.

Die Phosphat- und Kaliumdüngung erfolgt bei einer Nährstoffversorgung der Gehaltsklasse C nach den Empfehlungen der Tabelle 35. 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_20_5 bzw. 2,2 und 2,6 kg K_20 angerechnet. In der Praxis können die Entzüge an P_2O_5 und K_2O unter Berücksichtigung der Nachlieferung aus dem Boden auch höher sein. Die in Tabelle 35 angeführten Empfehlungen für Mähweiden und Dauerweiden verstehen sich als Summe aus P- und K-Ausscheidungen auf der Weide sowie einer allfälligen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und/oder Mineraldüngern.

TABELLE 35: EMPFEHLUNGEN FÜR DIE DÜNGUNG DES GRÜNLANDES MIT PHOSPHOR UND KALIUM BEI EINER NÄHRSTOFFVERSORGUNG DER GEHALTSKLASSE C IM BODEN (ANGABEN IN KG P_20_5 UND K_20 PRO HA UND JAHR)

	Ertragslage					
	niedrig		mittel		hoch	
Nutzungsformen	P_20_5	K_20	P_20_5	K_20	P_20_5	K_20
Dauer- und Wechselwiesen						
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
Mähweiden						
1 Schnitt + 1 bis 2 Weidegänge	40	120	50	140		
2 Schnitte + 1 bis 2 Weidegänge	-	-	60	190	80	225
2 Schnitte + 2 oder mehr Weidegänge	-	-	80	215	100	290
Dauerweiden, Kulturweiden						
Ganztagsweide (> 12 Stunden)	30	80	55	145	80	215
Halbtagsweide (6 – 12 Stunden)	35	105	60	160	90	260
Stundenweide (2 – 6 Stunden)	45	130	70	190	100	290
Hutweiden	10	20	20	40	-	-
Feldfutter						
kleebetont (über 40 % der Fläche)	50	155	65	190	95	310
gräserbetont	50	145	70	205	125	365
Gräserreinbestände	-	-	70	225	135	390
Sämereienvermehrung						
Alpingräser	40	70	60	120	-	-
Gräser für das Wirtschaftsgrünland	60	80	80	160	100	220
Rotklee	80	160	100	200	120	240

TABELLE 36: ZUSCHLAGSFAKTOREN FÜR DIE WERTE AUS TABELLE 35 IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GEHALTSKLASSE FÜR GRÜNLAND

	Korrekturfaktor	
Gehaltsklasse	P_2O_5	K_2O
A	1,5	1,5
B	1,25	1,25
C	1	1
D	0	0
E	0	0

Bei Vorliegen der Gehaltsklasse D oder E ist eine Rückführung von P und K aus Wirtschaftsdüngern möglich.

Bei einem pH-Wert des Bodens über 6,0 kommt weicherdiges Phosphat (z.B. Hyperphosphat) nicht mehr zur Wirkung. Ab diesem pH- Wert wird daher der Einsatz von aufgeschlossenen Phosphaten (z.B. Superphosphat) empfohlen.

Für Feldfutter und für die Sämereienvermehrung 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 K_2O je ha in einer Gabe auszubringen. Darüber hinausgehende Bedarfswerte erfordern eine Teilung der Gaben.

2.5 DÜNGUNG MIT MAGNESIUM IM ACKER- UND GRÜNLAND

Die in Tabelle 37 angeführten empfohlenen 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 zur Magnesiumversorgung auch magnesiumhältige Düngekalke eingesetzt werden, auf gut mit Kalk versorgten Böden ist hingegen die Verwendung von Kieserit oder Bittersalz zu empfehlen. Bei gleichzeitigem Kalium- und Magnesiummangel eignet sich der Einsatz von Patentkali. 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 (KG MGO/HA UND JAHR)

		Verhältnis Kalium : Magnesium K (mg/1000g, CAL) : Mg (mg/1000g, Schachtschabel)	
Gehaltsklasse	Versorgung	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.

2.6 DÜNGUNG MIT KALK

2.6.1 VERBESSERUNGSKALKUNG

Eine Verbesserungskalkung ist nur auf Basis einer Bodenuntersuchung (pH-Wert, ev. austauschbare Kationen), bei der in Abhängigkeit von der Nutzungsart und der Bodenart der Kalkdüngebedarf ermittelt wird, durchzuführen.

Dabei wird zunächst der pH-Wert gemäß ÖNORM L 1083 ($CaCl_2$) bestimmt und auf Basis der Einschätzung des Landwirtes hinsichtlich der standörtlichen Bodenschwere oder durch die Korngrößen- oder Tonbestimmung die weitere Vorgangsweise festgelegt. Keine Empfehlung für eine Verbesserungskalkung erfolgt auf:

- schweren Böden bei pH Werten größer gleich 6,5 (Ackerland) und größer gleich 6,0 (Grünland),
- mittelschweren 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, wodurch günstigere Bedingungen zur Vermeidung von Schorf bei Kartoffel gegeben sind. Bei kalkbedürftigen Kulturen wie Gerste, Raps oder Weizen kann es jedoch bereits zu geringen Ertragseinbußen kommen. Speziell für diese Betriebe ist die Kalkdüngeempfehlung 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 H+-Ionen gebunden. Die pH-Wertsenkung durch die gebildete Essigsäure ist dem Kalkbedarf des Bodens proportional und der entsprechende Kalkbedarf wird wesentlich aus der pH-Absenkung dieser Pufferlösung mitbestimmt.

TABELLE 38: KORRESPONDIERENDE PH-WERTE GEMÄß ÖNORM L 1083 ($CACL_2$) 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 5.1 „Berechnung der Kalkdüngungsempfehlung“ angeführten Formel, zusammengefasst.

TABELLE 39: KALKBEDARF IN ABHÄNGIGKEIT VON PH ($CACL_2$) 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 ($CACL_2$) 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 ($CACL_2$) 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

Zusätzlich zu dem so ermittelten Bedarf wird bei mittelschweren und schweren Böden auch der Erhaltungskalkungsbedarf (siehe nachfolgendes Kapitel) in der Höhe von 1,25 t CaO/ha bis zur nächsten Bodenuntersuchung einmalig mitberücksichtigt und zu den gemäß den Tabellen 39-42 ermittelten Werten addiert.

2.6.2 ERHALTUNGSKALKUNG

Eine Erhaltungskalkung dient zum Ausgleich der natürlichen Versauerung durch Auswaschung, Entzug, Säureeinträge oder 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. Eine Bilanzierung kann zur genaueren Spezifizierung des Zeitraumes beitragen (siehe Kapitel 5.2 „Kalkbilanzierung“).

TABELLE 43: KALKBEDARF VON ACKER- UND GRÜNLAND IN ABHÄNGIGKEIT VON BODENSCHWERE UND PH-WERT IM ZEITRAUM VON 4 – 6 JAHREN

Bodenschwere	pH-Wert kleiner als	Kalkbedarf (t/ha CaO)
Ackerland		
leicht	5,75	0,5
mittel	6,25	1,25
schwer	6,75	2,0
Grünland		
leicht	5,25	0,5
mittel	5,75	0,75
schwer	6,25	1,0

Der Kalkbedarf von Böden wird üblicherweise in t CaO pro ha ausgewiesen, zur Bestimmung der entsprechenden Menge an Kalkdüngemittel sind die Bedarfszahlen mit den in Tabelle 43 angegebenen Faktoren zu multiplizieren.

TABELLE 44: 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	3,0

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.

Auch die Verwendung von Pflanzenaschen führt im Allgemeinen zu einer Erhöhung des pH-Wertes. Zur sachgerechten Anwendung dieses Sekundärrohstoffes wird auf die Fachbeiratsbroschüre „Sachgerechte Anwendung von Pflanzenaschen in der Landwirtschaft“ verwiesen (BMLFUW, 2011).

2.6.3 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:

Kalkbedarf (kg CaO/ha) = 4400 - 70 x CaI - 85 x CaII + 80 x Tongehalt in %

Der Tongehalt ergibt sich aus dem Gehalt an Kalium-selektiven Mineralien (EUF-KSM), der aus den EUF-K-Fraktionen 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 Kalkdüngeempfehlung so vermindert, dass eine Obergrenze von maximal 1t CaO/ha eingehalten wird. Dadurch wird berücksichtigt, dass der anzustrebende pH-Wertbereich auf leichten Böden niedriger als auf den übrigen Böden liegt.

2.7 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 auf leichten, sandigen, flachgründigen, humusarmen Böden, die keine oder nur sehr geringe Mengen an organischen Düngern erhalten, nach hohen Winterniederschlägen zuerst Mangelsymptome zu bemerken.Vor allem die jüngeren Blätter erscheinen ähnlich wie bei einem Stickstoffmangel hellgrün, , bei Raps sind die Blüten gelblich-weiß.

Zur genauen Charakterisierung der Schwefelversorgung ist neben der Bodenanalyse (S_{min}-Gehalt, EUF-S-Gehalt) auch eine Blattanalyse geeignet.Wegen des hohen Aufwandes für die Probenziehung, des zu späten Zeitpunktes für Düngungsmaßnahmen sowie den damit verbundenen Kosten wird dieses Verfahren meist nur zu Versuchszwecken herangezogen.

TABELLE 45: SCHWEFELDÜNGUNG IM ACKERBAU UND GRÜNLAND

Kulturart	Düngemenge in kg S/ha	Düngezeitpunkt
Winterraps	30 – 60	Vegetationsbeginn
Getreide, Leguminosen	10 – 30	Vegetationsbeginn
Mais	20 - 50	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	Meist über die 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 hingegen die Mineralisierung im Vegetationsverlauf zu spät.

Die Schwefeldüngung kann über Stickstoff- und Mehrnährstoffdünger erfolgen. Bei regelmäßiger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (durchschnittlicher Schwefelgehalt bei Wirtschaftsdüngern ca. 8% des Stickstoffgehaltes ab Lager) kann auf zumindest mittelschweren und tiefgründigen Böden die S-Zufuhr aus Mineraldüngern entsprechend reduziert werden.

2.8 DÜNGUNG MIT SPURENELEMENTEN

Spurenelemente sind essentielle Nährstoffe, 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 Chlor für Arten, die von maritimen Klimagebieten oder salinen Standorten stammen (Wachstumsförderung bei Rüben, Raps, Spinat und Kohlarten). Ein Mangel an Kobalt ist kaum bekannt, weshalb Kobalt auch nicht gedüngt wird. Die Chlorversorgung erfolgt in der Regel als Begleitanion 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 46: SPURENNÄHRSTOFFBEDARF WICHTIGER ACKERKULTUREN (MODIFIZIERT NACH KERSCHBERGER UND MARKS, 2000)

		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 Eiweiß-pflanzen	Erbse, Wicke	0	0	++	+	0
	Ackerbohne	+	+	0	+	+
	Sojabohne	+	0	++	0	0
	Raps	++	0	+	+	0
	Sonnenblume	++	++	+	0	0
Sonder-kulturen	Hanf	+	0	0	+	0
	Flachs, Öllein	+	+	0	0	++
	Mohn	++	0	0	0	0
	Senf	+	++	0	+	0
Futter-pflanzen	Rotklee	+	+	+	++	+
	Luzerne	++	++	+	++	+
	Wiese, Weide	0	+	+	0	0

0 niedriger Bedarf
+ mittlerer Bedarf
++ hoher Bedarf

2.8.1 BOR (B)

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-Wertsenkung 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) sollen 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-Wertbereich 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 Bormangel durch gedrungenen Wuchs und geringeren Ansatz von Knöllchenbakterien. Bei Luzerne kommt es zur Spitzenvergilbung der obersten Blätter, bei Kleearten vergilben die jüngeren Blätter und können rote Ränder ausbilden.

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 Unterversorgung und zu borbedürftigen Pflanzen empfehlenswert.

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

TABELLE 47: 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

2.8.2 KUPFER (CU)

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 mg/kg) kann über alle pH-Wetbereiche auftreten.

Kupfermangel

Getreide nimmt bereits während der Bestockung das meiste Cu auf.

Die Beweglichkeit von Kupfer innerhalb der Pflanze ist gering, deshalb treten Mangelerscheinungen in den jüngsten Blättern auf. Cu-Mangelsymptome sind Spitzenchlorose, Eindrehungen, Verkrümmungen und Welken der jüngsten Blätter; meist unterbleibt die Ähren- bzw. Rispenbildung (Weißspitzigkeit oder 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 soll eine Kupferdüngung bereits zur Bestockung erfolgen, da bei Mangelerscheinungen zum Ährenschieben eine Düngung wirkungslos bleibt. Auch soll eine Kupferdüngung mit einer Mangandüngung kombiniert werden, da Kupfer eine Verdrängungswirkung von Mangan zur Folge hat.

In viehhaltenden Betrieben ist eine ausreichende Kupferversorgung meist über die Wirtschaftsdünger gegeben.

TABELLE 48: EMPFOHLENE CU- DÜNGUNG (KG CU/HA) IN ABHÄNGIGKEIT VOM CU-GEHALT DES BODENS

Gehaltsklasse	Bodendüngung	Blattdüngung
A niedrig	5-10	0,5
C mittel	1-3	0,5
E hoch	0	0

2.8.3 ZINK (ZN)

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-Wertbereich möglich.

Zinkmangel

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

Zinkdüngung

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

TABELLE 49: EMPFOHLENE ZINKDÜNGUNG (KG ZN/HA) IN ABHÄNGIGKEIT VOM ZN-GEHALT DES BODENS

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

2.8.4 MANGAN (MN)

Mit Ausnahme typischer Mangelstandorte (podsolige Sande und humose, lockere eventuell aufgekalkte Sande, leichte Böden mit pH-Werten > 6,5) ist meist 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. Es besteht durch den ähnlichen Ionenradius ein Antagonismus zwischen Mn^{2+} - und Ca^{2+} -Ionen 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 soll 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 50: EMPFOHLENE MANGANDÜNGUNG (KG MN/HA) IN ABHÄNGIGKEIT VOM MN-GEHALT DES BODENS

Gehaltsklasse	Bodendüngung	Blattdüngung
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

2.8.5 EISEN (FE)

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 mg/kg) treten fast nur im alkalischen Bereich auf, bei einem pH < 7 liegen die Gehalte durchwegs in der mittleren bis hohen Gehaltsklasse.

Eisenmangel

Die meisten Kulturpflanzen können ihren Eisenbedarf ohne zusätzliche Düngung decken. Absoluter Eisen-Mangel 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 bei Mais und Soja, insbesondere aber bei Beerenobst und Reben Eisenmangel auftreten (Interkostalchlorose). Eisenchlorose kann auch in nassen Jahren unter staunassen Bedingungen auftreten.

Eisendüngung

Eine vorbeugende Anwendung von Eisensalzen ist aufgrund der Festlegung insbesondere in Böden mit höherem pH-Wert nicht sinnvoll. Eine Düngung ist in erster Linie beim Auftreten von Mangelsymptomen angezeigt. Auf kalkfreien, sauren Böden können Eisensalze wie Eisensulfat verwendet werden, auf klakhaltigen Böden mit höherem pH-Wert haben sich Chelatdünger bewährt. In akuten Fällen können auch Blattspritzungen mit Eisensulfat oder Eisenchelaten in 1-2 %iger Lösung (Getreide: 0,5 – 1,5 kg/ha) angewandt werden. Darüber hinaus kann durch Anbau geeigneter Sorten und durch Verbesserung der Bodenstruktur die Fe-Verfügbarkeit verbessert werden.

2.8.6 MOLYBDÄN (MO)

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. Als Bestandteil der Nitrogenase ist es für die Stickstofffixierung durch die Knöllchenbakterien der Leguminosen von wesentlicher Bedeutung. Als Bauteil der Nitratreduktase ermöglicht Mo den Pflanzen die Umwandlung des aufgenommenen Nitrats zu Ammonium und den Einbau in Aminosäuren, den Bausteinen des Eiweißes.

Molybdänmangel

Molybdänmangel tritt sehr selten auf. Insbesondere bei Düngung mit Stickstoff 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 Bestand ein „scheckiges“ Aussehen verleiht.

Molybdändüngung

Durch Kalkung kann ein Mo-Mangel im Allgemeinen beseitigt werden. Der jährliche Entzug beträgt lediglich 5-12 g Mo/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)!

2.9 MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER DÜNGUNG AUF LUFT, WASSER UND KLIMA

Der Einsatz von Düngemitteln hat nicht nur Auswirkungen auf das System Boden/Pflanze, sondern muss auch im Zusammenhang mit den Themen Luft- und Wasserqualität sowie Klimaschutz betrachtet werden. Ziel eines nachhaltigen Düngemitteleinsatzes soll es daher auch sein, negative Auswirkungen auf das Klima, die Luft und das Wasser möglichst zu vermeiden oder so gering wie möglich zu halten. Im Folgenden wird auf diese drei Umweltapekte kurz eingegangen:

Düngung und Treibhausgase

Das Treibhausgas Lachgas (N_20) wird vorwiegend bei reduktiven Bedingungen im Boden (Sauerstoffmangel) durch Abbauprozesse stickstoffhaltiger Substanzen und im Zuge der Güllelagerung freigesetzt. Lachgas besitzt eine etwa 300 mal so hohe Treibhausgaswirksamkeit wie Kohlenstoffdioxid. Bei

der Lagerung von Wirtschaftsdüngern wird darüber hinausgehend auch das Treibhausgas Methan (CH_4) emittiert, das um einen Faktor 25 stärker als CO_2 wirkt. Methan ensteht durch anaerob ablaufende Gär- und Zersetzungsprozesse von organischem Material.

Der diesbezüglich vom Umweltbundesamt jährlich erstellte Bericht kann unter http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/emissionsinventur/emiberichte/ heruntergeladen werden.

Düngung und Luftqualität

Ammoniak (NH_3) entsteht hauptsächlich beim Abbau von organischem und mineralischem Dünger sowie bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle/Jauche. NH_3 ist an der Bildung versauernder und eutrophierender Schadstoffe und sekundärer Partikel (Feinstaub) beteiligt.

Der entsprechende vom Umweltbundesamt jährlich erstellte Bericht kann unter http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/emissionsinventur/emiberichte/ heruntergeladen werden.

Düngung und Wasserqualität

Nitrat (NO_3) wird einerseits im Boden durch Mineralisierung organischer Substanzen gebildet, andererseits kann es dem Boden auch unmittelbar als Stickstoffdünger zugeführt werden. Nitrat kann im Boden kaum gespeichert werden. Das nicht von Pflanzen aufgenommene Nitrat kann daher ausgewaschen werden und ins Grundwasser gelangen. Wesentliche Grundlage für Regelungen und Vorschriften im Bereich der Stickstoffdüngung ist die EU-Nitratrichtlinie aus dem Jahr 1991. In Österreich wird diese Richtlinie mit dem Aktionsprogramm Nitrat umgesetzt, das die Bedingungen und Verfahren sowie zahlreiche Einschränkungen für die Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln festschreibt.

Gemäß den Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie ist alle 4 Jahre ein Bericht über die gesetzten Maßnahmen und deren Wirksamkeit zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen zu legen. Dieser Bericht kann auf der Webseite des BMLFUW unter https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-eu-international/europaeische_wasserpolitik.html heruntergeladen werden.

Darüber hinaus werden auch im Rahmen des Österreichischen Umweltprogrammes (ÖPUL) freiwillige Förderungsmaßnahmen angeboten, die sich dem Gewässerschutz widmen.

3 BEWERTUNG UND WIRKSAMKEIT VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN, KOMPOSTEN, FERMENTATIONS- UND ERNTERÜCKSTÄNDEN

WIRTSCHAFTSDÜNGER SIND WERTVOLLE Mehrnährstoffdünger und in viehhaltenden Betrieben ein unverzichtbares Element der Kreislaufwirtschaft. Durch die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und den Verbleib von Ernterückständen auf dem Feld kommt es zu einer Rückführung von Nährstoffen in den Boden. Diese Nährstoffe sind bei der Düngeplanung entsprechend zu berücksichtigen.

3.1 ARTEN VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN

Folgende Wirtschaftsdüngerarten können unterschieden werden:

Festmist - ein Gemisch aus Kot und Harn mit Einstreu und Futterresten. Dazu kommt ein Teil des anfallenden Harns, der von der Einstreu aufgesaugt und gebunden wird.

Tiefstallmist - in Laufställen 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.

Jauche - besteht vorwiegend aus Harn, kann aber auch Sickersaft von Festmiststapeln und geringe Mengen an Kot- und Einstreu enthalten.

Gülle und Jauche werden auch als Flüssigmist bezeichnet, womit die Abgrenzung zum Festmist deutlich wird. Eine Sonderform stellt die sogenannte Mistverflüssigung dar, bei der die getrennt anfallende Jauche und der Stallmist meist unmittelbar vor der Ausbringung vermischt und mittels Flüssigmisttechnik ausgebracht werden.

Aus Festmisten entsteht im Verlauf der Lagerung Rottemist oder durch eine gezielte Umsetzung auch Kompost.

In Tabelle 51 sind die durchschnittliche Raumgewichte unterschiedlicher Wirtschaftsdünger und von Komposten angeführt. Je nach Einstreumenge können vor allem die Raumgewichte von Festmisten in der Praxis sehr stark variieren.

TABELLE 51: DURCHSCHNITTLICHE RAUMGEWICHTE VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN UND KOMPOSTEN

	t/m³	m³/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
Kompost aus getrennter Sammlung, Grünschnittkompost	0,7	1,4

3.2 NÄHRSTOFFGEHALTE VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN

Die Vorgaben der EU Nitratrichtlinie werden in Österreich durch das Aktionsprogramm „Nitrat“ umgesetzt. Gemäß den Vorgaben des Aktionsprogramms Nitrat 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 unvermeidbarer gasförmiger Verluste im Stall und während der Lagerung ($N_{ab\ Lager} = N_{aL}$). Die für Lager und Stall kalkulierten N-Verluste der einzelnen Wirtschaftsdüngerarten sind in Tabelle 52 zusammengefasst.

TABELLE 52: KALKULATORISCHE N-VERLUSTE IM STALL UND AM LAGER (IN %)

Tierart	**Entmistungssystem**		
	Gülle	**Mist/Jauche**	**Tiefstallmist**
Rinder	15	30	30
Schweine	30	35	35
Geflügel	30		40
Pferde			30
Puten			45
Schafe, Ziegen			45

Die Werte für den Stickstoffanfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste entsprechen teilweise einer durchgängigen ganzjährigen Belegung (Rinder, Zuchtsauen und Ferkel, Pferde, Schafe, Ziegen), teilweise einer durchschnittlichen österreichischen Produktionsintensität (Mastschweine, Küken und Junghennen für Legezwecke bis ½ Jahr, Mastküken und Jungmasthühner, Truthühner [Puten]).

Im Einzelfall kann die tatsächliche von der den Nährstoffanfallswerten unterstellten durchschnittlichen Produktionsintensität abweichen. Die korrekte Berechnung des Nährstoffanfalls erfolgt dann in der Art, dass der tatsächliche Tierbestand unter Einbeziehung der tatsächlichen Belegdauer in einem ersten Schritt in einen fiktiven Durchschnittstierbestand (ohne Leerstehzeiten) umgerechnet wird, aus dem im zweiten Schritt

genau jener „nährstoffbestimmende“ Tierbestand berechnet wird, der den unterstellten Verhältnissen entspricht. Eine Handlungsanleitung dazu findet sich im Anhang, Kapitel 5.

Die jährlich anfallenden Stickstoffmengen nach Abzug der Stall- und Lagerverluste (N_{aL}) sind für unterschiedlichste Tierarten bzw. Leistungsklassen in Tabelle 53 zusammengefasst.

TABELLE 53: JÄHRLICHER STICKSTOFFANFALL AUS DER TIERHALTUNG JE STALLPLATZ NACH ABZUG DER STALL- UND LAGERVERLUSTE IN KG (N_{AL})

		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 auf der Basis von 2,5 Zyklen pro 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				

		System Mist – Jauche		
		System Mist – Jauche		
Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
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
Junghennenaufzucht				0,053
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
Rotwild				

		System Mist – Jauche		
Rotwild Alttier inkl. Nachzucht bis 14 Monate				20,9
		System Mist – Jauche		
Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
Rotwild Hirsche				17,0
Damwild				
Damwild, Lamas Alpacas - Alttiere inkl. Nachzucht bis 14 Monate				10,1
Damwild, Lama, Alpacas Hirsche				7,1
Straußen				
Straußenküken bis 1/2 Jahr	1,2			1,1
Jungstraußen 0,5 - 1,5 Jahre	3,2			2,7
Zuchtstraußenhenne	4,1			3,5
Zuchtstraußenhahn	4,9			4,2
Kaninchen				
Mastkaninchen	0,7			0,6
Zuchtkaninchen	1,6			1,3

Zur Überprüfung der im Wasserrechtsgesetz (WRG) festgelegten bewilligungsfreien Obergrenzen (175/210 kg N) werden ausgehend vom Brutto-Stickstoffanfall neben den Stall- und Lagerungsverlusten zusätzlich auch die Verluste bei der Ausbringung der Wirtschaftdünger berücksichtigt ($N_{feldfallend} = N_{ff}$). Diese Ausbringungsverluste werden bei

- Gülle und Jauche mit 13 % und
- bei Stallmist und Kompost mit 9 %

des Stickstoffanfalls ab Lager angesetzt. Mineralische Stickstoffdünger werden brutto für netto, also ohne jegliche Abzüge für etwaige Verluste in der Düngeplanung berücksichtigt.

Der Stickstoffgehalt der Wirtschaftsdünger kann auf Basis der Tabelle 53 (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.

Eine Möglichkeit der betriebsspezifischen Ermittlung des N-Gehalts stellt die Berechnung des N-Anfalls aus Tabelle 53, geteilt durch die anfallende Wirtschaftsdüngermenge, dar.

Tabelle 54 gibt einen Überblick über die jährlich anfallenden Stickstoffmengen nach Abzug der Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste (N_{ff}).

TABELLE 54: JÄHRLICHER STICKSTOFFANFALL AUS DER TIERHALTUNG JE STALLPLATZ NACH ABZUG DER STALL-, LAGER- UND AUSBRINGUNGSVERLUSTE IN KG FELDFALLENDER STICKSTOFF (N_{FF})

		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) Standardfütterung	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 auf der Basis von 2,5 Zyklen pro 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

		System Mist – Jauche		
		System Mist – Jauche		
Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
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
Junghennenaufzucht				0,048
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				10,5
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr				14,0
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ... Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg				
1/2 bis 3 Jahre				17,5
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr				21,0
Pferde Widerristhöhe > 1,48 m, Endgewicht > 500 kg				
1/2 bis 3 Jahre				28,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr				35
Schafe				
Lämmer bis 1/2 Jahr				4,9
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre				6,6
Mutterschafe				7,0
Ziegen				
bis 1/2 Jahr				4,6
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre				6,0
Mutterziegen				6,6
Rotwild				
Rotwild Alttier inkl. Nachzucht bis 14 Monate				19,0
Rotwild Hirsche				15,5
Damwild				
Damwild, Lamas Alpacas - Alttiere inkl. Nachzucht bis 14 Monate				9,2

		System Mist – Jauche		
Damwild, Lama, Alpacas Hirsche				6,5
		System Mist – Jauche		
Tierart	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
Straußen				
Straußenküken bis 1/2 Jahr	1,1			1,0
Jungstraußen 0,5 - 1,5 Jahre	2,8			2,5
Zuchtstraußenhenne	3,6			3,2
Zuchtstraußenhahn	4,3			3,8
Kaninchen				
Mastkaninchen	0,6			0,6
Zuchtkaninchen	1,4			1,2

3.3 WIRKSAMKEIT DES STICKSTOFFS AUS WIRTSCHAFTSDÜNGERN

Der nach Abzug unvermeidbarer Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste verbleibende Stickstoff im Wirtschaftsdünger (N_{ff}) 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.

Die unmittelbare Wirksamkeit des in Wirtschaftsdüngern enthaltenen Stickstoffs ist wesentlich vom Verhältnis zwischen mineralisch und organisch gebundenen Anteilen abhängig. Tabelle 55 gibt einen Überblick über die relativen Anteile von Ammoniumstickstoff und organisch gebundenem Stickstoff in Wirtschaftsdüngern.

TABELLE 55: RELATIVER ANTEIL VON NH_4-N UND ORGANISCH GEBUNDENEM N IN UNTERSCHIEDLICHEN WIRTSCHAFTSDÜNGERN

	% NH4-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

Für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffs (N jahreswirksam = N_{jw}) werden die Werte aus der Tabelle 54 mit den in Tabelle 56 angeführten Wirksamkeitsfaktoren multipliziert.

TABELLE 56: JAHRESWIRKSAMKEIT DES WIRTSCHAFTSDÜNGERSTICKSTOFFS IN % BEZOGEN AUF DIE FELDFALLENDEN STICKSTOFFMENGEN FÜR ACKER- UND GRÜNLAND

	Stallmist	Rottemist	Kompost	Jauche	Gülle		
					Rind	Schwein	Huhn
% Wirksamkeit	50	30	10*	100	70	80	85
Faktor	0,5	0,3	0,1	1	0,7	0,8	0,85

*Bei langjähriger, regelmäßger Kompostanwendung erhöht sich die Jahreswirksamkeit bei Getreide auf 20% (Faktor 0,2), bei Hackfrüchten auf 40% (Faktor 0,4).

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 Dauergrünland 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 sogar 100% erreichen. Im Folgenden ist ein Beispiel für die Berechnung der jahreswirksamen Stickstoffanfalls (N_{jw}) bei Wirtschaftsdüngern angeführt.

TABELLE 57: BEISPIEL FÜR DIE BERECHNUNG DES JAHRESWIRKSAMEN STICKSTOFFANFALLS (N_{JW}) GEMÄß TABELLE 53, 54 UND 57: MILCHKUH (MILCHLEISTUNG: 6000 KG PRO JAHR; GÜLLE)

			kg N	maßgebend für:
N-Anfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste (=15%; N ab Lager = N_{aL})	Wert aus Tabelle 53	= N-Anfall (brutto) x 0,85	82,8	170 kg N/ha Grenze für Wirtschaftsdünger (EU-Nitratrichtline)
N-Anfall nach Abzug der Ausbringungsverluste (=13%: N feldfallend = N_{ff})	Wert aus Tabelle 54	= 82,8 x 0,87	72,0	Bewilligungsgrenze gemäß WRG
Jahreswirksamer N-Anfall im Jahr der Anwendung (N jahreswirksam = N_{jw})	Wert aus Tabelle 57	= 72,0 x 0,70	50,4	Umsetzung der Düngeempfehlung (RiLfSGD)

Neben Wirtschaftsdüngern werden in der Landwirtschaft auch andere organische Materialien eingesetzt, die insbesondere hinsichtlich der Wirksamkeit des organisch gebundenen Stickstoffs mit bestimmten Wirtschaftdüngern vergleichbar sind. Tabelle 58 gibt einen Überblick über die Zuordnungsmöglichkeiten dieser zusätzlichen organischen Stickstoffquellen.

TABELLE 58: 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, überwiegend aus Rindergülle, Rinderstallmist sowie ergänzend aus nachwachsenden Rohstoffen (Silagen,...)	Rindergülle
Biogasgülle/Gärrückstände, überwiegend aus Schweinegülle oder sonstigen organischen Produkten	Schweinegülle
Organische Handelsdünger: TM-Gehalt unter 15 %	Rindergülle
TM-Gehalt über 15 %	Stallmist

Beispiele organischer Handelsdünger: Pilzmycel, Hornmehl, Pressrückstände von Ölsaaten

Die in Tabelle 58 angegebenen Zuordnungen sind aus Mittelwerten abgeleitet. Liegt ein entsprechendes Untersuchungsergebnis vor, kann unter Berücksichtigung von Tabelle 55 auch eine abweichende Zuordnung vorgenommen werden.

Zur Berechnung der erforderlichen Düngemenge oder zur Ermittlung des feldfallenden Stickstoffgehalts für eine vorgegeben Menge an wirtschaftsdüngerähnlichen Produkten sind diese in einem ersten Schritt gemäß Tabelle 58 einem Wirtschaftsdünger zuzuordnen. In der Folge gelten für weitere Berechnungen des N_{ff} und des N_{jw} jene Faktoren, die für den jeweiligen Wirtschaftsdünger heranzuziehen sind (siehe Tabellen 54 und 57).

3.4 GEHALTE AN PHOSPHOR UND KALIUM VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN

In Tabelle 59 sind die Gehalte an P_2O_5 und K_2O in Wirtschaftsdüngern zusammengefasst.

TABELLE 59: 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 auf der Basis von 2,5 Zyklen pro 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 bis 1/2 Jahr - P-Standardfütterung	0,26	0,15
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
Junghennenaufzucht	0,034	0,026
Gänse	0,25	0,20
Enten	0,25	0,20
Truthühner (Puten)	0,60	0,48

Tierart	**P_2O_5**	**K_2O**
Tierart	P_2O_5	K_2O
Pferde		
Kleinpferde incl. Ponys, Esel, Maultiere, ...		
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht < 300 kg		
1/2 bis 3 Jahre	4,5	15,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	6,0	20,0
Kleinpferde über 300 kg - Haflinger, Reitponys, ...		
Widerristhöhe bis 1,48 m, Endgewicht > 300 kg		
1/2 bis 3 Jahre	7,5	25,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	9,0	30,0
Pferde Widerristhöhe > 1,48 m, Endgewicht > 500 kg		
1/2 bis 3 Jahre	12,0	40,0
> 3 Jahre incl. Fohlen bis 1/2 Jahr	15,0	50,0
Schafe		
Lämmer bis 1/2 Jahr	2,0	4,4
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	3,6	11,2
Mutterschafe	4,0	13,4
Ziegen		
bis 1/2 Jahr	2,2	4,6
ab 1/2 Jahr bis 1,5 Jahre	3,7	11,2
Mutterziegen	4,6	12,1
Rotwild		
Rotwild Alttier inkl. Nachzucht bis 14 Monate	10,9	47,5
Rotwild Hirsche	8,8	38,6
Damwild		
Damwild, Lamas Alpacas - Alttiere inkl. Nachzucht bis 14 Monate	3,7	16,1
Damwild, Lama, Alpacas Hirsche	3,7	16,1
Straußen		
Straußenküken bis 1/2 Jahr Gülle	1,2	1,2
Straußenküken bis 1/2 Jahr Mist	1,1	1,1
Jungstraußen 0,5 - 1,5 Jahre Gülle	3,2	3,2
Jungstraußen 0,5 - 1,5 Jahre Mist	2,7	2,7
Zuchtstraußenhenne – Gülle	4,1	4,1
Zuchtstraußenhenne – Mist	3,5	3,5
Zuchtstraußenhahn – Gülle	4,9	4,9
Zuchtstraußenhahn – Mist	4,2	4,2
Kaninchen		
Mastkaninchen – Gülle	0,7	0,7
Mastkaninchen – Tiefstall	0,6	0,6
Zuchtkaninchen – Gülle	1,6	1,6
Zuchtkaninchen – Tiestall	1,3	1,3

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

3.5 LAGERUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN

Eine ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger ist Voraussetzung für deren sachgerechten Einsatz. In Tabelle 58 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 Mindestlagerkapazität 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 Substrate, das heißt, dass bei einer Verdünnung des Flüssigmistes durch in die Gruben eingeleitete Spül- und Reinigungswässer die erforderliche Lagerkapazität entsprechend zu erhöhen ist.

TABELLE 60: WIRTSCHAFTSDÜNGERANFALLSMENGEN FÜR 6 MONATE JE STALLPLATZ IN M^3 BEI VERSCHIEDENEN ENTMISTUNGSSYSTEMEN

		System Mist - Jauche		
	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
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)[1]	11,5	7,4	3,8	11,9
Milchkühe (6000 kg Milch)[1]	11,7	7,6	3,9	12,1
Milchkühe (7000 kg Milch)[2]	11,8	7,5	3,9	12,0
Milchkühe (8000 kg Milch)[2]	12,0	7,6	4,0	12,3
Milchkühe (9000 kg Milch)[2]	12,3	7,9	4,1	12,6
Milchkühe (> 10.000 kg Milch)[2]	12,7	8,1	4,2	13,0
[1]Fleckvieh mit 700kg Lebendgewicht **[2]Schwarzbunte mit 640 kg Lebendgewicht**				
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

		System Mist - Jauche		
Zuchtschweine - N-reduzierte Fütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
		System Mist - Jauche		
	Gülle	Mist	Jauche	Tiefstall-mist
Eber				
Zuchteber – Standardfütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Zuchteber - N-reduzierte Fütterung	2,55	1,73	0,84	2,72
Geflügel	Pumpfähig			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
Junghennenaufzucht				0,004
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

Tabelle 61 sind die durchschnittlichen Raumgewichtn unterschiedlicher Wirtschaftsdünger angeführt. Je nach Einstreumenge können vor allem die Raumgewichte von Festmisten in der Praxis sehr stark variieren.

TABELLE 61: RAUMGEWICHT VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN UND KOMPOSTEN

	t/m³	m³/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

3.6 BEWERTUNG VON FERMENTATIONSRÜCKSTÄNDEN

Im Bereich der Biogasproduktion ist es ein vorrangiges Ziel, Stoffflüsse möglichst geschlossen zu halten. Nährstoffe, die von Flächen zur Bioenergieproduktion in eine Anlage gebracht werden, sollen möglichst im gleichen Umfang wieder auf dieselben Flächen zurückgeführt werden. Auf diese Weise ist sicher zu stellen, dass es einerseits zu keinem fortwährenden Nährstoffentzug, andererseits aber auch zu keinem ökologisch bedenklichen „Überfrachten“ 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 dessen Ausgangsmaterialien aus der land- und forstwirtschaftlichen Urproduktion stammen.

Gärrückstand: Vergorenes, flüssiges Substrat aus dem Biogasprozess, welches landwirtschaftlich verwertet werden kann und dessen Ausgangsmaterialien auch aus Rückständen der Be- und Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und/oder anderen biogenen Reststoffe bestehen.

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

- auf einem Bilanzierungssystem für die Biogasanlage und
- 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 Tabelle 53) 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 / Gärrückstand abnehmenden Betriebe enthält:

Gesamtbetriebliche Berechnungen:

- Dung-N-Anfall je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (NL)
- 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 Nmin-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, 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)

$$\text{Dung} - \text{N} - \text{Anteil}\,[\%] = \frac{N_{WD}}{Nges} \cdot 100$$

3.7 BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE, DER ZWISCHENBEGRÜNUNG UND DER VORFRUCHTWIRKUNG

Neben dem Einsatz von Wirtschaftsdüngern spielen auch die Menge und Art der Ernterückstände für die Bemessung der Düngung eine wesentliche Rolle. In Tabelle 62 ist die Wirkung in Bezug auf die Nachlieferung von Stickstoff, in Tabelle 63 von Phosphor und Kalium zusammengefasst. Die für Stickstoff angegebenen Spannen beruhen auf der Tatsache, dass dessen Nachlieferung zusätzlich von den Witterungsbedingungen abhängig ist. Es kann daher auch bei grundsätzlich stickstoffreichen Rückständen zu einer vergleichsweise geringen aktuellen Nachlieferung kommen. Bei günstiger Witterung soll das Nachlieferungspotenzial zur Gänze berücksichtigt werden. Die Stickstoffgabe kann um die in Tabelle 62 angegebenen Werte reduziert werden. Bei Kalium ist zusätzlich die von der Bodenart abhängige Nachlieferungsdynamik zu beachten.

TABELLE 62: BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE, DER ZWISCHENBEGRÜNUNG UND DER VORFRUCHTWIRKUNG FÜR DIE UNMITTELBARE FOLGEKULTUR – STICKSTOFF (GB…GRÜNBRACHE)

Wirkung	Vorfrucht	Nachlieferungspotenzial (kg N/ha)[1]
Ernterückstände	Rübenblatt	0 – 30
	Rapsstroh	0 – 30
	Ölkürbis	10 – 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 %)	0 – 25

[1]Die Stickstoffgabe für die nachfolgende Kultur kann um diesen Wert reduziert werden.

[2]In einigen EDV-Programmen zur Erstellung von Düngungsempfehlungen erfolgt die Berücksichtigung des Nachlieferungspotenzials auf Basis eines Mittelwertes der oben angegebenen Spanne.

TABELLE 63: BEWERTUNG DER ERNTERÜCKSTÄNDE UND VORFRUCHTWIRKUNG – PHOSPHOR UND KALIUM

	P_2O_5	K_2O		
Ernterückstand		Ertragslage		
		niedrig	mittel	hoch
Getreidestroh	10	40	50	60
Kartoffelkraut	10	40	60	70
Maisstroh	20	90	120	150
Körnerhirse/-sorghum	10	160	170	180
Rapsstroh	20	90	120	150
Rübenblatt	40	120	150	180
Sonnenblumenstroh	20	120	150	180
Ölkürbis	30	155	170	190
Körnerleguminosen (Stroh- und Vorfruchtwirkung)				
Ackerbohne	10	30	40	50
Erbse	10	30	40	50
Sojabohne	10	30	40	50

4 ERSTELLUNG EINES DÜNGEPLANS

4.1 EINLEITUNG

IM FOLGENDEN WIRD eine einfache und kompakte Anleitung zur Erstellung eines Düngerplans für die Hauptnährstoffe N, P_2O_5 und K_2O mithilfe der Tabellen aus der vorliegenden Richtlinie gegeben. Anhand eines integrierten Beispielbetriebes werden folgende Punkte exemplarisch erörtert:

- Erhebung des Nährstoffbedarfes im Ackerland für N, P_2O_5 und K_2O unter Berücksichtigung der Standortfaktoren, Vorfruchtwirkung und Bodenuntersuchungsergebnisse
- Erhebung des Nährstoffbedarfes im Grünland für N, P_2O_5 und K_2O unter Berücksichtigung des Nutzungstyps, der Ertragslage und Bodenuntersuchungsergebnisse
- Ermittlung und Bewertung des Nährstoffanfalles aus der Tierhaltung
- Verteilung der Wirtschafts- und Mineraldünger am Betrieb
- Überprüfung der N-Höchstgrenzen

Die Erstellung des Düngeplans erfolgt unter Berücksichtigung folgender Aspekte:

- Die Düngeperiode für die Hauptkultur beginnt nach der Ernte der Vorfrucht und endet mit der Ernte der Hauptkultur.
- Die N-Düngeempfehlung erfolgt nach den Richtwerten für die sachgerechte Düngung unter Berücksichtigung der Ertragserwartung, der Standortfaktoren und der Vorfruchtwirkung.
- Die N-Düngeobergrenzen und die Ausbringungsverbote gemäß Aktionsprogramm Nitrat sind zu beachten.
- Die PK-Düngeempfehlung erfolgt unter Berücksichtigung der Bodenuntersuchungsergebnisse
- Nährstoffrücklieferungen von Zwischenfrüchten sind zu berücksichtigen.
- Zwischenfrucht-Feldfutterbau muss als eigene Kulturart angelegt werden. Zusätzliche NPK-Düngung ist auf diesen Flächen möglich.
- Feldfutter als Teil der Fruchtfolge im Ackerbau (2-3 jährig) wird mit der „Erhebung des Nährstoffbedarfes im Ackerland“ durchgeführt. Wird Feldfutter als Wechselwiese bewirtschaftet (4-5 jährig) so erfolgt die Ermittlung mit der „Erhebung des Nährstoffbedarfes im Grünland“.
- Eine Gesamtbetriebsbilanzierung aller Nährstoffe wird auch EDV unterstützt von den Landwirtschaftskammern angeboten (LK-Düngerrechner).

4.2 ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM ACKERLAND

Die Ermittlung des Nährstoffbedarfs erfolgt in 3 Schritten:

- Einstufung/beurteilung der vorliegenden Standortfaktoren
- Einstufung und Konsequenzen der Bodenuntersuchungsergebnisse
- Ermittlung des Bedarfs an N, P und K

Darauf aufbauend kann ein Vorschlag zur Umsetzung des ermittelten Nährstoffbedarfs (Düngerart, Art und Zeitpunkt der Applikation erarbeitet werden).

Beispiel:

Kulturart: Winterweizen, Rohproteingehalt < 14 %

Vorfrucht: Körnererbse (Ertragslage mittel)

Standortfaktoren	**Annahme**	**Quelle**	**Einstufung**
Ertragserwartung	8 t/ha	Tab. 21A	→ *hoch 2*
Gründigkeit	über 70 cm	Kap. 1.2.4.4	→ *tiefgründig*
Bodenschwere	sL	Tab. 2	→ *mittel*
Humusgehalt	2,5%	Tab. 9	→ mittleres N-Mineralisierungspotenzial
Wasserverhältnisse	mäßig feucht	Kap. 1.2.4.5	
Grobanteil	kein Grobanteil	Kap. 1.2.4.5	

Bodenuntersuchungsergebnis(Annahme)	**Quelle**	**Einstufung**
22 mg P/1000 g Feinboden (CAL)	Tab. 10	→ *Gehaltsklasse A*
180 mg K/1000 g Feinboden (CAL)	Tab. 12	→ *Gehaltsklasse C*
Verhältnis K / Mg: < 5		

TABELLE 64: ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM ACKERLAND FÜR N, P_2O_5 UND K_2O IN KG/HA

Kulturart (Feldfrucht)		**Winterweizen**	
Vorfrucht		Körnererbse	
N-Düngung		%	kg N
N-Düngeempfehlung bei mittlerer Ertragserwartung in kg/ha	Tab. 24		120
Einschätzung der Ertragserwartung in t/ha			8
Zu- und Abschläge zur N-Düngung in %			
Ertragserwartung	Tab. 26		30%
Gründigkeit	Tab. 26		5%
Bodenschwere	Tab. 26		0
N-Mineralisierungspotential	Tab. 26		0
Wasserverhältnisse	Tab. 26		0
Grobanteil	Tab. 26		0
Summe Zu-/Abschläge in % und in kg/ha*		35%	42
N-Düngeempfehlung nach Berücksichtigung der Standortfaktoren in kg/ha			162
abzüglich Vorfruchtwirkung und Ernterückstände	Tab. 60		- 35
N- Düngeempfehlung in kg/ha			**127**

*Die Summe der Zuschläge zur N-Düngung ist mit maximal 50 % begrenzt

P K – Düngung		**P_2O_5**	**K_2O**
P_2O_5 u. K_2O Düngeempfehlung bei Gehaltsklasse C in kg/ha	Tab. 32	55	80
P_2O_5 u. K_2O – Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung		A	C
Zu- und Abschläge zur PK-Düngung in %			
P_2O_5 u. K_2O Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung in %	Tab. 32 A od. Tab. 33	50%	0%
P_2O_5 u. K_2O Zu- und Abschläge bei Gehaltsklasse C für Ertragserwartung in %	Tab. 34	-	+15%
K_2O Abschläge bei Gehaltsklasse C in % Abschläge für „C hoch“	Tab .33	X	-50%
K_2O Zu- und Abschläge bei Gehaltsklasse C in % - bezüglich K:Mg – Verhältnis	Tab. 34	X	0%
Summe Zu-/Abschläge für P_2O_5 - und K_2O in %		50%	-35%
Summe Zu-/Abschläge für P_2O_5 - und K_2O in kg/ha		27,5	-28
abzüglich Vorfruchtwirkung Phosphor und Kalium in kg/ha	Tab. 61	-10	-40
P_2O_5 und K_2O -Düngeempfehlung in kg/ha**		**72,5**	**12**

**Die Empfehlungen für Phosphor und Kalium sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten

4.3 ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM WIRTSCHAFTSGRÜNLAND

Beispiel:

Nutzungsform: Dauerwiese

Schnitthäufigkeit: 4 Schnitte

Nutzungstyp: gräserbetont

Ertragserwartung (Annahme)	Quelle	Einstufung
10t TM/ha	Tab.23	→ *hoch*

Bodenuntersuchungsergebnis (Annahmen)	Quelle	Einstufung
20 mg P/1000 g Feinboden	Tab. 10	→ *Gehaltsklasse A*
92 mg K/1000 g Feinboden	Tab. 12	→ *Gehaltsklasse C*

TABELLE 65: ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM WIRTSCHAFTSGRÜNLAND UND FELDFUTTERBAU FÜR N, P_2O_5 UND K_2O IN KG/HA

Nutzungsform		**Dauerwiese**	
Schnitthäufigkeit bzw. Nutzungstyp		4 Schnitte, gräserbetont	
Einschätzung der Ertragslage in t TM/ha/Jahr (niedrig-mittel-hoch)	Tab. 23	10 (hoch)	
N- Düngeempfehlung in kg/ha	Tab. 31	185	
PK-Düngung		P_2O_5	K_2O
P_2O_5 und K_2O –Düngeempfehlung bei Gehaltsstufe C	Tab. 35	90	260
P_2O_5 und K_2O– Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung		A	C
P_2O_5 – und K_2O Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung in %	unter Tab. 35	50%	-
P_2O_5 – und K_2O Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung in kg/ha		45	-
P_2O_5 und. K_2O – Düngeempfehlung in kg/ha		135	260

4.4 ERMITTLUNG UND BEWERTUNG DES NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG

Beispiel: Betrieb mit

8 Stück Rinder-Jungvieh (13 Monate alt) auf Tiefstallmist

30 Mastschweineplätzen; Mastschweine über 32 kg auf Gülle mit Standardfütterung

Ermittlung des Jahresdurchschnittsbestandes von Mastschweinen anhand von wochenweisen Aufzeichnungen des Tierbestandes:

TABELLE 66: ERMITTLUNG DES DURSCHNITTSTIERBESTANDES (WOCHENWEISE AUFZEICHNUNGEN)

Woche	**Zugang**		**Abgang**	**Aktueller Bestand**	**Berechnung**
		Verkauf	Verendung		Durchschnittsbestand
1				30	8 Wo *30 Stk. +
9			1	29	6 Wo *29 Stk. +
15		29		0	2 Wo * 0 Stk. +
17	30			30	19 Wo *30 Stk. +
36		30		0	2 Wo * 0 Stk. +
38	30			30	15 Wo *30 Stk. =
1				30	1434 / 52 =
Durchschnittstierbestand Mastschweine:					27,6

Hinweise zu anderen Methoden zur Erstellung einer Durchschnittstierliste sind im Kapitel 5.2.2 angeführt.

Ermittlung des Nährstoffanfalls:

TABELLE 67: ERMITTLUNG UND BEWERTUNG DES NPK-NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG

	siehe Kapitel/Tabelle				
Tierkategorie		Jungvieh 1-2 Jahre		Mastschweine über 32 kg	
Anzahl (Stichtag od. Durchschnittsliste)		8		27,6	
Nährstoffbestimmender Bestand*		8		34,8*	
GVE/Vieh		0,6		0,15	
GVE/Tierkategorie		4,8		4,14	
Art des Wirtschaftsdünger-Anfalls		Tiefstall		Gülle	
Wirtschaftsdüngeranfall in m³/Stallplatz/6 Monate	Tab.60	6,2		0,7	
Wirtschaftsdüngeranfall in m³/Tierkategorie/Jahr**		99,2		38,6	
N-Anfall		N		N	
Anfall N ab Lager in kg/Jahr/Stallplatz	Tab.53	37,5		7,5	
Anfall N ab Lager in kg/Jahr/Tierkategorie		300		261	
N ab Lager in kg/m³ Dünger		3,02		6,76	
- abzüglich N-Ausbringungsverluste in %	Kap. 3.2	-9 %		-13%	
N feldfallend in kg/m³ Dünger		2,75		5,88	
- multipliziert mit der Jahreswirksamkeit in %	Tab. 56	50 %		80 %	
N-jahreswirksam in kg/m³ Dünger		1,38		4,71	
PK-Anfall		P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Anfall P_2O_5 und K_2O in kg/Jahr/Stallplatz	Tab.59	19,6	74,8	4,4	5,0
Anfall P_2O_5 und K_2O in kg/Jahr/Tierkategorie	Tab.59	156,8	598,4	153,12	174
P_2O_5 und K_2O Gehalte in kg/m³ Dünger		1,56	6,03	3,97	4,51

*Im Beispiel werden die Anfallsmengen nach den Werten der Tab. 58 berechnet (für Mindestlagerraum wichtig). In der Praxis sollen die am Betrieb tatsächlich anfallenden Düngermengen eingesetzt werden. Anfallsmengen aus Tab. 57 beziehen sich auf den Zeitraum von 6 Monaten und sind daher mit dem Faktor 2 zu multiplizieren um auf den Jahresanfall zu kommen.

**bei Schweinen bzw. Geflügel mit mehreren Umtrieben/Jahr für die NPK-Nährstoffberechnung zu berücksichtigen, nicht jedoch für die Anfallsmengen. Bei Mastschweinen errechnet sich der Korrekturfaktor von 1,26 über den Anfall bei 290 Masttagen, welcher auf ein Jahr (365 Tage) hochgerechnet (365/290) wird.

4.5 VERTEILUNG DER WIRTSCHAFTS- UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB

Beispiel: Betrieb mit 4 ha Winterweizen und 3 ha Dauerwiese

Wirtschaftsdüngeranfall:

99,2 m³ Mist aus der Rinderhaltung werden auf 4 ha Acker ausgebracht (24,8 m³/ha)

38,6 m³ Gülle aus der Mastschweinehaltung werden auf 3 ha Dauerwiese ausgebracht (ca. 13 m³/ha)

TABELLE 68: DÜNGERVERTEILUNG WIRTSCHAFTSDÜNGER UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB

		Düngeempfehlung (Nährstoffbedarf) in kg je ha lt. Tab. B1 u. B2			**Wirtschafts-dünger-ausbringung in m³/ha**		**Jahreswirksame Nährstoffmengen über Wirtschaftsdünger in kg/ha (Tab. B4)**			**Mineralische Ergänzungsdüngung in kg je ha**			**Mineralische Ergänzungsdüngung in kg auf der gesamten Kulturfläche**		
Kultur	Fläche (ha)	N	P_2O_5	K_20	Mist	Gülle	N Jahr.	P_2O_5	K_20	N	P_2O_5	K_20	N	P_2O_5	K_20
Winterweizen -felder	4	127	72,5	12	24,8		34,2	38,7	149,5	92,9	33,8	-	372	135	-
Dauerwiese 4-schnittig	3	185	126	260	0	13	61,2	51,6	58,6	123,8	74,4	201,4	371	223	604
Summe:													743	358	604

4.6 ÜBERPRÜFUNG DER N-HÖCHSTGRENZEN GEMÄß AKTIONSPROGRAMM NITRAT

Unter der Annahme, dass der oben ermittelte Düngerbedarf auch tatsächlich ausgebracht wird, werden die Grenzwerte wie folgt überprüft:

- Grenzwert 1: Maximal 170 kg N_{aL}/ha aus Wirtschaftsdünger im Betriebsdurchschnitt

Anfall N_{aL} aus Rinderhaltung:	300 kg / Jahr
Anfall N_{aL} aus Schweinehaltung:	+ 261 kg / Jahr
Anfall N_{aL} aus Wirtschaftsdünger Gesamt:	= 561 kg / Jahr

$$\text{Berechnung Grenzwert 170 kg } N_{aL} = \frac{561 \text{ kg } N_{aL} \text{ / Jahr}}{7 \text{ ha LN}} = 80{,}1 \text{ kg } N_{aL} \text{ / ha LN}$$

- Grenzwert 2: Maximal 175 bzw. 210 kg N_{ff} / ha LN im Betriebsdurchschnitt

Der Grenzwert 210 kg N/ha LN ist anzuwenden wenn die Fruchtfolge N-zehrend ist, d.h. wenn 2/3 der Kulturen einen N-Bedarf von über 80 kg N aufweisen oder wenn eine geschlossene Gründecke vorherrscht. Dies trifft in unserem Beispiel zu.

Anfall N_{ff} aus Rinderhaltung:	273 kg / Jahr
Anfall N_{ff} aus Schweinehaltung:	+ 227 kg / Jahr
Anfall N aus Mineraldünger:	+ 743 kg / Jahr
Anfall N_{ff} Gesamt	= 1243 kg / Jahr

$$\text{Berechnung Grenzwert 210 kg } N_{ff} = \frac{1243 \text{ kg } N_{ff} \text{ / Jahr}}{7 \text{ ha LN}} = 177{,}6 \text{ kg } N_{ff} \text{ / ha LN}$$

– Da die berechneten Werte unter den erlaubten Höchstgrenzen liegen, gelten die Grenzwerte als eingehalten. Eine Gesamtbetriebsbilanzierung aller Nährstoffe wird auch EDV unterstützt von den Landwirtschaftskammern angeboten (LK-Düngerrechner).

5 ANHANG

5.1 BERECHNUNG DER KALKDÜNGUNGSEMPFEHLUNG

5.1.1 BERECHNUNG DES HILFSPARAMETERS.

$$H = 5703{,}08 - 2575{,}8 \cdot pH_{Ac} + 388{,}7 \cdot (pH_{Ac})^2 - 19{,}59 \cdot (pH_{Ac})^3$$

H Hilfsparameter

pH_{Ac} pH-Wert in Ca-Acetat-Lösung

5.1.2 BERECHNUNG DES KALKDÜNGUNGSBEDARFS IN T CAO/HA:

Kalkdüngungsbedarf (t CaO) $= \frac{pH_{Ziel} - pH_{CaCl2}}{10 \times (7 - pH_{Cacl2})} \times (H \times 8{,}4)$

pH_{Ziel} anzustrebender pH-Wert gem. Tabelle 8

pH_{CaCl2} pH-Wert in $CaCl_2$-Lösung

5.2 KALKBILANZIERUNG

Die Kalkbilanzierung ist ein Hilfsmittel, um die Kalkverluste pro Hektar und Jahr exakter abschätzen zu können. Daraus kann ermittelt werden, nach welchem Zeitintervall (i.d.R. 4 bis 6 Jahren) die Erhaltungskalkung wiederholt werden soll. Im Folgenden sind die Bandbreiten für den Einfluss einzelner Faktoren angegeben. Eine Berechnung kann unter Verwendung der Tabellen und Formeln der Punkte 5.2.1 bis 5.2.3 erfolgen.

TABELLE 69: BANDBREITEN DES KALKBEDARFS

		Kalkbedarf in kg CaO/ha Bandbreite	**Berechnung**
		kg CaO/ha	
Pflanzenentzug und Ernteabfuhr		- 30 bis - 216	gem 5.2.1
Kalk- und Kalziumverlagerung durch Auswaschung			
< 600 mm Jahresniederschlag		- 100 bis - 500	gem. 5.2.2
600 - 750 mm Jahresniederschlag		- 250 bis - 600	gem. 5.2.2
> 750 mm Jahresniederschlag		- 350 bis - 700	gem. 5.2.2
Mineraldünger		+ 95 bis – 300	gem. 5.2.3
Wirtschaftsdünger		+ 100 bis - 300	gem. 5.2.3
Immissionssäuren		- 10 bis - 30	
Bodensäuren		- 20 bis - 60	

5.2.1 KALKENTZUG DURCH DIE ERNTE

TABELLE 70: KALKENTZUG DURCH DIE ERNTE:

Quelle: ltz Baden-Würtemberg		Erntegut		Kalkentzug in		
		Korn, Rüben, Knollen Fruchtart	dazu geh. Stroh, Blatt, Kraut	kg CaO/t Erntegut		
Fruchtart	Rohpr. in % TM	I	II	I	II[1)]	ges.
Ackerkulturen						
Winterweizen	12	1	0,8	1	4	5
Winterweizen	14	1	0,8	1	4	5
Winterweizen	16	1	0,8	1	4	5
Durumweizen	15	1	0,8	1	4	5
Winterroggen	11	1	0,9	1	5,4	6,4
Wintertriticale	12	1	0,9	1	5,4	6,4
Wintergerste	12	1	0,7	1	2,8	3,8
Sommerfuttergerste	12	1	0,8	1	3,2	4,2
Braugerste	10	1	0,7	1	2,8	3,8
Hafer	11	1	1,1	1	7,7	8,7
Dinkel mit Vesen	12	1	1	2	6	8
Körnermais	11	1	1	2	6	8
Saatmais		1	1,7	-	-	-
CCM ca.	86	1	1			
Winterraps		1	1,7	6	46	52
Sonnenblume (Korngewinnung)		1	2	3	35	38
Öllein		1	1,5	-	-	-
Körnererbsen		1	1	2	14	16
Ackerbohnen		1	1	2	14	16
Sojabohnen		1	1	2	20	22
Frühkartoffeln		1	0,2	1,4	0,2	1,6
Kartoffeln ab mittelfrüh		1	0,2	1,4	0,2	1,6
Zuckerrüben		1	0,7	0,8	0,5	1,3
Gehaltsrüben		1	0,4	0,4	1,3	1,7
Futtermassenrüben		1	0,4	0,4	0,4	0,8
Ackerfutter						
Silomais (Frischmasse)						1,7
Luzerne (Frischmasse)						5,2
Rotklee (Frischmasse)						4,8
Kleegras (50:50) (Frischmasse)						3,8
Weidelgras (Frischmasse)						2,5
Grünland						
1 Nutzung (ca. 4 t TM)						10
2 Nutzungen (ca. 5,5 t - 6 t TM)						10,5
3 Nutzungen (ca. 7 - 7,5 t TM)						14
4 Nutzungen (ca. 9 t TM)						15,7
5 Nutzungen (ca. 11 t TM)						17,5
6 Nutzungen (ca. 12 t TM)						18

5.2.2 JÄHRLICHE KALKVERLUSTE DURCH AUSWASCHUNG UND NEUTRALISATION

TABELLE 71: JÄHRLICHE KALKVERLUSTE DURCH AUSWASCHUNG UND NEUTRALISATION

Bodenartengruppe	Nutzung	Niederschläge		
		niedrig	mittel	hoch
		< 600 mm	600 - 750 mm	> 750 mm
leicht (S, l`S)	Acker	100* - 300	400	500
	Grünland	150	200	350
mittel (S, l`L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

Quelle: DLG 353, nach Roschke, 2006

5.2.3 KALKVERLUSTE DURCH DÜNGEMITTEL

Die Kalkverluste durch Düngemittel können mit der Formel nach Sluijsmans (1966)[2] berechnet werden:

Kalkverluste oder -mehrung in kg CaO/ha je kg Nährstoff:

$$+1{,}0 \times CaO + 1{,}4 \times MgO + 0{,}6 \times K_2O + 0{,}9 \times Na_2O - 0{,}4 \times P_2O_5 - 0{,}7 \times SO_3 - 1 \times Cl - n \times N$$

Der Faktor n bei Stickstoff ist je nach Nutzung zu variieren:

Grünland : 0,8

Ackerland : 1,0

Ackerland bei starker N-Aufnahme durch die Pflanzen: 2,0

TABELLE 72: UMRECHUNNGSFAKTOREN ZUR ANGABE DER NÄHRSTOFFGEHALTE

Umrechnungsfaktoren Oxid – Element

Oxid	x	Faktor	=	Element		Element	x	Faktor	=	Oxid
P_2O_5	x	0,44	=	P		P	x	2,29	=	P_2O_5
K_2O	x	0,83	=	K		K	x	1,21	=	K_2O
MgO	x	0,6	=	Mg		Mg	x	1,66	=	MgO
CaO	x	0,72	=	Ca		Ca	x	1,4	=	CaO
NO_3	x	0,23	=	N		N	x	4,43	=	NO_3
NH_4	x	0,78	=	N		N	x	1,29	=	NH_4
SO_4	x	0,33	=	S		S	x	3	=	SO_4
SO_3	x	0,4	=	S		S	x	2,5	=	SO_3
Na_2O	x	0,37	=	Na		Na	x	2,7	=	Na_2O

[2] SLUIJSMANS,C. M. J.: Effect of fertilizers on the *lime* requirement of the soil. Agri. Digest 8,10—16,1966.

5.3 ANWENDUNGSBEISPIELE ZUR ERTRAGSEINSCHÄTZUNG VON GRÜNLAND

Zweischnittfläche	Ø Erntewuchshöhe des Aufwuchses in cm	dt TM/ha	
1. Aufwuchs	65	65x0,5=32,5	
2. Aufwuchs	31	31x0,8=24,8	
		Jahresertrag = 57,3	= Ertragslage mittel

Dreischnittfläche	Ø Erntewuchshöhe des Aufwuchses in cm	dt TM/ha	
1. Aufwuchs	55	55x0,6=33,0	
2. Aufwuchs	42	42x0,6=25,2	
3. Aufwuchs	36	36x0,8=28,8	
		Jahresertrag = 87,0	= Ertragslage hoch

Vierschnittfläche	Ø Erntewuchshöhe des Aufwuchses in cm	dt TM/ha	
1. Aufwuchs	32	32x0,8=25,6	
2. Aufwuchs	25	25x0,8=20,0	
3. Aufwuchs	25	25x0,8=20,0	
4. Aufwuchs	18	18x1,1=19,8	
		Jahresertrag = 85,4	= Ertragslage mittel

Sechsschnittfläche	Ø Erntewuchshöhe des Aufwuchses in cm	dt TM/ha	
1. Aufwuchs	35	35x0,8=28,0	
2. Aufwuchs	30	25x0,8=24,0	
3. Aufwuchs	28	28x0,8=22,4	
4. Aufwuchs	22	22x0,8=17,6	
5. Aufwuchs	22	22x0,8=17,6	
6. Aufwuchs	18	18x1,1=19,8	
		Jahresertrag = 129,4	= Ertragslage hoch

5.4 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 26)

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**

5.5 BERECHNUNG VON N_{MIN}-ERGEBNISSEN AUF DER BASIS VON LABORERGEBNISSEN

5.5.1 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.

5.5.2 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} / 100 g Boden x 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.

5.5.3 BERÜCKSICHTIGUNG EINES HÖHEREN SCHOTTER- ODER STEINGEHALTES

Höhere Schotter- oder Steingehalte sind wie folgt zu berücksichtigen:

kg N_{min}/ha x (100 - % Steingehalt) / 100 = kg N_{min}/ha korrigiert.

5.6 ORIENTIERUNGSHILFE/HANDLUNGSANLEITUNG - DURCHSCHNITTSTIERLISTE

5.6.1 DURCHSCHNITTSTIERLISTE

Die Werte für den Stickstoffanfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste (Tabelle 53) entsprechen teilweise einer durchgängigen ganzjährigen Belegung (Rinder, Zuchtsauen und Ferkel, Pferde, Schafe, Ziegen), teilweise einer durchschnittlichen österreichischen Produktionsintensität (Mastschweine, Küken und Junghennen für Legezwecke bis ½ Jahr, Mastküken und Jungmasthühner, Truthühner [Puten]).

Im Einzelfall kann die tatsächliche von der den Nährstoffanfallswerten unterstellten durchschnittlichen Produktionsintensität abweichen. Die korrekte Berechnung des Nährstoffanfalls erfolgt dann in der Art, dass der tatsächliche Tierbestand unter Einbeziehung der tatsächlichen Belegdauer in einem ersten Schritt in einen fiktiven Durchschnittstierbestand (ohne Leerstehzeiten) umgerechnet wird, aus dem im zweiten Schritt genau jener „nährstoffbestimmende“ Tierbestand berechnet wird, der den unterstellten Verhältnissen entspricht.

Der zweite Schritt ist innerhalb jeder Tierart einheitlich – die theoretischen Grundlagen dafür sind weiter unten nachzulesen – und in den vorhandenen EDV-Werkzeugen („LK Düngerrechner“ u.a.) bereits integriert.

Die Hauptverantwortung einer/s jeden Betriebsführer/in mit Tierhaltung liegt somit darin, in Eigenverantwortung den Jahresdurchschnittsbestand nachvollziehbar zu ermitteln. Sind keine starken Abweichungen oder Veränderungen in der Tierhaltung vorgesehen oder absehbar, so kann für die Planung der Durchschnittsbestand anhand des vorherigen Tierproduktionsjahres als Berechnungsgrundlage verwendet werden. Für die Erfüllung der Dokumentationsverpflichtung gemäß Aktionsprogramm Nitrat ist jedoch selbstverständlich der tatsächliche Durchschnittsbestand des zu dokumentierenden Jahres zu verwenden.

Im Folgenden werden Detail-Informationen zu einzelnen Tierkategorien bezüglich der Angabe des Jahresdurchschnittsbestandes gegeben.

Diese Berechnungsempfehlungen wurden mit den branchenspezifischen Produktionsverbänden, den Landwirtschaftskammern, der AMA und dem BMLFUW abgestimmt.

5.6.2 RINDERPRODUKTION

Im Internetportal der Agrarmarkt Austria kann unter eAMA der betriebsindividuelle GVE- Bestand und der betriebsindividuelle Durchschnittsbestand des letzten Kalenderjahres abgerufen werden.

Wenn in den Bereichen Kälberaufzucht, Schlachtkälber und Mastrinder keine eAMA-Daten verfügbar sind (z.B. bei Neueinstieg in eine dieser Produktionssparten), dann können für die Planung folgende Annahmen getroffen werden:

- Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr – Schlachtkälber:
  Unter der Annahme, dass diese Kälber (bis zu einem LG von ca. 110 – 130 kg) durchschnittlich 13 Wochen am Betrieb stehen, dann ist je 4 Kälbern 1 Platz als Durchschnitt anzugeben. Stehen Kälber nur 6 Wochen am Betrieb (z.B. Weiterverkauf an Stiermäster), so ist je 8 Kälbern 1 Platz als Durchschnitt anzugeben.

- Stiermast:
  Hier sind folgende Annahmen realistisch: 20 % der Stallplätze in der Kategorie Kälber und Jungrinder < ½ Jahr; 40 % der Stallplätze in der Kategorie Jungvieh ½ bis 1 Jahr; 40 % der Stallplätze in der Kategorie Jungvieh 1 bis 2 Jahre.

Milchkühe - Einstufung in Milchleistungskategorien und Ermittlung der Milchleistung:

- Ermittlung der Milchleistung:
  Die gesamte Kuhherde wird einem Leistungsbereich zugeordnet; dieser ist anhand des letzten Milchwirtschaftsjahres (1.4. bis 31.3.) folgendermaßen zu ermitteln:

- $$\textit{Durchschnittliche Milchleistung} = \frac{\begin{array}{c}\textit{An die Molkerei gelieferte Milch (nicht fettkorrigiert)} \\ + \textit{direkt vermarktete Milch} \\ + \textit{der dem jeweiligen Betrieb zugeordneten} \\ \textit{auf der Alm durchschnittlich produzierte Milch} \\ + 320\ \textit{kg Milch pro Kuh fuer die verfuetterte Milch inkl. Eigenverbrauch} \\ (400\ \textit{kg pro Kalb bei einer Abkalbequote von } 0{,}8\ \textit{Kaelbern/Kuh})\end{array}}{\textit{Anzahl der Kuehe}}$$

Bei ausschließlicher Milchaustauscherfütterung oder einem Kälberverkauf innerhalb von 14 Tagen wird kein Zuschlag oder ein entsprechend reduzierter Zuschlag für verfütterte Milch inkl. Eigenverbrauch gerechnet. Mit dem sich daraus ergebenden Herdendurchschnitt erfolgt eine Einstufung im laufenden Jahr. Damit kann eine Gleichbehandlung aller Milchbetriebe – ob Leistungskontrolle oder nicht – gewährleistet werden.

- Die *Einstufung in* die laut Aktionsprogramm Nitrat vorgegebenen *Leistungskategorien* folgt den Regeln der mathematischen Rundung:

Eine Kategorie mit (x.000) kg reicht also von (x - 0,5) x1.000 bis (x + 0,499) x1.000, die 7.000er Kategorie also von 6.500 bis 7.499 kg

Als Alternative kann auch der Jahresabschluss der Milchleistungskontrolle verwendet werden.

5.6.3 SCHWEINEPRODUKTION

Bei allen Tierkategorien wird das Fütterungssystem mit dem Rohproteingehalt im Futter definiert. Die N-reduzierte Fütterung kann grundsätzlich über Phasenfütterung oder einphasige Fütterung erfolgen.

Die Rohproteingrenzen orientieren sich an den Beispielsrationen der verschiedenen Tierkategorien.

Mastschweine und Jungsauen

Der Jahresdurchschnittsbestand widerspiegelt einen Leistungsbezug, da Betriebe mit höheren Tageszunahmen automatisch auch einen höheren Jahresdurchschnittsbestand haben. Nähere Details siehe unten: „Ergänzungen zur Ermittlung der Durchschnittstierliste bei Mastschweinen, Jungsauen und Geflügel“.

Die N-Anfallswerte wurden bei den Mastschweinen und Jungsauen auf eine durchschnittliche Belegung von 290 Masttagen je Platz (entsprechend 2,52 Umtrieben zu je 115 Haltetagen je Umtrieb) berechnet. Daher ist der oben ermittelte Jahresdurchschnittsbestand mit dem **Faktor 1,26** (= 365 durch 290) zu korrigieren, um den **nährstoffbestimmenden Tierbestand** zu erhalten.

TABELLE 73: ROHPROTEINGRENZEN BEI MASTSCHWEINEN UND JUNGSAUEN

N-reduzierte Fütterung	
Gewichtsbereich	Rohproteingehalte je 88 % TM
32 kg bis 70 kg	170 g
70 kg bis Mastende	155 g
32 kg bis Mastende	161 g
stark N-reduzierte Fütterung	
Gewichtsbereich:	
32 kg bis 60 kg	170 g
60 kg bis 90 kg	155 g
90 kg bis Mastende	150 g
32 kg bis Mastende	157 g

Zuchtsauen inkl. Ferkel zwischen 8 und 32 kg Lebendgewicht

- **Ferkelaufzuchtbetriebe und Babyferkelproduzenten***:* Werden bei einem Zuchtsauenbetrieb die Ferkel bereits ab einem Lebendgewicht von ca. 8 kg an einen Ferkelaufzucht- betrieb abgegeben, so sind die in der Tabelle stehenden Werte ohne weiteren Bezug zu verwenden. Die jeweils im Jahresdurchschnitt belegten Zuchtsauen- und Ferkelaufzuchtplätze sind für die Berechnung heranzuziehen.

- **Zuchtsauenbetriebe mit Ferkel bis 32 kg Lebendgewicht***:* Die N-Anfallswerte entsprechen in der Kategorie Ferkel zwischen 8 und 32 kg Lebendgewicht einer Leistung von 18 aufgezogenen/verkauften Ferkeln je Zuchtsau und Jahr. Da unterschiedliche Leistungen an aufgezogenen/verkauften Ferkeln je Zuchtsau und Jahr in der Praxis vorkommen, ist für die Angabe der Durchschnittstierliste folgender Leistungsbezug bezogen auf die Zuchtsauen für Angabe der

durchschnittlichen Ferkelanzahl in der Kategorie 8 bis 32 kg Lebendgewicht je Zuchtsau herzustellen:

Liegen die durchschnittlich aufgezogenen/verkauften Ferkel je Zuchtsau und Jahr unter 18, dann gilt: Anzahl der Ferkelplätze = **2,6** x Anzahl der Zuchtsauen.

Liegen die durchschnittlich aufgezogenen/verkauften Ferkel je Zuchtsau und Jahr zwischen 18 und 20, ist der **Faktor 2,9** anzuwenden.

Liegen die durchschnittlich aufgezogenen/verkauften Ferkel je Zuchtsau und Jahr über 20, ist der **Faktor 3,2** anzuwenden.

Beispiel: 100 Zuchtsauen, Ø 21 Ferkel je Zuchtsau: hier sind 320 Ferkelplätze (= 100 Zuchtsauen x Faktor 3,2) als Durchschnittsbestand in der Kategorie 8 bis 32 kg Lebendgewicht anzunehmen.

Geschlossene Betriebe (Zucht und Mast): Bei den geschlossenen Betrieben sind für die Ermittlung des Jahresdurchschnittsbestands zu beachten, wobei als Ausgangspunkt für die Berechnungen ebenfalls die Anzahl der Zuchtsauen unter Berücksichtigung der Anzahl der abgesetzten Ferkel herangezogen werden kann.

TABELLE 74: ROHPROTEINGRENZEN BEI ZUCHTSAUEN (INKL. FERKEL BIS 8KG LEBENDGEWICHT), FERKELN UND EBERN:

	Rohproteingehalte je 88 % TM
Zuchtsauen tragend	130 g
Zuchtsauen säugend	165 g
Zucht universal	150g
Ferkel zwischen 8 und 32 kg	170g
Eber (N-reduzierte Fütterung)	170 g

Hinweis: Der schlüssige Nachweis der N-reduzierten Fütterung/Phasenfütterung erfolgt über Rezepturen, bei welchen der Rohproteingehalt je kg FM (88 % TM) ausgewiesen ist (z.B. Ausdruck Fütterungscomputer, Berechnung Futtermittelfirma oder Offizialberatung). Generell und insbesondere bei einer allfälligen Vor-Ort-Kontrolle muss plausibel gemacht werden können, dass eine Phasenfütterung überhaupt möglich ist und durchgeführt wird, z.B. Beschriftung von Silos, entsprechende Fütterungstechnik.

Nachweis der Einhaltung der P-reduzierten Fütterung

Fütterung mit Einsatz von Phytase

Enthält das Futter das Enzym Phytase, so ist kein weiterer Nachweis zu erbringen. Als Nachweis dienen die Rechnung und die Produktbeschreibung des eingesetzten Mineralfutters.

Erklärung: Die Auswertung von ca. 500 Mineralfuttersorten für Schweine die in Österreich eingesetzt werden, ergibt, dass Mineralfutter ohne Phytase im Durchschnitt 5,8% Phosphor enthalten und Mineralfutter mit Phytase im Durchschnitt 3,4% Phytase. Mineralfuttersorten mit Phytase enthalten also rund 40% weniger Phosphor. Bei 3%igem Einsatz des Mineralfutters ergeben sich Differenzen je kg Futter mit 88%TM von 0,8 g P. Dies entspricht dem Rechenansatz.

Fütterung ohne Einsatz von Phytase

Wird keine Phytase eingesetzt, so dürfen die P-Gehalte der Futterrationen jene Gehalte die bei der Berechnung unterstellt wurden, nicht überschreiten. Als Nachweis dienen Rezepturen bei welchen der Phosphorgehalt je kg FM (88%TM) ausgewiesen ist.

Die Modellrationen beziehen sich auf Universalfutter. Bei Phasenfütterung muss der durchschnittliche P-Gehalt je Tierkategorie ermittelt werden. Dazu dienen die in Tabelle 71 beschriebenen Aufteilungsschlüssel.

TABELLE 75: P-OBERGRENZEN OHNE EINSATZ VON PHYTASE

Tierkategorie	max. Phosophorgehalt je 88%TM
Mastschweine und Jungsauen ab 32 kg (Universalfutter)	4,4 g
32-70 kg = 40% Futter; 70-120 kg = 60% Futter	
Zuchtsauen Universal	5,0 g
Trächtigkeitsfutter = 60%Futter; Säugezeitfutter = 40% Futter	
Ferkel 8-32 kg	5,2 g
8-20 kg = 40% Futter; 20-32 kg = 60% Futter	
Eber	5,3 g

5.6.4 GEFLÜGELPRODUKTION

TABELLE 76: ÜBERSICHT ZUR ERMITTLUNG DER FAKTOREN ZUR ERMITTLUNG DER N-ANFALLSWERTE FÜR GEFLÜGEL

Kategorie	Haltetage/Umtrieb	Umtriebe/Jahr	Belegtage/Platz und Jahr	Faktor
Küken und Junghennen für Legezwecke bis 1/2 Jahr	130	2	260	1,4
Junghennenaufzucht	42	5	210	1,7
Legehennen, Hähne	Jahresbestand (eine durchschnittliche Leerstehzeit von 14 Tagen ist im Tabellenwert bereits berücksichtigt).			Kein Faktor
Mastküken und Jungmasthühner	40	7	280	1,3
Truthühner (Puten)	150	2	300	1,2
Zwerghühner, Wachteln, Enten, Gänse	Der N-Anfallswert bezieht sich auf eine ganzjährige Belegung; werden diese Geflügelarten weniger als 365 Tage gehalten, so ist dies im Durchschnittsbestand zu berücksichtigen			Kein Faktor

Nach Haltetagen und Umtrieben kann eine betriebsspezifische Einstufung vorgenommen werden.

Nähere Details siehe Kapitel 7.6: „Ergänzungen zur Ermittlung der Durchschnittstierliste bei Mastschweinen, Jungsauen und Geflügel“.

5.6.5 SCHAF- UND ZIEGENPRODUKTION

Lämmer/Ziegen bis ½ Jahr
Der N-Anfallswert laut Tabelle 53 entspricht einem ganzjährig belegten Platz. Für die Angabe in der Durchschnittstierliste in dieser Kategorie stellt die Haltedauer der Lämmer und die Anzahl der aufgezogenen Lämmer je Mutterschaf und Jahr die Ausgangsbasis zur Berechnung der durchschnittlich ganzjährig belegten Aufzuchtplätze je Muttertier dar.

TABELLE 77: FAKTOREN ZUR ERMITTLUNG DER N-ANFALLSWERTE FÜR LÄMMER

Mastdauer Monate	**aufgezogene Lämmer je Mutterschaf und Jahr**				
	1	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**
3,0	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68
4,0	0,30	0,45	0,61	0,75	0,91
5,0	0,38	0,57	0,75	0,94	1,13
6,0	0,45	0,68	0,91	1,13	1,36

Beispiel: Betrieb mit 50 Mutterschafen; Ø 2,0 aufgezogene Lämmer je Mutterschaf und Jahr; durchschnittliche Haltedauer der Lämmer 5 Monate:

In der Kategorie Lämmer bis ½ Jahr entspricht dies einer durchschnittlichen Jahresbelegung von 37,5 Lämmern (= 50 Mutterschafe x 0,75)

Schafe/Ziegen ab ½ Jahr bis 1,5 Jahr
In dieser Kategorie sind die für die Nachzucht vorgesehenen Jungschafe anzugeben. Im Normalfall beträgt die Anzahl in dieser Kategorie 15 – 25 % der Mutterschafe.

5.7 ERGÄNZUNGEN ZUR ERMITTLUNG DER DURCHSCHNITTSTIERLISTE BEI MASTSCHWEINEN, JUNGSAUEN UND GEFLÜGEL

5.7.1 MASTSCHWEINE UND JUNGSAUEN

Die Basis für die korrekte Berechnung des Nährstoffanfalls bildet der durchschnittliche Bestand über das zu dokumentierende Jahr. Dieser Jahresdurchschnittsbestand ist ein berechneter, theoretischer Wert. Er sagt aus, wie viele Standplätze dauerhaft - das heißt: ohne Leerstehzeit – durch die tatsächlich gehaltenen Tiere belegt worden wären.

Wie schon oben erwähnt, ist dem Nährstoffanfall jedoch eine jährliche Haltedauer von 290 Tagen unterstellt, weshalb erst die Multiplikation des Jahresdurchschnittsbestands mit dem Faktor 1,26 die „Nährstoff bestimmenden Mastplätze“ ergibt, welche für die Ermittlung des N-Anfalls aus der Tierhaltung herangezogen werden.

5.7.2 ERMITTLUNG DES JAHRESDURCHSCHNITTSBESTANDES

Zur Ermittlung des Jahresdurchschnittsbestandes ist das Bestandsregister heranzuziehen. Jeder schweinehaltende Betrieb ist laut Tierkennzeichnungsverordnung verpflichtet, ein Bestandesregister zu führen. Es besteht die Möglichkeit, eigene schriftliche Aufzeichnungen über Zu- und Abgänge zu führen, oder bei einem eigenen PC mit Internetzugang die Einträge in der Zentralen Schweinedatenbank dafür zu nutzen. Für den Zugang zu dieser Datenbank ist ein PIN-Code bei der Statistik Österreich unter www.ovis.at („Benutzerregistrierung“) zu beantragen.

Ein spezialisierter Schweinemäster kann sich den gesamten Tierverkehr über diesen Online- Zugang ausdrucken. Außerordentliche Todesfälle (Verendungen) sind in dieser Datenbank nicht enthalten, sie können jedoch über die Belege der TKV (Aufbewahrungspflicht) schlüssig nachvollzogen werden.

Beim geschlossenen Zucht- und Mastbetrieb geht die Einstallung der Ferkel in die Mast aus der Schweinedatenbank nicht hervor. Hier sind entsprechende eigene Aufzeichnungen unerlässlich.

Vorgangsweise:

Als Hilfestellung für die Ermittlung des Tierbestandes kann entweder ein Formular in Schriftform ausgefüllt, oder das Tabellenblatt „Schw. Geflügel“ des LK-Düngerrechners verwendet werden.

- Ermittlung des Tierbestandes am 1. Jänner durch Zählen
- Alle Zu- und Abgänge (auch Verendungen) sind aufzuzeichnen.

Bei Verwendung des Formblattes zur schriftlichen Aufzeichnung ist der Tierbestand jede Woche aufzuzeichnen (siehe Beispiel 1). Zur Kontrolle der richtigen Erfassung der Zu- und Abgänge soll der Bestand immer am selben Wochentag (z.B. Montag früh) gezählt werden.

Eine zweite Möglichkeit zur Berechnung des Durchschnittbestands auf der Basis einer tagaktuellen Eintragung von Bestandsänderungen bietet das Tabellenblatt „Schw. Geflügel“ des LK-Düngerrechners. Hier brauchen nur die Änderungen mit dem entsprechenden Datum eingetragen werden, der Durchschnittsbestand wird mit jeder Änderung automatisch neu berechnet.

- Ermittlung des Jahresdurchschnittsbestandes

Bei der elektronischen Form ist der aktuelle Durchschnittstierbestand jederzeit ablesbar. Bei der Schriftform müssen die gezählten Tierbestände aller 52 Wochen auf summiert und anschließend durch 52 dividiert werden.

Beispiel 1: Wochenweise Aufzeichnungen in Schriftform

		Anfangsbestand 1 Jänner		**100**
Woche	Zugang (Zukauf, Überstellung von Ferkelaufzucht in die Mast)	Abgang		Aktueller Bestand
		Verkauf	Verendung	
1				100
2				100
3				100
4				100
5			1	99
6				99
7				99
8		25		74
9				74
10		50		24
11				24
12				24
13		24		0
14	100			100
15				100
16				100
17				100
18				100
19				100
20			1	99
21				99
22				99
23				99
24				99
25				99
26				99
27				99
28		25		74
29				74
30				74
31		49		25
32				25
33		25		0
34				0
35	100			100
36				100
37				100
38				100
39				100
40			1	99
41				99
42				99
43				99
44				99
45				99
46				99
47				99
48				99
49		25		74
50				74
51		50		24
52				24
SUMME	200	273	3	4168

Durchschnittsbestand = 4168/52 = 80,2

Beispiel 2: Tageweise Aufzeichnung mit Hilfe des Tabellenblatts „Schw. Geflügel“ im LK-Düngerrechner

Durchschnittstierbestand für Schweine und Geflügel ab (Datum)			01.01.2015
Durchschnittlicher Tierbestand			79,9
Nährstoffbestimmender Tierbestand			
Mastschweine			100,7
Bestandsveränderungen			
Datum	Zugang	Abgang	Aktueller Bestand
1.1.2015	Anfangsbestand		100
28.1.2015		1	99
18.2.2015		25	74
5.3.2015		50	24
23.3.2015		24	
3.4.2015	100		100
11.5.2015		1	99
8.7.2015		25	74
28.7.2015		49	25
11.8.2015		25	
24.8.2015	100		100
2.10.2015		1	99
4.12.2015		25	74
16.12.2015		50	24
31.12.2015	**200**	**276**	**24**

5.8 HERSTELLUNG EINER SCHLÜSSIGEN BEZIEHUNG ZU DEN N-ANFALLSWERTEN

Die Durchschnittstierliste spiegelt eine fiktive Situation wider, die davon ausgeht, dass jeder der berechneten Plätze täglich belegt ist. In den Tabellen der vorliegenden Richtlinie sind für die Darstellung der Nährstoffanfallswerte je Platz und Jahr allerdings etwas praxisnähere Annahmen getroffen worden, die für die Schweinemast wie folgt definiert sind:

- 728 g Tageszunahmen
- durchschnittlich 84 kg Aufmast
- daraus resultierend: 115 durchschnittliche Aufmasttage pro Umtrieb (mit einer Spanne von 93 bis 137 Tagen)
- 12 Tage Leerstehzeit zwischen restlosem Ausstallen einer Bucht und Wiederbelegung
- daraus resultierend: 145 Tage pro Umtrieb
- 365 / 145 = 2,52 Umtriebe pro Jahr

Erklärung zum Faktor 1,26:

2,52 Umtriebe mit durchschnittlich je 115 Aufmasttagen je Umtrieb ergeben 290 Masttage pro Jahr, die restliche Zeit steht der Stall leer. Die Nährstoffanfalls-Tabellenwerte beziehen sich genau auf diese Situation.

Der – wie oben gezeigt – berechnete Durchschnittsbestand enthält hingegen keine Leerstehzeiten. Auf einem Mastplatz, der jedoch 365 Tage im Jahr belegt ist, fällt jedoch eine höhere Nährstoffmenge an als auf einem Platz, der nur 290 Tage belegt ist, und zwar um das 365/290 = 1,26-fache.

Der im Bereich der Schweinemast ermittelte Durchschnittstierbestand ist mit dem Faktor 1,26 zu multiplizieren, um den „nährstoffbestimmenden Tierbestand“ zu erhalten.

5.9 ERMITTLUNG DES JAHRESDURCHSCHNITTSBESTANDS FÜR SCHWEINEMASTBETRIEBE MIT VORGESCHALTETER FERKELAUFZUCHT

Für die Ermittlung des N- Anfalls muss eine Zuordnung des Tierbestandes in die Tierkategorien Ferkel (8 - 32 kg) und Schweinemast (32 - 116 kg) erfolgen, da für diese Kategorien N- Anfallswerte ausgewiesen sind.

Es gibt grundsätzlich 2 Möglichkeiten die Jahresdurchschnittsbestände beider Tierkategorien zu erfassen.

5.9.1 FÜHRUNG VON 2 FORMBLÄTTERN GETRENNT NACH BEIDEN TIERKATEGORIEN

Der Betrieb führt jeweils ein Formblatt mit allen Zu- und Abgängen von Tieren im Gewichtsbereich von 8 bis 32 kg und im Gewichtsbereich von 32 bis 116 kg.

Es ergeben sich zwei Durchschnittsbestände. Dieses System ist auf jeden Fall dann anzuwenden, wenn nicht alle aufgezogenen Ferkel am eigenen Betrieb weitergemästet werden.

5.9.2 FÜHRUNG EINES FORMBLATTES FÜR BEIDE TIERKATEGORIEN (8 - 116 KG) MIT ANSCHLIESSENDER PROZENTUELLER AUFTEILUNG

Dieses System ist nur für jene Betriebe geeignet, die alle aufgezogenen Ferkel am eigenen Betrieb weitermästen. In diesem Fall führt der Betrieb ein Aufzeichnungsformular für den gesamten Gewichtsbereich von 8 - 116 kg. Der sich daraus ergebende Tierbestand wird anschließend prozentuell aufgeteilt.

TABELLE 78: AUFTEILUNGSSCHLÜSSEL IN FERKELAUFZUCHT UND MAST

	Ferkelaufzucht		**Schweinemast**	
Gewichtsbereich	8 kg	32 kg	32 kg	116 kg
tägliche Zunahmen in g		430		730
Aufmasttage		56		115
Aufteilung in %		33%		67%

Die Aufteilung des gesamten Durchschnittstierbestandes erfolgt also in der Art, dass ein Drittel (33,3 %) des Bestandes der Ferkelaufzucht (8 bis 32 kg) und zwei Drittel (66,7%) des Tierbestandes der Mast (32 bis 116 kg) zugerechnet werden.

Beispiel: Betrieb mit Güllesystem und „Standard-Fütterung“ ermittelt einen Durchschnittstierbestand im Gewichtsbereich von 8 - 116 kg von 600 Stück.

1/3 davon werden der Kategorie Ferkel (8 bis 32 kg) zugeordnet, das sind 200 Stück; der Rest fällt auf die Schweinemast (32 bis 116 kg), das sind 400 Stück.

TABELLE 79: BERECHNUNG DER N-AUSSCHEIDUNG LAUT BEISPIEL

Tierkategorie	Durchschnittstierbestand	N Anfall je Tier	N Anfall gesamt
Ferkel (8-32 kg)	200 (33,3% von 600)	x 2,5	500 kg
Mast (32-116kg)	400 (66,7% von 600)	x 7,5	3.780 kg
Gesamt	600		4.280 kg

Bei diesem Beispielsbetrieb fallen 4.280 kg N_{AL} aus der Tierhaltung an.

5.9.3 GEFLÜGEL

Es wird empfohlen, in Anlehnung an die Ermittlung der Durchschnittstierliste bei Mastschweinen dies auch bei den Puten (Faktor 1,2), Küken und Junghennen für Legezwecke bis ½ Jahr (Faktor 1,4), Mastküken und Jungmasthühnern (Faktor 1,3) durchzuführen. Da in der Geflügelhaltung die Haltedauer exakt vorhanden ist, kann die Berechnung vereinfacht über verkaufte Stück und Haltetage erfolgen. Zur Dokumentation wird empfohlen, Verkaufsbelege zu verwenden.

Beispiel: 40.000 Stück Masthühner – 3 Verkaufstermine je Umtrieb:

1. Teilverkauf: 10.000 Stück nach 29 Haltetagen

2. Teilverkauf: 20.000 Stück nach 32 Haltetagen

3. Teilverkauf: 10.000 Stück nach 36 Haltetagen

Daraus errechnet sich eine durchschnittliche Haltedauer von (29+ 2*33+37)/4 = 32,3 Tagen für 40.000 verkaufte Masthühner.

Diese Vorgangsweise ist bei jedem Umtrieb bezüglich der Haltedauer und der produzierten Anzahl an Masthühnern durchzuführen.

So ermittelt zum Beispiel ein Betrieb 7 Umtriebe mit einer durchschnittlichen Haltedauer von 33 Tagen und durchschnittlich 40.000 verkauften Masthühnern (arithmetisches Mittel von 7 Umtrieben).

Berechnung: 7,0 Umtriebe x 33 durchschnittlichen Masttagen = 231 Haltetage

40.000 x 231/365 = 25.315 durchschnittlich gehaltene Masthühner (Eintrag in die Tierliste).

25.315 x 1,3 (Korrekturfaktor) = 32.910 nährstoffbestimmende Anzahl an Masthühnern.

32.910 x 0,17 kg N ab Lager = 5.594,7 kg N_{aL}.

Erklärung zum Faktor 1,3:

In der Nährstoffanfallstabelle ist der N-Anfallswert von 0,17 kg N_{Lager} je Platz für eine 7-fache Belegung zu je 40 Tagen, das heißt, in Summe des Jahres für eine Belegdauer von 280 Tagen definiert.

Der Korrekturfaktor ergibt sich aus der Relation der dem Nährstoffanfallswert unterstellten Belegdauer (280 Tage) zur fiktiven Belegdauer der Durchschnittstierliste (365 Tage): 365/280 = 1,3

5.10 KOPIERVORLAGEN FÜR TABELLEN ZUR ERSTELLUNG EINER DÜNGEEMPFEHLUNG

5.10.1 ACKERLAND

TABELLE 80: ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM ACKERLAND

Erhebung des Nährstoffbedarfes im Ackerland für N3 P2O5 und K2O in kg/ha

Kulturart (Feldfrucht)			
Vorfrucht			
N-Düngung			
N-Düngempfehlung bei mittlerer Ertragserwartung in kg/ha	Tab. 24		
Einschätzung der Ertragserwartung in t/ha			
Zu- und Abschläge zur N-Düngung in %			
Ertragserwartung	Tab. 26		
Gründigkeit	Kap. 1.2.4.4 u. Tab. 26		
Bodenschwere	Tab. 2 u. Tab. 26		
N-Nachlieferungspotential	Tab. 9 u. Tab. 26		
Wasserverhältnisse	Kap. 1.2.4.5 u. Tab. 26		
Grobanteil	Kap. 1.2.4.5 u. Tab. 26		
Summe Zu-/Abschläge in % und in kg/ha*			
N-Düngeempfehlung nach Berücksichtigung der Standortfaktoren in kg/ha			
- abzüglich Vorfruchtwirkung und Ernterückstände in kg/ha	Tab. 60		
N - Düngeempfehlung in kg/ha			
*** Die Summe der Zuschläge zur N-Düngung sind mit maximal 50% begrenzt**			
PK-Düngung		P_2O_5	K_2O
P_2O_5 u. K_2O Düngeempfehlung bei Gehaltsklasse C in kg/ha	Tab. 32		
P_2O_5 u. K_2O - Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung	Tab. 10 und Tab. 12		
Zu- und Abschläge zur PK - Düngung in %			
P_2O_5 u. K_2O - Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung in %	Tab. 32 A od. Tab. 33		
P_2O_5 u. K_2O - Zu- und Abschläge bei Gehaltsklasse C für Ertragserwartung in %	Tab. 34		
K_2O - Abschläge bei Gehaltsklasse C - Abschläge für "C hoch" in %	Tab. 33		
K_2O - Zu- und Abschläge bei Gehaltsklasse C in % - bezüglich K-Mg-Verhältnis	Tab. 34		
Summe Zu-/Abschläge für P_2O_5 u. K_2O Düngung in %			
Summe Zu-/Abschläge für P_2O_5 u. K_2O Düngung in kg/ha			
- abzüglich Vorfruchtwirkung in kg/ha	Tab. 61		
P_2O_5 u. K_2O Düngeempfehlung in kg/ha			

5.10.2 GRÜNLAND

TABELLE 81: ERHEBUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFES IM WIRTSCHAFTSGRÜNLAND

Erhebung des Nährstoffbedarfes im Wirtschaftsgrünland und Feldfutterbau für N_3 P_2O_5 und K_2O in kg/ha

Nutzungsform			
Schnitthäufigkeit bzw. Nutzungstyp			
Einschätzung der Ertragserwartung in t TM/ha/Jahr (niedrig-mittel-hoch)	Tab. 23		
N - Düngeempfehlung in kg/ha	Tab. 31		
PK-Düngung			
P_2O_5 u. K_2O Düngeempfehlung bei Gehaltsklasse C	Tab. 35	P_2O_5	K_2O
P_2O_5 u. K_2O - Gehaltsklasse lt. Bodenuntersuchung	Tab. 10, Tab. 12		
P_2O_5 u. K_2O - Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse in %	unter Tab. 35		
P_2O_5 u. K_2O - Zu- und Abschläge gemäß Gehaltsklasse in kg/ha			
P_2O_5 u. K_2O Düngeempfehlung in kg/ha			

5.11 ERMITTLUNG UND BEWERTUNG DES NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG

TABELLE 82: ERMITTLUNG DES DURSCHNITTSTIERBESTANDES (WOCHENWEISE AUFZEICHNUNGEN)

Woche	Zugang	Abgang		Aktueller Bestand	Berechnung
		Verkauf	Verendung		Durchschnittsbestand
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. +
					Wo * Stk. =
					/ =
Durchschnittstierbestand					

TABELLE 83: ERMITTLUNG DES NÄHRSTOFFANFALLES AUS DER TIERHALTUNG

Ermittlung und Bewertung des Nährstoffanfalles aus der Tierhaltung

Tierkategorie			
Anzahl (Stichtag od. Durchschnittsliste)	Anhang 5.2.2		
Wirtschaftsdüngeranfall			
Art des Wirtschaftsdünger – Anfalls			
Wirtschaftsdüngeranfall in m^3/Stallplatz/6 Monate	Tab. 58		
Wirtschaftsdüngeranfall in m^3/Tierkategorie/Jahr			
Nährstoffanfall			
Nährstoffbestimmender Bestand			
N – Anfall		N	
Anfall N_{al} in kg/Jahr/Stahlplatz	Tab. 51		
Anfall N_{al} in kg/Jahr/Tierkategorie	=Anfall * Bestand		
N_{al} in kg/m^3 Dünger			
- abzüglich N-Ausbringungsverluste in %	unter Tab. 51		
N_{ff} in kg/m^3 Dünger			
- multipliziert mit der Jahreswirksamkeit in %	Tab. 58		
N_{jw} in kg/m^3 Dünger			
PK – Anfall		P_2O_5	K_2O
Anfall P_2O_5 und K_2O in kg/Jahr/Stahlplatz	Tab. 55		
Anfall P_2O_5 und K_2O in kg/Jahr/Tierkategorie	Tab. 55		
P_2O_5 und K_2O Gehalte in kg/m^3 Dünger			

5.12 VERTEILUNG DER WIRTSCHAFTS- UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB

TABELLE 84: DÜNGERVERTEILUNG WIRTSCHAFTSDÜNGER UND MINERALDÜNGER AM BETRIEB

		Düngeempfehlung (Nährstoffbedarf) in kg je ha lt. Tab. B1 u. B2			**Wirtschafts-dünger-ausbringung in m³/ha**		**Jahreswirksame Nährstoffmengen über Wirtschaftsdünger in kg/ha (Tab. B4)**			**Mineralische Ergänzungsdüngung in kg je ha**			**Mineralische Ergänzungsdüngung in kg auf der gesamten Kulturfläche**		
Kultur	Fläche (ha)	N	P_2O_5	K_2O	Mist	Gülle	N Jahr.	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Summe															

6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Beispiele für die mögliche Verteilung von Probenahmestellen 9
Abbildung 2: Schlagbohrer (Quelle: AGES); Schüsserlbohrer zur Beprobung von Grünlandflächen (Quelle:Fa. Ertl-Auer) 9
Abbildung 3: Orientierungsbereiche für Humusgehalte in Abhängigkeit von der Bodenschwere sandiger und lehmiger, grundwasserferner Ackerböden (nach Körschens, mod.) 16
Abbildung 4: pH-Wert und effektive KAK von leichten (Ton < 15%, Humus < 2,5%: rote Linie), mittleren (Ton 15 – 25%, Humus 2,5 – 3,75%: gelbe Linie) und schweren Böden (Ton > 25%, Humus 2,5 – 6,5%: grüne Linie) 24
Abbildung 5: Basensättigung bezogen auf KAK_{eff} (250 Datensätze aus dem Waldviertel) 24
Abbildung 6: Korrelation zwischen austauschbarem Mg bzw. Kalium und den pflanzenverfügbaren Anteilen 25

7 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Wichtige Bodenuntersuchungsparameter und -verfahren 11
Tabelle 2: Einstufung der Bodenschwere nach dem Tongehalt oder der Bodenart 13
Tabelle 3: Kriterien der Fingerprobe 14
Tabelle 4: Einstufung des Humusgehaltes im Acker- und Grünland für Mineralböden 14
Tabelle 5: Gegenüberstellung von Bodenschwere und anzustrebendem Humusgehalt für ackerbaulich genutzte Flächen 15
Tabelle 6: Bewertung des Carbonatgehaltes nach Scheibler für Acker- und Grünland 17
Tabelle 7: Einstufung der Bodenreaktion 18
Tabelle 8: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenschwere, Nutzungsart und Kultur 18
Tabelle 9: Einstufung des Stickstoffmineralisierungspotenzials durch die anaerobe Mineralisierung, Mineralisierungspotenzial nach EUF N_{org} und humusgehalt 20
Tabelle 10: Einstufung der Phosphorgehalte 21
Tabelle 11: Mindestgehalte an wasserlöslichem Phosphor für Wertebereiche innerhalb der Gehaltsklasse D 21
Tabelle 12: Einstufung der Kaliumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere 21
Tabelle 13: Einstufung der Magnesiumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere 22
Tabelle 14: Einstufung der Gehalte an Spurenelementen 26
Tabelle 15: Richtwerte zur Einstufung des Stickstoffnachlieferungs-potenzials 28
Tabelle 16: Einstufung der EUF – Phosphorgehalte 28
Tabelle 17: Einstufung der EUF – Kaliumgehalte 29
Tabelle 18: Ableitung der Bodenreaktion aus dem Ca-Gehalt der 2. EUF - Fraktion 30
Tabelle 19: Einstufung der EUF–Magnesiumgehalte 30
Tabelle 20: Einstufung der EUF – Bor- und Spurenelementgehalte 30
Tabelle 21A: Einschätzung der Ertragslage von Ackerkulturen in t/ha 33
Tabelle 21B: Einschätzung der Ertragslage von Ackerkulturen (Fütterung) in m^3/ha auf Basis von Hektolitergewichten 34
Tabelle 22: Ertragseinschätzung von Grünland 37
Tabelle 23: Einschätzung der Ertragslage der einzelnen Nutzungsformen im Wirtschaftsgrünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung auf Basis des durchschnittlichen Ertrages (Bruttoerträge vor Abzug von Feld-, Werbe-, Ernte- und Konserverungsverlusten) 37
Tabelle 24: Empfehlungsgrundlage für die Stickstoffdüngung in kg N/ha bei mittlerer Ertragserwartung 39
Tabelle 25: Berechnung des Stickstoffeintrages durch das Beregnungswasser in Abhängigkeit vom Nitratgehalt 40
Tabelle 26: Zu- und Abschläge bei der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit von den Standortfaktoren, Angaben in % vom Wert der Empfehlungsgrundlage für mittlere Ertragserwartung. 41
Tabelle 27: 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) 42

Tabelle 28: 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) 43
Tabelle 29: 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) 43
Tabelle 30: 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 44
Tabelle 31: Empfehlungsgrundlage für die Stickstoffdüngung in kg/ha und Jahr im Grünland, Feldfutterbau und in der Sämereienvermehrung 47
Tabelle 32: Richtwerte für die Düngung mit Phosphor und Kalium bei Gehaltsklasse C (Angaben in kg/P_2O_5 bzw. K_2O/ha und Jahr) 49
Tabelle 33: Korrekturfaktoren für den Wert aus Tabelle 32 in Abhängigkeit von der Gehaltsklasse für Ackerkulturen 50
Tabelle 34: Anpassung der Phosphor- und Kaliumdüngung an die Standortseigenschaften (gilt ausschliesslich für Böden mit einer Nährstoffversorgung der Gehaltsklasse C) 51
Tabelle 35: Empfehlungen für die Düngung des Grünlandes mit Phosphor und Kalium bei einer Nährstoffversorgung der Gehaltsklasse C im Boden (Angaben in kg P_20_5 und K_20 pro ha und Jahr) 52
Tabelle 36: Zuschlagsfaktoren für die Werte aus Tabelle 35 in Abhängigkeit von der Gehaltsklasse für Grünland 52
Tabelle 37: Empfehlung für die Magnesiumdüngung (kg MgO/ha und Jahr) 53
Tabelle 38: Korrespondierende pH-Werte gemäß ÖNORM L 1083 ($CaCl_2$) und in Ca – acetat. Die Angaben basieren auf langjährigen Untersuchungsergebnissen, im Einzelfall sind Abweichungen möglich 54
Tabelle 39: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH ($CaCl_2$) und pH – Ac: schwere Ackerböden, Ziel - pH 6,5. 54
Tabelle 40: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH ($CaCl_2$) und pH – Ac: mittlere Acker- und schwere Grünlandstandorte, Ziel - pH 6,0 54
Tabelle 41: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH ($CaCl_2$) und pH – Ac: leichte Acker- und mittlere Grünlandstandorte, Ziel - pH 5,5 55
Tabelle 42: Kalkbedarf in Abhängigkeit von pH (CaCl2) und pH – Ac: leichte Ackerböden mit wenig kalkbedürftigen Kulturen und leichte Grünlandstandorte, Ziel - pH 5,0 55
Tabelle 43: Kalkbedarf von Acker- und Grünland in Abhängigkeit von Bodenschwere und pH-Wert im Zeitraum von 4 – 6 Jahren 55
Tabelle 44: Umrechnung des Kalkbedarfs in t CaO/ha auf die erforderliche Menge häufig verwendeter Kalkdünger 56
Tabelle 45: Schwefeldüngung im Ackerbau und Grünland 57
Tabelle 46: Spurennährstoffbedarf wichtiger Ackerkulturen (modifiziert nach Kerschberger und Marks, 2000) 58
Tabelle 47: Empfohlene Bor - Bodendüngung (kg Bor/ha) in Abhängigkeit vom Borgehalt des Bodens 59
Tabelle 48: Empfohlene Cu- Düngung (kg Cu/ha) in Abhängigkeit vom Cu-Gehalt des Bodens 60
Tabelle 49: Empfohlene Zinkdüngung (kg Zn/ha) in Abhängigkeit vom Zn-Gehalt des Bodens 61
Tabelle 50: Empfohlene Mangandüngung (kg Mn/ha) in Abhängigkeit vom Mn-Gehalt des Bodens 62
Tabelle 51: Durchschnittliche Raumgewichte von Wirtschaftsdüngern und Komposten 66
Tabelle 52: Kalkulatorische N-Verluste im Stall und am Lager (in %) 66
Tabelle 53: Jährlicher Stickstoffanfall aus der Tierhaltung je Stallplatz nach Abzug der Stall- und Lagerverluste in kg (N_{al}) 67
Tabelle 54: Jährlicher Stickstoffanfall aus der Tierhaltung je Stallplatz nach Abzug der Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste in kg feldfallender Stickstoff (N_{ff}) 70
Tabelle 55: Relativer Anteil von NH_4-N und organisch gebundenem N in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern 72
Tabelle 56: Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs in % bezogen auf die feldfallenden Stickstoffmengen für Acker- und Grünland 73
Tabelle 57: Beispiel für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffanfalls (N_{jw}) gemäß Tabelle 53, 54 und 57: Milchkuh (Milchleistung: 6000 kg pro Jahr; Gülle) 73
Tabelle 58: Beurteilung der Wirksamkeit von organisch gebundenem Stickstoff unterschiedlicher Stickstoffquellen 74
Tabelle 59: Anfallsmengen an P_2O_5 und K_2O aus der Tierhaltung (in kg je Stallplatz und Jahr) 75

Tabelle 60: Wirtschaftsdüngeranfallsmengen für 6 Monate je Stallplatz in m^3 bei verschiedenen Entmistungssystemen 77
Tabelle 61: Raumgewicht von Wirtschaftsdüngern und Komposten 79
Tabelle 62: Bewertung der Ernterückstände, der Zwischenbegrünung und der Vorfruchtwirkung für die unmittelbare Folgekultur – Stickstoff (GB…Grünbrache) 81
Tabelle 63: Bewertung der Ernterückstände und Vorfruchtwirkung – Phosphor und Kalium 82
Tabelle 64: Erhebung des Nährstoffbedarfes im Ackerland für N, P_2O_5 und K_2O in kg/ha 85
Tabelle 65: Erhebung des Nährstoffbedarfes im Wirtschaftsgrünland und Feldfutterbau für N, P_2O_5 und K_2O in kg/ha 86
Tabelle 66: Ermittlung des Durschnittstierbestandes (wochenweise Aufzeichnungen) 87
Tabelle 67: Ermittlung und Bewertung des NPK-Nährstoffanfalles aus der Tierhaltung 88
Tabelle 68: Düngerverteilung Wirtschaftsdünger und Mineraldünger am Betrieb 89
Tabelle 69: Bandbreiten des Kalkbedarfs 91
Tabelle 70: Kalkentzug durch die Ernte: 92
Tabelle 71: Jährliche Kalkverluste durch Auswaschung und Neutralisation 93
Tabelle 72: Umrechunngsfaktoren zur Angabe der Nährstoffgehalte 93
Tabelle 73: Rohproteingrenzen bei Mastschweinen und Jungsauen 98
Tabelle 74: Rohproteingrenzen bei Zuchtsauen (inkl. Ferkel bis 8kg Lebendgewicht), Ferkeln und Ebern: . 99
Tabelle 75: P-Obergrenzen ohne Einsatz von Phytase 100
Tabelle 76: Übersicht zur Ermittlung der Faktoren zur Ermittlung der N-Anfallswerte für Geflügel 100
Tabelle 77: Faktoren zur Ermittlung der N-Anfallswerte für Lämmer 101
Tabelle 78: Aufteilungsschlüssel in Ferkelaufzucht und Mast 105
Tabelle 79: Berechnung der N-Ausscheidung laut Beispiel 106
Tabelle 80: Erhebung des Nährstoffbedarfes im Ackerland 108
Tabelle 81: Erhebung des Nährstoffbedarfes im Wirtschaftsgrünland 109
Tabelle 82: Ermittlung des Durschnittstierbestandes (wochenweise Aufzeichnungen) 110
Tabelle 83: Ermittlung des Nährstoffanfalles aus der Tierhaltung 111
Tabelle 84: Düngerverteilung Wirtschaftsdünger und Mineraldünger am Betrieb 112

MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

bmlfuw.gv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln.
Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.