

WISSENS SPEICHER *Digital*



Alles rund um

BODENANALYSE



Mehr Infos zum WISSENS SPEICHER und rund um die
Pflanzenernährung unter www.kali-akademie.de

Bodenanalyse

Wofür wird eine Bodenanalyse benötigt?

Grundlage der Düngeplanung sind der Nährstoffbedarf der Pflanzen auf der einen sowie der verfügbare Nährstoffgehalt im Boden auf der anderen Seite. Der Nährstoffbedarf der Pflanzen hängt wesentlich von den Ertrags- und Qualitätserwartungen ab und unterscheidet sich je nach angebauter Kultur.

Aufgrund der Komplexität von Bodenanalysen und der großen Zahl an Nährstoffen beziehen sich die Inhalte im Folgenden ausschließlich auf die Grundbodenuntersuchung.

Um den Nährstoffgehalt im Boden zu ermitteln, müssen regelmäßig repräsentative Bodenproben genommen und analysiert werden. Landwirte sind verpflichtet für ihre Schläge spätestens alle sechs Jahre, besser alle zwei bis drei Jahre, eine Bodenprobe zu analysieren. Aus den Ergebnissen lässt sich die Düngeempfehlung ableiten – also die Menge an Dünger, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgebracht werden sollte.

Bei der Versorgung der Pflanzen spielt die Nährstoffverfügbarkeit eine wichtige Rolle, denn ein Teil der Nährstoffe ist im Boden oder dem Gestein festgelegt und steht den Pflanzen aktuell nicht zur Aufnahme zur Verfügung. Voraussetzung für sichere Erträge und eine hohe Nährstoffverfügbarkeit sind ein optimaler pH-Wert, ein aktives Bodenleben und eine ausgewogene Versorgung mit den essenziellen Makro- und Mikronährstoffen. Die Bodenanalyse verfolgt den Ansatz, den aktuell pflanzenverfügbaren Nährstoffanteil zu ermitteln.

Anforderungen an die Grundbodenuntersuchung

Für alle verfügbaren Methoden zur Bodenuntersuchung ist eine repräsentative Bodenprobe die wichtigste Voraussetzung, um ein verwertbares Ergebnis zu erhalten. Denn oftmals treten auf großen Flächen innerhalb des Schlages unterschiedliche Gehalte an Sand, Lehm, Schluff oder Ton auf. Die Nährstoffverfügbarkeit für die angebauten Kulturen und damit die Berechnung des Düngebedarfs hängt von der jeweiligen Bodenart ab.

Für eine repräsentative Probe werden die Flächen in regelmäßigen Abständen mit Hilfe des Bohrstocks beprobt. Auf Ackerland sind dafür mindestens 20 bis 30 Einstiche pro Hektar (ha) in Krumentiefe (20–30 cm) und auf Grünland 30 bis 40 Einstiche pro ha in Narbentiefe (10 cm) notwendig. Die gesammelten Einstiche werden als Durchschnittsprobe gemischt und eine Teilmenge zur Analyse verwendet. Bei der Grundbodenuntersuchung werden in der Regel die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium, der pH-Wert und die Bodenart bestimmt.



Weitere Informationen zu den Nährstoffen finden Sie im Beitrag „Makronährstoffe, Mikronährstoffe und nützliche Elemente“



Bodenanalyse

Welche Anforderungen müssen zuverlässige Bodenanalysemethoden erfüllen?

Damit die Bodenanalyse eine zuverlässige Basis für die daraus abgeleitete Düngeempfehlung bieten kann, sollte eine exakte Beschreibung der Methode (Anwendungsbereich, eingesetzte Chemikalien und Geräte, detaillierte Arbeitsschritte, Validierungsdaten) vorliegen und berücksichtigt werden. Die Bodenanalysemethode muss analytisch verlässlich, also bei einer erneuten Analyse wiederholbar und zwischen den Laboren vergleichbar sein. Darüber hinaus sollte die Methode die folgenden Kriterien erfüllen.

Anforderungen an Bodenuntersuchungsmethoden zur Düngebedarfsermittlung

- Enge Beziehung zur Nährstoffaufnahme der Pflanzen
- Standardisiert, hohe Reproduzierbarkeit
- Geprüft in regionalen Feldversuchen
- Adäquates Preis-Leistungs-Verhältnis
- Nachvollziehbarkeit der Empfehlungen

Welche Methoden der Bodenanalyse sind verfügbar?

Weltweit wurden zahlreiche Methoden für Bodenanalysen entwickelt und erforscht, die die Zusammensetzung und Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden erfassen. Alle Methoden basieren vorrangig auf chemischen Analysen, die in der Bodenuntersuchung seit langer Zeit bekannt sind.

1. Sufficient Level of Available Nutrients (SLAN) - "ausreichende Mengen"

Im Folgenden als Methoden nach VDLUFA benannt

Methode: Bestimmung pflanzenverfügbarer Nährstoffe an Feldversuchen des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA)

Ziel: Aufbau und Erhalt eines optimalen Nährstoffvorrats im Boden oberhalb des für Kulturen kritischen Werts und Auffüllung der durch die Ernte abgefahrenen Nährstoffe



Wie kann ich meine Düngeplanung noch weiter optimieren?

- Pflanzenanalysen können Bodenanalysen sinnvoll ergänzen, da sie den Nährstoffstatus im Bestand ermitteln können - auch bevor an den Blättern eindeutige Nährstoffmangelsymptome sichtbar werden.
- Auf Basis der VDLUFA-Methoden bieten sich flächenbezogene Nährstoffbilanzen an, die Düngezufuhr und die Nährstoffabfuhr über das Erntegut und eventuelle Nebenprodukte (z. B. Stroh) berücksichtigen. Auch tiefergehende Analysen der Bodenart (Schlammanalyse) und des Humusgehaltes können sehr zielführend sein.
- Ein wichtiges Augenmerk sollte bei der Bodenanalyse auch den Mikronährstoffen gelten. Dazu zählen zum Beispiel Bor, Mangan, Kupfer und Zink. Des Weiteren kann gegenüber der standardmäßigen Fingerprobe auch eine Schlammanalyse zur exakteren Bestimmung der Bodenart bestellt bzw. gewählt werden.

2. Buildup and Maintenance (B&M)

Ziel: Aufbau eines Bodenvorrats über dem kritischen Wert und Ergänzung der abgefahrenen Nährstoffe

3. Base-Cation-Saturation-Ratio (BCSR) - "optimale Verhältnisse"

Im Folgenden als Methode zur Kationenaustauschkapazität (KAK) benannt

Methode: Prinzip der Kationen-Austausch-Kapazität z. B. nach Kinsey, Unterfrauner

Ziel: Einstellung eines idealen Verhältnisses zwischen Ca, Mg, K und Na im Boden. Betrachtet wird das Sättigungsverhältnis basischer Kationen an den Austauschern des Bodens.

In Deutschland sind die meistverwendeten Methoden die des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) und nach dem Prinzip der "ausreichenden Mengen" (SLAN), siehe Punkt 1. Diese werden auch von den verschiedenen Beratungsträgern angewendet.

In der jüngeren Vergangenheit werden häufiger auch Methoden auf Basis der Kationenaustauschkapazität (BSCR) an Landwirte herangetragen und oft als „moderner“ oder „fortschrittlicher“ angepriesen. Diese Methoden sind jedoch nicht neu. Sie wurden in den 1940er Jahren in den USA entwickelt. Auch in Deutschland wurde in den 50er und 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts daran geforscht. Dabei wurden unter anderem auch Erkenntnisse gewonnen, die zur Entwicklung der VDLUFA-Methoden beigetragen haben. Mit den Methoden zur Kationenaustauschkapazität können keine Empfehlungen zu Phosphor erfolgen.

Hinweis: Im nachfolgenden Kapitel werden vorrangig die Unterschiede der beiden Methoden nach VDLUFA und Kationenaustauschkapazität beschrieben.



Bodenanalyse

Was ist die Basis der VDLUFA-Methode?

Die Methodik des VDLUFA beruht auf einem Gehaltsklassenschema, welches sowohl Nährstoffbedarf als auch Nährstoffverhältnisse berücksichtigt. Die Düngeempfehlungen werden jeweils auf Basis regionaler Feldversuche ermittelt und sind daher bereits an die Besonderheiten des Standorts (Bodenart, Klima und Umwelteinflüsse) angepasst. So wird ein Bodennährstoffvorrat aufgebaut und anschließend erhalten, der eine optimale Bodenfruchtbarkeit und ein hohes Ertragspotenzial gewährleistet.

Die Entwicklung der VDLUFA-Methode bedeutete einen immensen Aufwand. Über Jahrzehnte wurden Feldversuche an unterschiedlichen Standorten (Bodenartendifferenzierung) mit verschiedenen Nährstoffgehalten und zu unterschiedlichen Fruchtarten durchgeführt. Wechselnde Witterungsverhältnisse, die zum Beispiel die Auswaschung von Nährstoffen und das Wachstum der Pflanzen beeinflussen, wurden über den mehrjährigen Versuchsaufbau mit einbezogen.

Verschiedene Analysemethoden für den Nährstoffstatus des Bodens wurden dann in Relation zum Ertrag gesetzt. Auf Basis der Versuchsreihen wurden geeignete Extraktionsmethoden definiert und darauf aufbauende Düngeempfehlungen entwickelt. Dafür wurden für die einzelnen Makronährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium jeweils die Gehaltsklassen A, B, C, D und E etabliert, bei denen jeweils die Klasse C angestrebt wird. Liegt der Nährstoffgehalt im Boden bereits im Idealbereich, erfolgt lediglich eine Erhaltungsdüngung. Das heißt, es werden Verluste über eine eventuelle Auswaschung oder Verlagerung und über die Nährstoffabfuhr mit dem Ernteprodukt und Nebenprodukten wie z. B. Stroh ausgeglichen. Bei einem erhöhten Nährstoffgehalt wird eine reduzierte Dünge menge eingesetzt, bis Klasse C erreicht ist. Bei einem zu geringen Nährstoffgehalt im Boden wird die Düngung erhöht, bis auch hier der Zielbereich erreicht ist.

Auch heute noch finden umfangreiche Feldversuche statt und fließen in die Weiterentwicklung der VDLUFA-Empfehlungen ein. So werden aktuelle Bedingungen wie neue Sorten, eine reduzierte Bodenbearbeitung oder veränderte Klimaverhältnisse einbezogen.



NÄHRSTOFFGEHALTSKLASSEN

Der Nährstoffgehalt im Boden ist die Basis der Düngeempfehlung. Er wird für die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium jeweils in Gehaltsklassen eingeteilt:

E = sehr hoher Nährstoffgehalt

D = hoher Nährstoffgehalt

C = optimaler Nährstoffgehalt

B = niedriger Nährstoffgehalt

A = sehr niedriger Nährstoffgehalt

Bei Mikronährstoffen gibt es eine ähnliche Einordnung, allerdings nur in die Gehaltsklassen A, C und E. Für Stickstoff wird die Nmin-Methode angewendet, bei Schwefel die Smin-Methode.

DIE BODENANALYSE NACH VDLUFA BASIERT AUF:

- Bestimmung der Bodenart inklusive Humusgehalt
- pH-Wert-Messung in 0,01 M CaCl₂ (Ableitung Kalkbedarf in Abhängigkeit der Bodenart)
- Phosphor + Kalium: DL- oder CAL-Extrakt; (EUF)
- Magnesium: 0,0125 M CaCl₂-Extrakt; DL-Extrakt; (EUF)
- Makronährstoffe in mg/100 g Boden und Mikronährstoffe in mg/kg Boden!

Ziel: Ermittlung vom Bodenartabhängigen Versorgungsstatus pflanzenverfügbarer Nährstoffe und dessen Angabe in Gehaltsklassen zur Vereinfachung der Übersichtlichkeit.

Weitere Analysen wie z. B. auf Mikronährstoffe [CAT-Extrakt; (EUF) – Ergebnisse in mg/1 kg Boden], Nmin, Smin, KAK können zusätzlich durchgeführt werden.

Anmerkung:

- Die Düngempfehlung nach VDLUFA ist abgeleitet aus langjährigen und vielzähligen regionalen und überregionalen Feldversuchen.
- Bei diesem Ansatz werden sowohl der Boden als auch die Pflanzen mit einbezogen.



EXTRAKTIONSMETHODEN

Die folgenden Methoden werden zur Extraktion von pflanzenverfügbaren Nährstoffen (z. B. P, K, Mg) aus Bodenproben verwendet.

CAL: Calcium-Acetat-Lactat

Bei der Calcium-Acetat-Lactat-Methode (CAL) wird der pH-Wert mit einer Lösung bestehend aus Calciumlactat, Calciumacetatlösung und Essigsäure eingestellt.

CAT: Calciumchlorid/DTPA

Für die Calciumchlorid/DTPA (CAT) Methode wird Calciumchlorid und Diethylentriaminpentaessigsäure zur Extraktion verwendet.

DL: Doppel-Lactat

Bei der Doppel-Lactat Methode (DL) wird Calciumlactat zur Extraktion verwendet.

EUF: Elektro-Ultrafiltration

Die Elektro-Ultrafiltration (EUF) ist eine Methode des Bodengesundheitsdienstes und basiert auf dem Prinzip einer vakuumunterstützten Wasserextraktion. Die Methode wird über elektrische Spannung und Temperatur gesteuert.

Alle Methoden: Je nach Nährstoff erfolgt die Bestimmung durch Destillation (DEST), UV/VIS-Spektrometrie (SPEK), Flammenemissionsspektrometrie (FES), Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) oder Plasma-Emissionsspektroskopie.

Bodenanalyse

Was ist die Basis der Methoden zur Kationenaustauschkapazität?

Für die Bodenanalyse auf Basis der Kationenaustauschkapazität (KAK) werden die Verhältnisse der positiv geladenen Nährstoffe (Kationen) zueinander an den Austauschern des Bodens, wie z. B. Tonminerale und organische Substanz, ermittelt.

Die KAK ist die Fähigkeit des Bodens, Kationen adsorptiv zu binden und damit vor Auswaschung zu bewahren, gleichzeitig aber auch in einer pflanzenverfügbaren Form zu halten. Man unterscheidet zwischen potenzieller und effektiver Kationenaustauschkapazität (KAKeff).

Die potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot) bestimmt das maximal mögliche Austauschvermögen eines Bodens bei einem neutralen pH-Wert von 7. Da der optimale pH-Wert vieler leichter oder organischer Böden deutlich unter 7 liegt, kann diese Kapazität dort nicht ausgeschöpft oder als Berechnungsgrundlage für Düngempfehlungen verwendet werden. Es gibt acht verschiedene Methoden zur Bestimmung der potenziellen KAK, die jeweils andere Ergebnisse liefern und nicht direkt vergleichbar sind.

Die effektive Kationenaustauschkapazität ermittelt die beim aktuell vorliegenden pH-Wert austauschbar im Boden gebundenen Kationen. Ändert sich der pH-Wert des Bodens, so ändert sich auch die effektive Kationenaustauschkapazität. Bei steigendem pH-Wert nimmt die KAKeff zu, bei sinkendem pH-Wert nimmt sie ab.



KATIONEN:

Kationen sind positiv geladene Ionen, auch Teilchen genannt. Im Zusammenhang zur Pflanzenernährung sind damit Nährstoffe wie z. B. Ammonium (NH_4^+), Kalium (K^+), Magnesium (Mg^{2+}), Calcium (Ca^{2+}) und das nützliche Element Natrium (Na^+) gemeint. Sie haben unterschiedliche Wertigkeiten, also z. B. eine einfach positive Ladung (+) oder eine zweifach positive Ladung (2+). Jedes dieser Kationen ist von einer spezifischen Schicht aus angelagerten Wassermolekülen (Hydrathülle) umgeben.

AUSTAUSCHER:

Kationen lagern sich im Boden an negativ geladene Tonminerale und die organische Substanz im Boden an, können sich von diesen aber auch wieder lösen. Die Kationen stehen somit im „Austausch“ zwischen der Bodenlösung und den als „Austauscherteilchen“ bezeichneten Tonmineralen oder Humusbestandteilen.

KATIONENAUSTAUSCHKAPAZITÄT (KAK):

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) ist die Fähigkeit des Bodens, Kationen adsorptiv an Austauscherteilchen zu binden und damit einen Nährstoffspeicher aufzubauen. Die Nährstoffe werden damit vor Auswaschung bewahrt und gleichzeitig in einer pflanzenverfügbaren Form gehalten, gehen also keine festen, schwerlöslichen Verbindungen ein. Um sich an ein Austauscherteilchen anzulagern, müssen die Kationen ihre Wasserhülle abstreifen. Kationen-Bindungsplätze an Austauscherteilchen sind spezifisch, d. h. nicht jedes Kation passt an jeden beliebigen Platz und die Kationenverhältnisse können mit der Düngung nicht beliebig verändert werden.

**DIE BODENANALYSE MIT KAK METHODIK VON
DR. W. A. ALBRECHT BZW. N. KINSEY BASIERT AUF:**

- Kationenaustauschkapazität
- pH-Wert-Messung in Wasser
- Phosphor-Bestimmung nach Olsen
- Schwefel-Bestimmung mittels: Calcium-Phosphat-Extrakt
- Kationenbestimmung mittels 1 N Ammoniumacetat bei pH 7
- Basensättigungs-Verhältnisse an den Austauschern des Bodens (Ca, Mg, K, Na)

Ziel: Boden im Gleichgewicht:

1. Einstellung optimaler Basensättigung:
Ca bei 60-70%, Mg bei 10-20%, K bei 2-5%
und Na bei 0,2-3% (andere Basen sind variabel
und austauschbarer Wasserstoff bei 10-15%)
2. Einstellung optimaler Kationenverhältnisse
(Ca:Mg = 6,5:1; Ca:K = 13:1; Ca:H = 3,25:1; Mg:K = 2:1)

Weitere Nährstoffe werden mittels unterschiedlicher Extraktion mitermittelt (N, P, S, Mikronährstoffe).

Anmerkungen:

- Es werden äußerst viele Parameter (unübersichtlich) bestimmt anstelle der leicht verständlichen Nährstoff-Gehaltsklassen
- Die Bewertungen werden nach eigenem, unveröffentlichtem Rechenmodell vorgenommen
- Keine Kalibration der abgeleiteten Düngeempfehlungen an (regionalen) Feldversuchen
- Pflanzliche Nährstoffaneignungs- und Aufnahmeprozesse werden bei diesem Ansatz völlig außen vor gelassen
- Es wird nur die potenzielle KAK gemessen (bei pH 7) und nicht die effektive KAK (beim tatsächlichen pH-Wert)
- Nicht anerkannt zur düngeverordnungskonformen Dokumentation der Bodenanalyse

**DIE BODENANALYSE MIT KAK-METHODIK NACH
DR. G. HUSZ BZW. UNTERFRAUNER BASIERT AUF:**

- pH-Wert-Messung in Wasser und KCl
- Bestimmung austauschbarer Elemente in LiCl-Extrakt
- Bestimmung nachlieferbarer Elemente in HCl-Extrakt
- Messung einer Vielzahl von Nährstoffen und Schwermetallen (118 Einzelparameter)

Ziel:

- Bodenfruchtbarkeit bestimmen und Meliorationsmaßnahmen ableiten
- Berechnung von Nährstoffvorräten, Nährstoffmobilität, KAK und Kationenverhältnissen

Anmerkungen:

- Keine Kalibration der abgeleiteten Düngeempfehlungen an (regionalen) Feldversuchen
- Pflanzliche Nährstoffaneignungs- und -aufnahmeprozesse werden bei diesem Ansatz völlig außen vor gelassen
- Sehr großer Analysenumfang - Relevanz für Düngebedarf ist fragwürdig
- Nicht anerkannt zur düngeverordnungskonformen Dokumentation der Bodenanalyse

Bodenanalyse

Anstelle einer Bodenanalyse kann die Kationenaustauschkapazität auch geschätzt werden. Diese Schätzung gelingt mit hoher Genauigkeit, sofern Ton-, Schluff- und Humusgehalte des Bodens sowie der pH-Wert bekannt sind. Allein aus der kombinierten Betrachtung von Bodenart und Humusgehalt lässt sich die KAK bereits zuverlässig schätzen:

Schätzung der Kationenaustauschkapazität (KAK) nach der Bodenart

für Böden gemäßiger Klimazonen (a) und dem Humusgehalt (b)

a) Bodenart	S	IS, uS	tS	U	sU, IU	sL, uL	tL	IT	T
KAK (mval/100 g)	2	3	5	6	8	11	15	20	25
b) Humusgehalt (%)	1-2	2-4	4-8	8-15		15-30 (= Anmoor)		30 (= Torf)	
KAK (mval/100 g)	3	6	12	25		25-50		50-100	

Durch Addition der aufgeführten KAK-Werte für verschiedene Bodenarten und Humusgehalte kann die jeweilige Kationenaustauschkapazität geschätzt werden.

Quelle: KALI-Briefe (Büntehof, 1987)

Dennoch empfehlen private Anbieter die Methode zur Bestimmung der Kationenaustauschkapazität als individuelle Bodenanalyse, die meist auch in privaten Laboren erfolgt. Die Kosten für eine einzige Analyse liegen weit über den Analysekosten der Methode nach VDLUFA.

Untersuchungsberichte auf Basis der KAK geben in der Regel anzustrebende Kationenverhältnisse an. Sie setzen also die gesamte $KAK_{eff} = 100$ und geben die Anteile der Elemente Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium daran an.

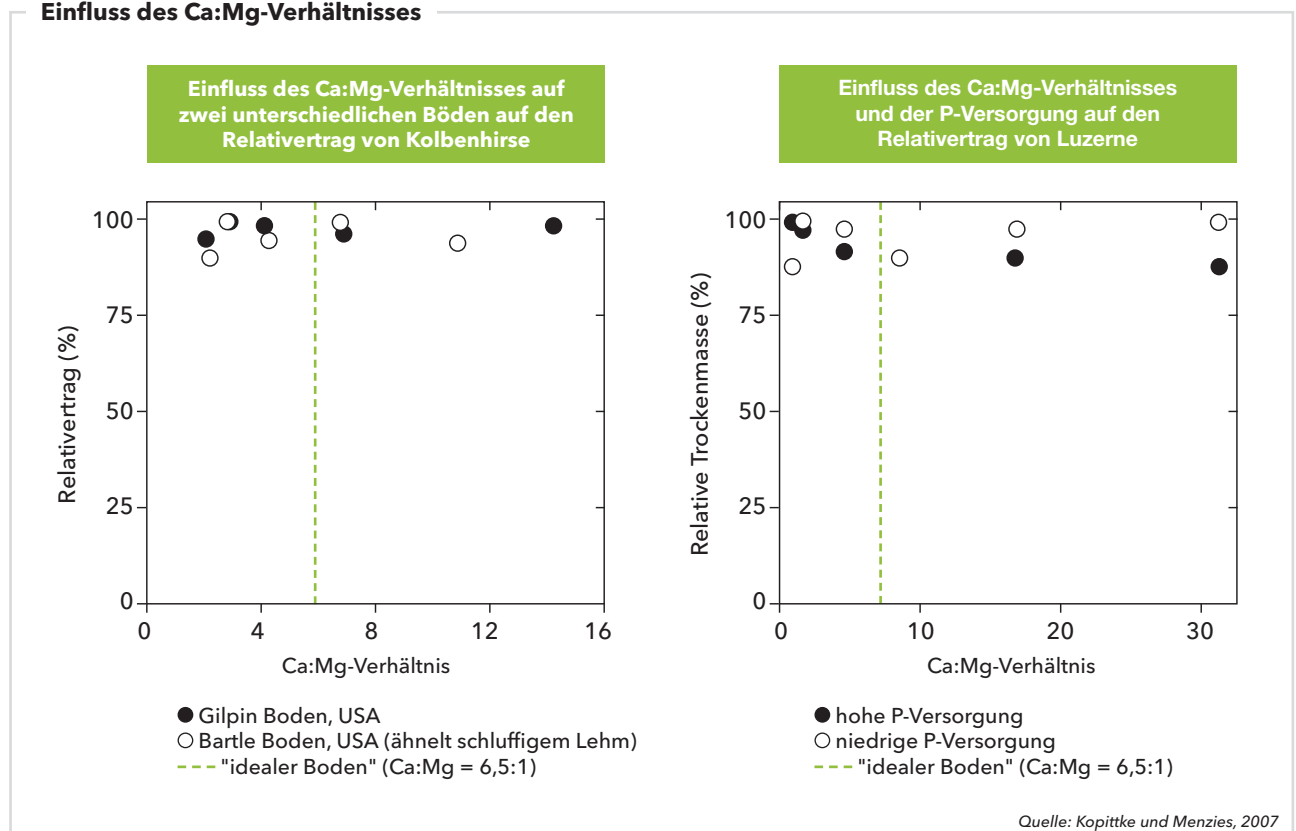


Warum sollten Düngeempfehlungen anhand von Feldversuchen kalibriert werden?

Eine zuverlässige Bodenanalysemethode ermöglicht es, dass die daraus abgeleitete Düngeempfehlung zu optimalem Ertrag und optimaler Qualität der Ernteprodukte führt, unter dem dafür notwendigen Maß an Nährstoffeinsatz.

Viele Methoden der KAK wurden nicht an Feldversuchen kalibriert, da es für unnötig erachtet wurde. In anderen Fällen ist die durchgeführte Versuchszahl zu gering und nicht für die verschiedenen Bodenarten repräsentativ. Die untenstehende Grafik zeigt Versuchsergebnisse nach der KAK-Methode. Dabei wird das relevante Verhältnis von Calcium zu Magnesium im Boden in Relation zum Ertrag dargestellt. Allerdings ist kein Einfluss des Ca:Mg-Verhältnisses auf den Kornertrag bzw. die Trockenmasse erkennbar. Sowohl bei einem hohen als auch bei einem niedrigen Ca:Mg-Verhältnis schwankt der Ertrag im gleichen Bereich bzw. findet sich kein Ertragsoptimum in der Nähe der als optimal bezeichneten Verhältnisse.

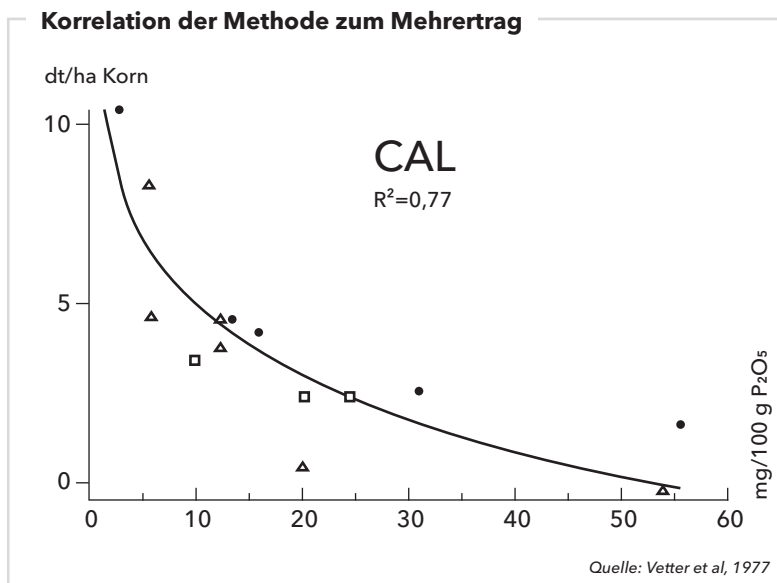
Einfluss des Ca:Mg-Verhältnisses



Hingegen wurden, wie oben bereits dargestellt, bei der VDLUFA-Methode umfangreiche Feldversuche durchgeführt und bildeten die Basis für die Auswahl einer Analysemethode und der darauf basierenden Düngeempfehlung.

Bodenanalyse

Der Zusammenhang zwischen Ertrag und Bodenanalyse nach VDLUFA ist hier in einem Beispiel mit der CAL-Methode für die Ermittlung des Phosphorgehaltes dargestellt. Diese erreicht dabei im Vergleich mit anderen Methoden - gefolgt von der Doppellactat (DL)-Methode und der Elektro-Ultrafiltration (EUF)-Methode - die höchste Korrelation (Bestimmtheitsmaß) zum Ertrag und floss deshalb in die Bodenanalyse nach VDLUFA ein.



KORRELATION UND BESTIMMTHEITSMASS

Korrelation:

Eine Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen zwei oder mehreren Merkmalen.

Bestimmtheitsmaß (vereinfacht erklärt):

Das Bestimmtheitsmaß wird mit R^2 (Gütemaß der linearen Regression) bezeichnet. Es ist in der Datenauswertung die Kennzahl zur Beurteilung, wie gut ein geschätztes Modell Beobachtungen erklären kann. Der Wert R^2 liegt dabei immer zwischen 0 und 1. Ist $R^2 = 1$, so liegen alle Beobachtungen genau auf der Regressionsgeraden. Das heißt, das Modell bildet die Beobachtungen in 100 Prozent der Fälle richtig ab.



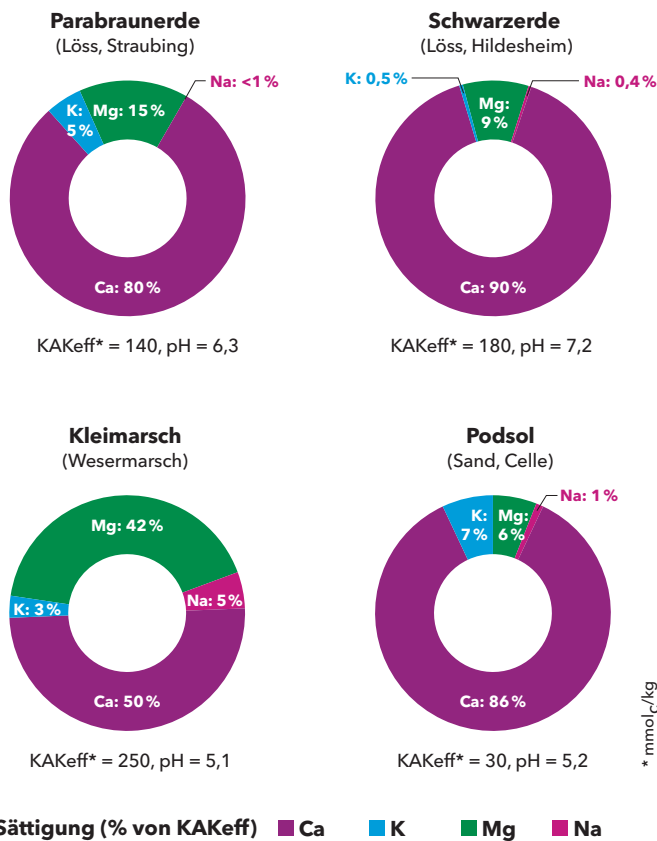
Wie beeinflussen Kationenverhältnisse den Anbauerfolg?

Bei den Düngeempfehlungen nach den KAK-Methoden wird in der Regel ein Kationenverhältnis von 60 bis 70 % Calcium, 10 bis 20% Magnesium, 2 bis 5% Kalium und 0,2 bis 3% Natrium an den Austauscherteilchen empfohlen. Jedoch gibt es sehr viele Bodentypen, die von diesem Verhältnis stark abweichen, trotzdem aber regelmäßig überdurchschnittliche Erträge liefern.

Ein Beispiel:

Bei Schwarzerde liegt Calcium in einem wesentlich höheren relativen Anteil an der KAK als empfohlen vor und der relative Anteil der an den Austauschern gebundenen Mengen von Magnesium, Natrium und insbesondere Kalium fällt geringer aus. Jedoch ist Schwarzerde in der Praxis für ihre besonders hohe Bodenfruchtbarkeit und überdurchschnittliche Erträge bekannt. Es muss also noch weitere Faktoren neben der KAK geben, die das Ertragspotenzial eines Bodens bestimmen.

Sorptionsverhältnisse im Oberboden einiger mitteleuropäischer Ackerböden



Daten aus Scheffer, F., & Schachtschabel, P., 2002

Bodenanalyse

Auf bestimmten Bodentypen sind die geforderten Nährstoffverhältnisse an den Austauscherteilchen geologisch bedingt nur sehr begrenzt beeinflussbar.

In Böden mit carbonatreichem Ausgangsgestein kann der sehr hohe Calcium-Anteil an den Austauschern auch durch hohe Düngemengen mit Magnesium nicht reduziert werden. Auf tonigen Böden beeinflusst ein hoher Magnesiumanteil die KAK der anderen Nährstoffe und kann nur schwer durch Calciumdüngung reduziert werden.

Es gibt deshalb auch genügend Böden, die von einem als ideal angenommenen Verhältnis mit 60 bis 70 % Calcium, 10 bis 20 % Magnesium, 2 bis 5 % Kalium und 0,2 bis 3 % Natrium am Austauscher ganz erheblich abweichen (siehe Abbildung "Sorptionsverhältnisse im Oberboden") und dennoch optimale Erträge bringen.

Die Kationenverhältnisse geben somit zu einem bestimmten Zeitpunkt über einen momentanen Zustand des Bodens Auskunft, stellen hierbei aber keine Wachstums- und Ertragsfaktoren dar. Sie sind Rechenwerte. Viele wissenschaftliche Untersuchungen (u. a. Kopittke und Menzies, 2007) zeigen, dass das Verhältnis aus Calcium und Magnesium in sehr weiten Spannen variieren kann, ohne dass die Pflanzen davon einen Nutzen haben oder einen Schaden erleiden.

Ein falsches Verständnis von Kationenaustausch kann damit zu einem ineffizienten Düngemiteleinsatz führen. Das ist nicht nur aus wirtschaftlichen, sondern auch aus ökologischen und umweltpolitischen Gründen problematisch.



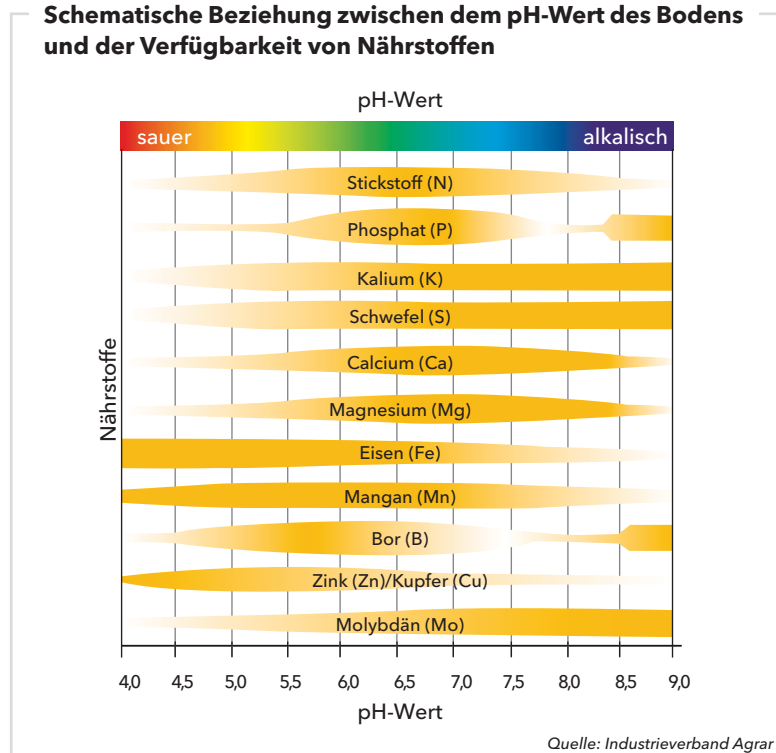
Warum sollte der pH-Wert des Bodens bei der Düngeempfehlung berücksichtigt werden?

Der pH-Wert ist ein Parameter, der regelmäßig analysiert werden sollte. Von ihm hängt die Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden ab. Denn jeder Nährstoff ist nur in einem bestimmten pH-Bereich in der Bodenlösung und somit für die Pflanzenwurzel zur Aufnahme verfügbar (siehe Grafik unten). Der pH-Wert gibt die Konzentration der sauer wirkenden, positiven Wasserstoffionen (H^+) wieder. Er kann über verschiedene Methoden gemessen werden. Im VDLUFA-Verfahren wird Calciumchlorid ($CaCl_2$) verwendet. Die besonderen Vorteile der Lösung mit Calciumchlorid sind die Konstanz der Messmethode gegenüber Schwankungen in Konzentration und Volumen der Suspendierungsflüssigkeit sowie des Kalkpotentials jedes beliebigen Bodens.

Verwendet man dagegen nur Wasser, wie zum Beispiel bei der KAK-Methode nach Kinsey, fallen die gemessenen Werte etwa um 0,3 bis 1,0 Einheiten höher aus. Lediglich bei Böden mit pH 7 und darüber besteht kein Unterschied mehr zwischen beiden Methoden. Wer das nicht beachtet, der schätzt den pH-Wert auf sauren Böden zu hoch ein.

Des Weiteren wurden beim VDLUFA-Verfahren auf Grundlage vielzähliger Feldversuche Ziel-pH-Werte für Böden in Abhängigkeit der Bodenart ermittelt.

Schematische Beziehung zwischen dem pH-Wert des Bodens und der Verfügbarkeit von Nährstoffen



Bodenanalyse

Warum ist die Interaktion von Boden und Pflanze wichtig für die Düngeentscheidung?

Bei den KAK-Methoden bleibt unberücksichtigt, dass nicht alle Nährstoffbindungen die gleiche Stärke haben. An den verschiedenen Austauscherteilchen im Boden sind die Nährstoffe teils selektiv und spezifisch gebunden, was deren Verfügbarkeit für die Pflanzen beeinflusst. Wird die Bodenfruchtbarkeit auf dieser Basis beurteilt, bleibt die Interaktion von Boden und Pflanze außen vor.

In einigen Düngeempfehlungen wird die zu düngende Nährstoffform vorgegeben. Hier bleibt allerdings unbeachtet, dass dies nicht auf alle Kulturen gleichermaßen angewendet werden kann. Kulturen reagieren unterschiedlich auf Nährstoffformen. Dies gilt insbesondere für chloridhaltige Dünger, auf die manche Kulturen wie z. B. Kartoffeln und viele Gemüsearten empfindlich reagieren, während andere Kulturen chloridtolerant sind. Zudem können sich Nährstoffverfügbarkeit und pH-Wert nach einer Düngung durch die Interaktion im Boden verändern.

NOCH EIN TIPP:

Betrachten Sie die Grunddüngung immer als einen Teilaspekt der Bodenfruchtbarkeit. Daneben spielen der Humusgehalt, die Bodenbearbeitung, die Fruchtfolge und die Bodenbedeckung eine wesentliche Rolle.

Bodenversauerung und verzögerte Verfügbarkeit bei elementarem Schwefel:

Eine Schwefeldüngung mit elementarem Schwefel führt zu einer starken Bodenversauerung (100 kg 90 %-iger elementarer Schwefel entsprechen einem Kalkverlust von 162 kg CaO). Grund dafür ist die Freisetzung von pH-Wert senkenden H^+ -Ionen bei der Umsetzung von Elementar- zu Sulfatschwefel. Da nur dieser Sulfatschwefel pflanzenverfügbar ist, kann elementarer Schwefel erst zeitversetzt und damit deutlich nach seiner Applikation von den Pflanzen aufgenommen werden. Je nach Bodentemperatur kann dies einige Zeit in Anspruch nehmen und insbesondere die Effektivität einer Startgabe im Frühjahr stark beeinträchtigen. Eine Schwefeldüngung mit sofort pflanzenverfügbarem Sulfatschwefel, beispielsweise mit ESTA Kieserit, hingegen läuft pH-neutral ab, da keine Umwandlung stattfinden muss.

Beeinträchtigung der Magnesiumaufnahme durch Gips-Düngung:

Um Pflanzen bedarfsgerecht mit Nährstoffen zu versorgen, sind unbedingt die Interaktionen bei der Nährstoffaufnahme zu beachten. Düngeempfehlungen auf Basis der KAK verlangen oft bei hohem Magnesiumgehalt im Boden nach einer Gipsdüngung ($CaSO_4$). Dabei werden hohe Mengen Calcium freigesetzt. Diese verursachen einen Antagonismus - eine negative Nährstoffinteraktion - mit Magnesium, da Calcium die Aufnahme von Magnesium in die Pflanze hemmt. Eine mit Magnesium unterversorgte Pflanze kann die Photosynthese nicht mehr effizient steuern, Kohlenhydrate nicht optimal in ihre Wachstumsorgane transportieren und weist ein reduziertes Wurzelnetz auf.

FAZIT:

Die Analyse nach KAK kann die VDLUFA-Methodik nicht ersetzen, da die Einhaltung der Düngeverordnung ihre Durchführung erfordert. Die P-Bodenanalyse muss beispielsweise auf jedem Schlag mindestens alle sechs Jahre durchgeführt werden. Dafür sind nur die CAL- bzw. je nach Bundesland auch die DL- und EUF-Methode zugelassen.

Die Analyse mit KAK ist deutlich teurer als die nach VDLUFA

- › Diese wird deshalb oft nur auf wenigen Flächen durchgeführt. Somit ist in Frage zu stellen, ob diese für andere Flächen repräsentativ sein können.
- › Anstelle weniger teurer Untersuchungen einzelner Schläge ist eine repräsentative Probennahme unterschiedlicher Bodenarten innerhalb der Schläge aussagekräftiger.

Für eine optimale Nährstoffversorgung sollten gezielt auf unterschiedlichen Schlägen Bodenproben genommen (am besten georeferenziert) und nach der VDLUFA-Methode untersucht werden.

Die in Deutschland etablierten Bodenuntersuchungsmethoden nach VDLUFA basieren auf jahrzehntelanger Forschung, müssen sich ständigen Qualitätsüberprüfungen unterziehen und die daraus abgeleiteten Düngeempfehlungen sind an vielzähligen regionalen Feldversuchen kalibriert.

Über die Gehaltsklassen wird das Verhältnis der Nährstoffe im Boden berücksichtigt und negative Nährstoffinteraktionen werden automatisch vermieden, sofern alle Nährstoffe auf die Gehaltsklasse C eingestellt werden.

Für hohe Erträge und eine optimale Nährstoffeffizienz sind auf Basis der guten fachlichen Praxis für die Düngebedarfsermittlung die von den Officialbehörden empfohlenen, kostengünstigen Analysemethoden uneingeschränkt zu empfehlen.

A Mehr zu den Wechselwirkungen bei der Nährstoffaufnahme erfahren Sie in den Beiträgen des WISSENS SPEICHER Registers „Nährstoff-Interaktion“





K+S Minerals and Agriculture GmbH

Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel, Germany

☎ +49 561 9301-0
✉ kali-akademie@k-plus-s.com

www.kali-akademie.de

Ein Unternehmen der K+S

