

Die Bodenuntersuchung

Leitfaden zur Ergebnisinterpretation von chemischen Bodenuntersuchungen und Handlungsanleitung zur Bodenansprache

Boden.Wasser.Schutz.Beratung, Abteilung Pflanzenbau, LK OÖ

Stand: 2022-04



Inhalt

Einleitung	2
Nährstoffbilanzierung – Betriebsanalyse	3
Nährstoffbedarfzahlen – Schlaganalyse	3
Physikalische Bodenuntersuchung – Spatenprobe	4
Die chemische Bodenuntersuchung	5
Kalkversorgung	6
Humusgehalt	7
Stickstoffversorgung (N)	8
Phosphorgehalt (P)	8
Kaliumgehalt (K)	9
Düngeempfehlungen P & K	10
Magnesium (Mg)	13
Schwefel (S)	13
Spurenelemente	14
Gesamtheitliche Betrachtung	15
Untersuchungslabors zur chem. Bodenuntersuchung	16

Einleitung

Die Bodenuntersuchung hat nur in Verbindung mit einer Fülle anderer Kennzahlen, Werte und Parameter eine unmittelbare Aussagekraft für die Düngung.

Ein Wert als absolute Zahl gesehen, z.B. 14 mg P_2O_5 , hat nur eine sehr beschränkte Bedeutung. Erst in Verbindung mit Bodenart, Bodenzustand (Struktur), Nährstoffbilanz, Vergleich mit früheren Werten, anzubauender Kultur usw. kann die Zahl eingeordnet und interpretiert werden.

Ebenso ist zu unterscheiden zwischen der chemischen Untersuchung, die meist in einem Labor abläuft, und der physikalischen Untersuchung, die am Feld erfolgt und von der Landwirtin/dem Landwirt selbst durchgeführt werden kann. Besonders hervorzuheben ist dabei die Spatenprobe.

Im Vorfeld zur chemischen Bodenuntersuchung sollen daher einige Bereiche stichwortartig aufgezeigt und kurz beschrieben werden.

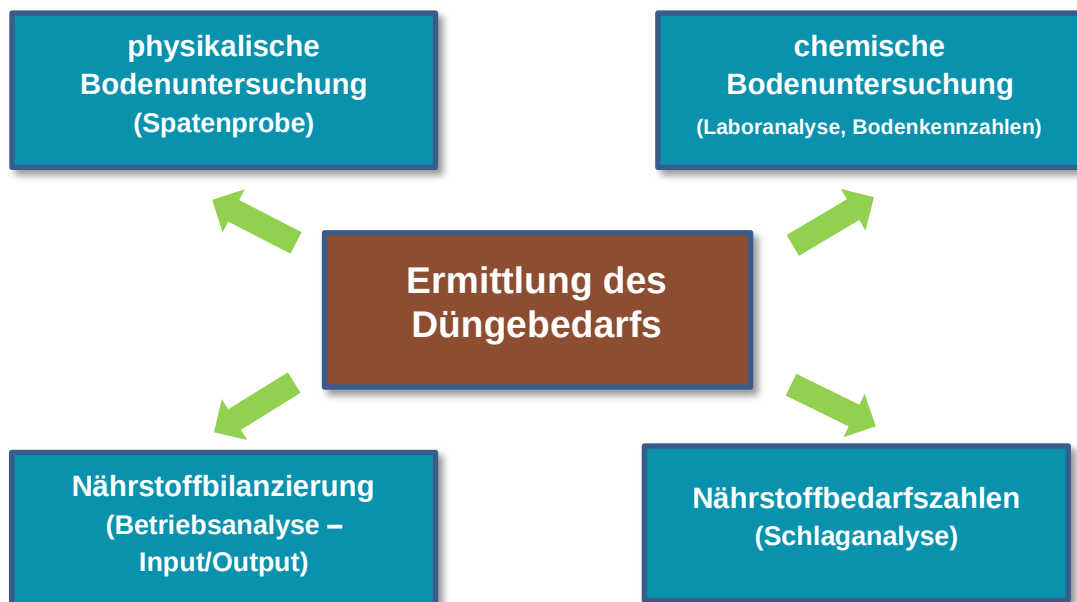


Abbildung 1: Das Verbinden und Verarbeiten der Zahlen zu einer Einheit bringt den gewünschten Erfolg.



Abbildung 2: Bodenuntersuchungen können direkt am Feld oder mittels Laboranalyse durchgeführt werden.

Nährstoffbilanzierung – Betriebsanalyse

Betriebliche Zielsetzung:

- Grober Überblick über die allgemeine Nährstoffsituation am Betrieb (Bedarf/Entzug, Rücklieferung über Düngung/Ernterückstände, Saldo)
- Erkennen von Nährstoffmangel
- Erkennen von Nährstoffüberschüssen

bei Stickstoffüberschüssen:

- Analyse der Ist-Situation
- Kapazitäten prüfen – ist ausreichend Wirtschaftsdüngerlagerraum vorhanden?
- Verbesserungen für das Düngemanagement

Nährstoffbedarfszahlen – Schlaganalyse

Untersuchungsparameter und Zielsetzung:

- Ermitteln des durchschnittlich erzielbaren Ertragsniveaus ($\bar{x}$ von fünf Jahren)
- Ermitteln des Nährstoffbedarfes
- Beachten der natürlichen Standortbedingungen (Hang, Staulage usw.)
- Beachten der Bodengegebenheiten (leicht, mittel, schwer)
- Beachten der Bodenstruktur (Gare, Verdichtungen, Pflugsohle, ...)
- Beachtung der Vorfruchtwirkung
- Beachtung der Witterung
- Beachtung der Bestandesentwicklung
- Nützen von aktuellen Nährstoffbedarfsuntersuchungen, z.B. N_{min} -Werte



Abbildung 3: Eine bedarfsgerechte Düngung nach Bestandesentwicklung und Einbeziehung der Vorfrucht und Bodengegebenheiten spart Geld und beugt Nährstoffeinträgen in Oberflächen- und Grundwasser vor.

Physikalische Bodenuntersuchung – Spatenprobe

Gerade der Boden selbst liefert eine Vielzahl von Hinweisen, die Rückschlüsse zulassen und damit erst die richtige Interpretation von Werten ermöglichen.

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| ☞ Ausbildung von Bodenkrümel | ☞ Wasser, Lufthaushalt usw. |
| ☞ Intensität der Durchwurzelung | ☞ Nährstoffverfügbarkeit usw. |
| ☞ Ernterückstände (Geruch, Rotte) | ☞ Nährstoffnachlieferung usw. |
| ☞ Regenwürmer, Kleinsttiere | ☞ Biologische Aktivität usw. |
| ☞ Bodenhorizonte | ☞ Nutzbarer Wurzelraum usw. |
| ☞ Verdichtungen | ☞ Wachstumsumfeld usw. |
| ☞ Farbe und Geruch | ☞ Bruchverhalten |

Der Spaten stellt ein wichtiges Hilfsmittel zur Einstufung des Standortes und der Bestimmung der Nährstoffverfügbarkeit dar. In einem verdichteten Boden reichen auch hohe Nährstoffwerte nicht aus, um die Nährstoffversorgung sicherzustellen, da die Auf-, Um- und Abbauprozesse sowie die Aktivität des Bodenlebens (beispielsweise durch den Sauerstoffmangel) empfindlich gestört werden. Hohe Düngegaben bringen in diesem Fall auch nicht den gewünschten Effekt.

Neben dem Spaten können mit einer Bodensonde etwaige Bodenverdichtungen festgestellt werden. Diese können nach der Ernte bei trockener Witterung mit einem entsprechenden Bodenbearbeitungsschritt aufgelockert werden.



Abbildung 4: Durch die Spatenprobe können Strukturprobleme und Verdichtungen festgestellt werden.

Tabelle 1: Kriterien zur Beurteilung einer Spatenprobe

Merkmale	günstig	ungünstig
Größenverteilung der Aggregate	gleichmäßige Aggregate	inhomogene grobe Klumpen
Gefügeform (Struktur)	locker, krümelig (rund)	fest, plattig, scharfkantig
Geruch	erdig	faulig
Farbe	gleichmäßig braun	graue/blaue Flecken
Ernterückstände	in Abbau, gleichmäßig verteilt	frisch, konserviert, ungleichmäßig verteilt
Durchwurzelung	gleichmäßig hohe Dichte, gerade Pfahlwurzeln	wurzelleere Zonen, Ausweichen der Wurzeln
Poren	zahlreiche Wurm,- und Wurzelröhren (Grobporen)	wenig porös
Regenwürmer	> 8	< 4

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

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

Bodenschwere	Tongehalt	Bodenart
leicht	unter 15 %	S, uS, IS, sU
mittel	15 - 25 %	tS, U, IU, sL
schwer	über 25 %	L, uL, sT, IT, T

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Nähere Informationen liefert die Österreichische Bodenkarte: [eBOD2 \(bodenkarte.at\)](http://eBOD2.bodenkarte.at)

Tabelle 3: Kriterien der Fingerprobe

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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage



Abbildung 5: Durchführung der Fingerprobe

Die chemische Bodenuntersuchung

Richtige Probenziehung

Die chemische Bodenuntersuchung ist in der Regel ein Wert einer Durchschnittsprobe. Die entnommene Probe muss repräsentativ für den Boden der beprobten Fläche sein. Dabei sind folgende Bodeneigenschaften zu berücksichtigen (Bodenform gemäß Bodenkartierung, Lage und Relief, z.B. Ober-, Unterhang, Gründigkeit, Bodenschwere/Tongehalt, Wasserversorgung, Grobanteil). Folgendes sollte beachtet werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten:

- Die Größe der Fläche für eine Durchschnittsprobe im Ackerbau und im Grünland darf 5 ha nicht überschreiten – mindestens 25 Einstiche je Mischprobe.
- Keine Einstiche von nicht typischen Stellen (z.B. frisch planierte Stellen, Randstreifen, Vorgewende, Mietenplätze, Maulwurfshügel usw.).
- Einstiche auf Acker bis auf Bearbeitungstiefe (zumindest bis 20 cm), bei Grünland auf 10 cm Tiefe durchführen.
- Keine Bodenprobe nach kurz vorangegangener Düngung!
 - **mindestens 1 Monat** nach letzter **mineralischer Düngergabe**
 - **mindestens 2 Monate** nach letzter **organischer Düngergabe**
- Die Mindestprobemenge für eine Untersuchung liegt bei 300 g und sollte 1.000 g nicht übersteigen.
- Organische Reste wie Stroh oder Pflanzenteile aus der Probe entfernen, da sonst nicht aussagekräftig.
- Erhebungsbogen mit gewünschten Untersuchungen und Betriebsdaten vollständig ausfüllen!



Abbildung 6: Für eine chemische Nährstoffanalyse ist eine Vielzahl an technischen Gerätschaften erforderlich. (Laborfotos CEWE Nußbach)

Kalkversorgung

Durch die Bestimmung des **pH-Wertes** wird indirekt auch der Kalkbedarf bestimmt. Nachstehende Werte sollten angestrebt werden:

Tabelle 4: anzustrebende pH-Werte (CaCl_2) je nach Bodenschwere Nutzungsart und Kultur

Bodenschwere	Ackerland (Hafer, Roggen, Kartoffel)	Ackerland (übrige Kulturen)	Grünland
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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

In Oberösterreich sollte im Allgemeinen eine laufende Erhaltungskalkung durchgeführt werden. Der Kalkbedarf (Reinkalk CaO) beträgt ca. 200 bis 400 kg pro Hektar und Jahr.

Je höher die Niederschläge sind und je geringer der Boden bedeckt ist (Schwarzbrache), umso höher ist der Kalkbedarf.

Eine Erhaltungskalkung dient zum Ausgleich der natürlichen Versauerung durch Auswaschung, Entzug, Säureeinträge oder Säurebildung

- 0,5 t (leichte Böden) bis 2 t (schwere Böden) CaO alle 4 bis 6 Jahre am Acker
- 0,5 t (leichte Böden) bis 1 t (schwere Böden) CaO alle 4 bis 6 Jahre am Grünland

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. Durch sehr hohe Gehalte an Magnesium kann es zu erhöhten pH-Werten kommen, trotz Mangel an Calcium. Bei derartigen Standorten sollten die austauschbaren Kationen und die Kationen-Austauschkapazität (KAK) untersucht werden. Der Kalkbedarf ist auch immer in Verbindung mit Magnesium (Mg) zu sehen.



Abbildung 7: Kalk bringt's!

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 auch durch die Bildung von Ca-Brücken zwischen den Bodenkolloiden günstig auf die physikalischen Eigenschaften (Porenanteil, Wasseraufnahme, geringere Verschlammungs- und Erosionsgefahr) aus.

Um ein ausgeglichenes Nährstoffangebot und eine günstige Bodenstruktur zu gewährleisten, sollte der Sorptionskomplex des Bodens folgendermaßen belegt sein (siehe Abb. 7):

- 75 bis 90 % mit Calcium (Ca)
- 5 bis 15 % mit Magnesium (Mg)
- 2 bis 5 % mit Kalium (K)
- weniger als 1 % mit Natrium (Na)

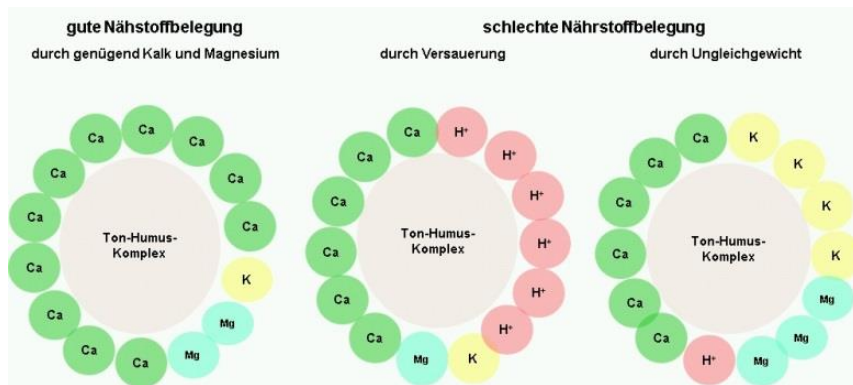


Abbildung 8: Schemata einer möglichen Nährstoffbelegung am Austauschkomplex

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.

Humusgehalt

Der Humusgehalt eines Standortes ergibt sich aus dem Fließgleichgewicht zwischen Abbau (Mineralisierung), Aufbau (Humifizierung) und konservierenden Prozessen von organischer Substanz.

Humus verbessert eine Vielzahl von Bodeneigenschaften wie die Bodenstruktur, die biologische Aktivität, das Speichungsvermögen für Wasser und Nährstoffe sowie die Filter- und Pufferfunktion. Humus ist daher für die Erhaltung der Produktivität und Fruchtbarkeit der Böden von wesentlicher Bedeutung. Im Humus wird Kohlenstoff gespeichert und gewinnt in Hinblick der Einhaltung von Klimazielen (CO₂-Speicherung) immer mehr an Bedeutung.

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. Wobei jedoch angemerkt werden muss, dass je nach Standortbedingungen auch natürliche Obergrenzen für den Humusgehalt bestehen.

Tabelle 5: Humuseinstufungen und anzustrebende Mindestgehalte

	Gehaltsklasse A niedrig	Gehaltsklasse C mittel	Gehaltsklasse E hoch
Ackerland	unter 2 %	2 – 4,5 %	über 4,5 %
Grünland	unter 4,5 %	4,5 – 9 %	über 9 %
Sorptionskraft (Bodenschwere) (siehe Tabelle 2)		anzustrebender Mindestgehalt (Ackerland)	
leicht		über 2 %	
mittel		über 2,5 %	
schwer		über 3 %	

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage



Abbildung 9: Bodenlebewesen, wie der Regenwurm, tragen entscheidend durch ihre Lockerungsaktivitäten und Ausscheidungen zur Humusbildung bei. Sie müssen über Ernterückstände, organische Dünger und Zwischenfrüchte ernährt werden.

Stickstoffversorgung (N)

Stickstoff befindet sich immer in Umwandlung. Im Gegensatz zu anderen Nährstoffen liegt ein Großteil des pflanzenverfügbaren N in leicht löslicher Form als Nitrat oder Ammonium vor. Dieser Gehalt an „mineralisiertem N“ kann zwar analytisch recht gut bestimmt werden, jedoch unterliegt dieser starken Schwankungen. Mitunter wirken sich Temperatur, Feuchtigkeit und somit auch Probennahmezeitpunkt auf die ermittelten Gehalte aus. Die Untersuchung nach $N_{\min}$ stellt daher nur eine Momentaufnahme dar und muss zu definierten Zeitpunkten erfolgen. Mit der anaeroben Bebrütungsmethode wird die Menge an nachlieferbarem Stickstoff gemessen. Je nach Nachlieferungsvermögen kann die Stickstoffdüngung innerhalb der gesetzlichen Parameter angepasst werden.

Tabelle 6: Einstufung des anaeroben N-Mineralisierungspotenzials auf Ackerböden

	N-Nachlieferung (N_{nl}) in 7 Tagen (mg N/kg)	Zu-/Abschlag N-Düngung (Obergrenzen laut AP Nitrat & GW beachten!)
niedrig	unter 35	+ 10 %
mittel	35 – 75	+/- 0 %
hoch	über 75 mg	- 15 %

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage



Abbildung 10: Nicht nur die Stickstoffmenge, sondern auch die Querverteilung am Feld ist wichtig, um die Pflanzenversorgung sicherzustellen und eine flächendeckende Ausnutzung des Düngepotenzials zu gewährleisten.

Phosphorgehalt (P)

Der Phosphatgehalt des Bodens wird in mg P/1.000 g Feinboden angegeben.

Tabelle 7: Einstufung der Phosphorgehalte (mg P/1.000g) nach Bodennutzung

	Gehaltsstufe	Acker	Grünland
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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Entsprechende Zu- oder Abschlüsse sind je nach P-Gehaltsstufe vorzunehmen.

Bei der Teilnahme an einer ÖPUL-Maßnahme ist jedenfalls auf die Einhaltung (gesamtbetrieblich) des Phosphormindeststandards (ab 2023 GLÖZ 10) zu achten. Eine Phosphordüngung über den Bedarf ist nicht sinnvoll, schlecht für die Betriebsbilanz und die Ursache für Einträge in Oberflächengewässer – durch Erosion!

Bei Trockenheit – besonders im Frühjahr – kann die P-Verfügbarkeit vermindert sein. Ein optimaler Luft- und Wasserhaushalt (gute Struktur, Durchwurzelung, Krümel) verbessert die Verfügbarkeit des Phosphors. Ebenso begünstigen höhere Bodentemperaturen und pH-Werte im Bereich zwischen 6 und 7 die Verfügbarkeit des Phosphors.



Abbildung 11: Eine bodennahe Ausbringtechnik flüssiger Wirtschaftsdünger reduziert Emissionen und bringt verbesserte Nährstoffeffizienz!

Kaliumgehalt (K)

Der Kaliumgehalt wird ebenso wie der Phosphorgehalt in mg K / 1.000 g Feinboden angegeben. Die Abstufung in Gehaltsklassen erfolgt in Abhängigkeit von Boden- und Nutzungsart.

Tabelle 8: Einstufung der Kaligehalte nach Bodenschwere und Nutzungsart

Gehaltsstufe		Acker- und Feldgemüse			Grünland
		Boden leicht (< 15 % Tongehalt)	Boden mittel (15 – 25 % Tongehalt)	Boden schwer (> 25 % Tongehalt)	
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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Die Beurteilung der Gehaltsstufen bei Kalium (Zu-/Abschläge in der Düngung) ist ebenso zu interpretieren wie bei Phosphor. Ausnahme bilden sehr leichte Böden, oder Böden, die zu Kalifixierungen neigen:

- **Sehr leichte (sandige) Böden:**

Aufgrund des fehlenden Tonanteiles ist das Bindevermögen für Kalium sehr gering. Kalium verbleibt oder geht sehr stark in die Bodenlösung und kann dann ausgewaschen werden. Eine bedarfsgerechte Kaliumdüngung ist anzustreben.

- **Fixierende Böden:**

Bestimmte tonhaltige Böden können Kalium in den Zwischenschichten einlagern, somit der Pflanzenwurzel das Kalium versperren. Auf derartigen Böden sollte die Kaliumdüngung in Teilgaben, ähnlich der Stickstoffdüngung, durchgeführt werden, um so immer wieder „frisches“ Kalium zuzuführen.



Abbildung 12: Bodenprofil – ein Blick in den Boden lohnt sich allemal!

1. Düngeempfehlung – Acker

Vorgangsweise für die Ermittlung der Düngeempfehlung:

Die Düngeempfehlungen für die jeweilige Kultur gemäß Tabelle 9:

- korrigiert gemäß Zu- und Abschläge je Gehaltsklasse...
- korrigiert gemäß Standorteigenschaften 9.a)...
- abzüglich den Ernterückständen 9.b) = **kg P₂O₅ bzw. K₂O/ha**.

Tabelle 9: Empfehlung für die Düngung mit Phosphor und Kalium bei Gehaltsstufe C
(Angaben in kg P₂O₅ bzw. K₂O/ha und Jahr)

Kultur		P ₂ O ₅	K ₂ O
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
Feldfutter als Teil der Fruchtfolge im Ackerbau	kleebetont (über 40 Flächen %)	65	190
	gräserbetont	70	205
	Gräserreinbestände	70	225
Sämereienvermehrung	Alpingräser	60	120
	Gräser für das Wirtschaftsgrünland	80	160
	Rotklee	100	200

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Zu- und Abschläge gemäß der Einstufung in Gehaltsklassen

Gemäß der Einstufung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem **Phosphor** und **Kalium** (nach ÖNORM L 1087) sind folgende Zu- oder Abschläge zu den in Tabelle 9 angegebenen Werten zu berücksichtigen. Eine detaillierte Beschreibung finden sie in Tabelle 42 (S.94) in den Richtlinien für sachgerechte Düngung, 8. Auflage)

Gehaltsklasse A: 50 % Zuschlag (Korrekturfaktor 1,5) zum Wert gemäß Tabelle 9

Gehaltsklasse B: 25 % Zuschlag (KF 1,25) zum Wert gemäß Tabelle 9

Gehaltsklasse C: Siehe Tabelle 9

C2: bei Nährstoffgehalten zwischen 90 und 111 mg P/1.000 kann ein Abschlag von 50 % vom Wert gemäß Tabelle 9 erfolgen – Kalium ist hier gesondert zu betrachten!

Gehaltsklasse D: Grundsätzlich keine mineralische Düngung;
D2: bei Böden über 15 % Tongehalt ist eine Unterfußdüngung mit P bis zu 50 % des Wertes gemäß Tabelle 9 möglich;

Gehaltsklasse E: Eine weitere Nährstoffzufuhr ist nicht zu empfehlen;

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

Die Empfehlungen sind im Mittel von 5 Jahren einzuhalten!

Tabelle 9.a): Anpassung der Phosphor- und Kaliumdüngung an die Standorteigenschaften
(gilt ausschließlich für Böden der Gehaltsklasse C)

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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Zusätzlich sollte auch die Kaliumfixierung berücksichtigt werden.

Tabelle 9.b): Ernterückstände; Bewertung der Ernterückstände – Phosphor & Kalium (kg/ha)

Rückstände	P ₂ O ₅	K ₂ O		
		niedrig	Ertragslage 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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

2. Düngeempfehlung – Grünland

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

Tabelle 10: Düngeempfehlung laut Ertragslage in kg P₂O₅ bzw. K₂O/ha und Jahr

Nutzungsformen	Ertragslage					
	niedrig		mittel		hoch	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Dauer- und Wechselwiese						
1 Schnitt	15	45	30	80	-	-
2 Schnitte	30	80	45	120	-	-
3 Schnitte	45	130	65	170	80	215
4 Schnitte	-	-	80	205	90	260
5 Schnitte	-	-	85	230	105	300
6 Schnitte	-	-	-	-	120	340
2 Schnitte + 1 bis 2 Weidegänge	-	-	60	190	80	225
2 Schnitte + 2 oder mehr Weidegänge	-	-	80	215	100	290
Dauerweiden						
Kulturweiden						
Ganztagsweide (über 12 Std.)	30	80	55	145	80	215
Kurztagsweide (unter 12 Std.)	35	105	60	160	90	260
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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Bei einem pH-Wert über 6 kommt weicherdiges Phosphat (z.B. Hyperphosphat) nicht mehr zur Wirkung. Ab diesem pH-Bereich wird der Einsatz von aufgeschlossenen Phosphaten (z.B. Superphosphat) empfohlen. *Achtung:* Auf ÖPUL-Vorgaben achten!

Die Düngung sollte vorwiegend mit Wirtschaftsdüngern sowie in den Gehaltsklassen A und B nach Bedarf auch kombiniert mit einer mineralischen P/K-Ergänzungsdüngung erfolgen.

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

Magnesium (Mg)

Die Magnesiumgehalte im Boden sind überwiegend geogen bedingt. Die Gehaltsklassen für Magnesium werden ebenso wie bei Kali in Abhängigkeit von der Bodenschwere eingeteilt und in mg Mg/1.000 g Feinboden angegeben.

Tabelle 11: Einstufung der Magnesiumgehalte nach der Bodenart

Gehaltsstufe	Bodenschwere/Tongehalt (%)		
	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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Auf kalkarmen Böden können zur Magnesiumversorgung auch Magnesium haltige 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 – auch in den meisten Fällen am Ackerland – 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.

Schwefel (S)

Schwefel verhält sich im Boden ähnlich dem Stickstoff und muss vor der Aufnahme entweder mineralisiert oder „frisch“ gedüngt werden. Aufgrund der Wechselwirkung mit Stickstoff fließen bei einem Schwefelmangel mehrere Faktoren ein. Sulfate sind wie Nitrate auswaschungsgefährdet – eine Vorratsdüngung ist daher nicht sinnvoll.

Schwefel kann in der Pflanze nicht umgelagert werden. Bei einer ausreichenden Versorgung bzw. Überversorgung in älteren Pflanzenteilen kann es zu Schwefelmangel an jungen Teilen kommen (siehe Abb. 13).



Abbildung 13: Schwefelmangel bei Raps – aufhellen jüngerer Blätter

Tabelle 12: Schwefeldüngung im Ackerbau und Grünland

Kulturart	Düngemenge in kg S/ha	Düngezeitpunkt
Winterraps	30 – 60	Vegetationsbeginn
Getreide	10 – 30	Vegetationsbeginn
Mais ¹⁾	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 Wirtschaftsdünger abgedeckt	

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

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Spurenelemente

Die Gehalte an Spurenelementen im Boden werden als ppm angegeben. Das ist 1 mg (Milligramm oder Tausendstelgramm) je kg (Kilogramm) Feinboden. Wie der Name bereits ausdrückt, handelt es sich nur um Spuren, das heißt äußerst geringe Mengen! Mit Spurenelementen sollte daher entsprechend vorsichtig umgegangen werden.

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 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.

Auch bei sehr niederen Gehalten sollte meist **keine Aufdüngung** durchgeführt werden, sondern diese Elemente gezielt zu Kulturen mit einem hohen Bedarf (z.B. Bor zu Rübe) eingesetzt werden. Eine Anhebung der Versorgungsstufe von z.B. A auf C ist anders als bei den Makronährstoffen P & K kaum möglich. Die Gratwanderung zwischen Nährstoffmangel und toxischer Dosis ist gerade bei Bor sehr schmal.

Spurenelementuntersuchungen sind meist nur in Problemfällen notwendig und sinnvoll, um hiermit Erklärungen für bestimmte Wachstumsbeeinflussungen finden zu können.

Tabelle 13: Einstufung der Gehaltsklassen von Spurenelementen (in mg/1.000 g)

Gehaltsstufe	Bor	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen
A niedrig	< 0,25	< 2	< 2	< 20	< 20
C mittel	um 0,7	um 8	um 8	um 70	um 100
E hoch	> 2,5	> 20	> 20	> 200	> 300

Quelle: Richtlinie für sachgerechte Düngung, 8. Auflage

Wie die Abstufung bereits zeigt (keine Stufe B, D), sind die Grenzen zwischen Mangel und Überfluss sehr eng.

Bor: Keinesfalls Aufdüngung durchführen! Kulturen mit hohem Bedarf (z.B. Zuckerrübe, Raps) gezielt düngen.

Kupfer, Zink: Kommt im Veredlungsbetrieb ausreichend über Wirtschaftsdünger in den Boden. Kann zum Teil sogar zu viel sein.

Natrium: Bei Problemen mit der Natriumversorgung im Grünland ist es sinnvoll, das Futter untersuchen zu lassen. Eine ausreichende Natriumversorgung für die Tiere erfolgt am besten über Viehsalz (NaCl = Natriumchlorid).

Gesamtheitliche Betrachtung

Neben der Interpretation der Einzelwerte ist auch die gesamte Betrachtung der Nährstoffe zum jeweiligen Standort entscheidend. Weiters kann auch die Betrachtung der Verhältnisse der Werte zu einander wichtig sein.

Das optimale Verhältnis von **Kalium: Magnesium** liegt beispielsweise **zwischen 1,7 : 1 und 5 : 1**.

Mg-Mangelsymptome bei Pflanzen sind außerhalb dieses Bereiches möglich. Unterhalb des Bereiches können für empfindliche Kulturen auch Kalimangelsymptome auftreten.

Bodenbürtig (naturgegeben) können sehr hohe Magnesiumwerte auftreten. Diese können aus dem Boden nicht entfernt werden. Bei der Düngung ist daher zu berücksichtigen, dass kein zusätzliches Magnesium zugeführt wird. Ist der Magnesiumgehalt des Bodens wesentlich höher als der Kaliumgehalt (z.B. Stufe D oder E), sollten magnesiumfreie Düngekalke verwendet werden.

Liegen andererseits sehr hohe Phosphorgehalte (z.B. bei Geflügelbetrieben) und geringe Kaliumgehalte vor, sollte auf alle Fälle auf eine zusätzliche Phosphatgabe in mineralischer Form verzichtet werden.

Eine Bodenuntersuchung liefert vielfältige und wertvolle Informationen zum gegenwärtigen Zustand eines Bodens. Auch die Produktivität und die Bodenfruchtbarkeit können durch richtige Interpretation der Ergebnisse abgeleitet werden. Dabei gilt es steht's den Kontext zum jeweiligen Standort herzustellen. Durch Wiederholung der Beprobung alle 4-6 Jahre können Veränderungen im Boden festgestellt werden um letztendlich die richtigen Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit umzusetzen. Dabei sollte man sich Ziele formulieren und Prioritäten definieren um gezielte Maßnahmen Schritt für Schritt umzusetzen.



Abbildung 14: Für eine optimale Bestandsentwicklung müssen die benötigten Nährstoffe in ausreichender Form verfügbar sein und die Bodenstruktur darf keine Schwächen vorweisen.

Untersuchungslabors zur chemischen Bodenuntersuchung in Österreich

AGES – Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit

Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung

Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

☎ +43 50555-34125

bodengesundheit@ages.at

www.ages.at

CEWE GmbH

Audorf 17, A-4542 Nußbach

☎ +43 7587 / 6030

cewe@cewe.at

www.cewe.at

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Landwirtschaftliches Versuchszentrum,

Referat Boden- und Pflanzenanalytik

Ragnitzstraße 193, A-8047 Graz

☎ +43 (316) 877-6651

abteilung10@stmk.gv.at

www.verwaltung.steiermark.at

AGROLAB Austria GmbH

Trappenhof Nord 3, A-4714 Meggenhofen

☎ 07247 / 210000

meggenhofen@agrolab.at

www.agrolab.com

TB Unterfrauner GmbH

Umseerstraße 39, A-3040 Neulengbach

☎ +43 676 364 10 30

office@bodenoekologie.com

www.bodenoekologie.com

Impressum

Eigentümer und Herausgeber:

Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Auf der Gugl 3, 4021 Linz

Für den Inhalt verantwortlich:

Ing. Patrick Falkensteiner, akad. BT

Boden.Wasser.Schutz.Beratung, Abteilung Pflanzenbau, LK OÖ

Literatur: Richtlinien für die sachgerechte Düngung 8. Auflage, BMLRT, 2022

Bildquellen: sofern nicht anders angegeben, Boden.Wasser.Schutz.Beratung, LK OÖ

Hergestellt: Eigenvervielfältigung

Ausgabe: April 2022

Version 1.0 – 2022-04-05