

FarmFacts
Bodenkompass im Detail
Whitepaper

Testing for Life

eurofins-agro.com



Alle Rechte vorbehalten. Diese Publikation darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von Eurofins Agraranalytik Deutschland GmbH weder vollständig noch auszugsweise vervielfältigt, in Datenabfragesystemen gespeichert oder anderweitig übertragen werden.

Eurofins Agraranalytik Deutschland GmbH übernimmt keine Haftung für nachteilige Folgen, die aus der Verwendung der Daten in dieser Publikation entstehen.

Eurofins Agraranalytik Deutschland GmbH

Löbstedter Straße 78

07749 Jena

Tel.: +49 3641 46 49 -85

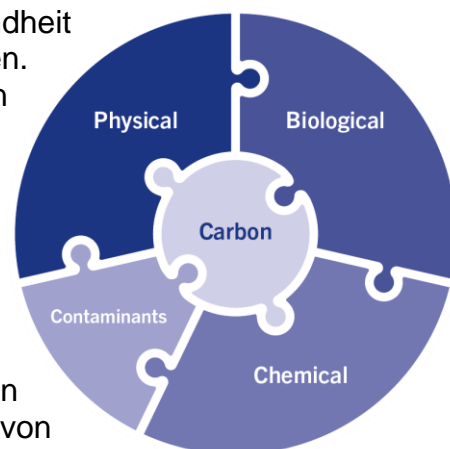
E-Mail: agraranalytik@eurofins.de

Inhalt

Bodengesundheit.....	6
NIRS.....	6
Physische, biologische und chemische Bodengesundheit	6
N-Gesamtvorrat.....	6
C/N-Verhältnis	7
N-Nachlieferung.....	7
Phosphorbodenvorrat	7
P-Gesamtbodenvorrat	8
K-Bodenvorrat	8
Mg-Bodenvorrat	8
Physische Bodeneigenschaften	9
pH-Wert	9
Organische Bodensubstanz (SOC), organischer Bodenkohlenstoff (SOC) und SOC/SOM- Verhältnis.....	9
CaCO ₃	9
Bodentextur (Lehm, Schluff, Sand).....	10
Biologische Bodeneigenschaften.....	10
Mikrobielle Aktivität	10

Bodengesundheit

Auf Böden mit guter natürlicher oder optimierter Bodengesundheit können ertragsstarke Erzeugungssysteme aufgebaut werden. Der Gesundheitszustand des Bodens wird mithilfe von Bodenuntersuchungen ermittelt und dient als Grundlage für Empfehlungen zur Düngung und Bodenmanagement. Bei der Bodengesundheit spielen zahlreiche Bodeneigenschaften eine Rolle, die unterschiedliche Bodenuntersuchungen erfordern. Eine umfangreiche Bewertung der Bodengesundheit ist daher aufwändig und kostenintensiv. Bei Routine-Bodenuntersuchungen werden meist nur wenige Bodeneigenschaften beleuchtet, sodass der Wert für ein effektives Bodenmanagement und die Schließung von Ertragslücken als eingeschränkt bezeichnet werden kann. Eurofins bietet Landwirten, Beratern, Forschern und Behörden routinemäßig Einblicke in die physische, chemische und biologische Bodenfruchtbarkeit, um Pflanzenproduktion, Erntequalität und den sinnvollen Düngemiteleinsatz zu optimieren. Dabei wenden wir das NIRS-System an.



NIRS

Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) für Festkörper wurde in den 1960er Jahren entwickelt. NIRS ermöglicht zu überschaubaren Kosten eine zeitsparende quantitative, zerstörungsfreie Einschätzung verschiedener physischer, chemischer und biologischer Bodeneigenschaften aus denselben Spektraldaten, sobald ausreichend große Datenbanken angelegt wurden. Eurofins setzt NIRS seit 1986 für Futtermittel und seit 2003 auch für Böden ein.

Physische, biologische und chemische Bodengesundheit

Die Bodengesundheit ist aus drei Blickwinkeln zu betrachten: physisch, biologisch und chemisch. Auch die Interaktionen zwischen diesen Komponenten sind von Bedeutung. Die physische Komponente bezieht sich auf Bodentextur und Bodengefüge und damit unter anderem auf die Porosität, Wasserhaltekapazität und Durchwurzelbarkeit des Bodens. Die biologische Komponente befasst sich mit der Diversität, dem Vorkommen und der Interaktion von Bodenorganismen, die sich auf die Krankheitsunterdrückung des Bodens, auf die Umwandlung von organischer Substanz und Nährstoffen in Erde sowie auf das Bodengefüge auswirken. Die chemische Komponente beleuchtet die Haupt- und Mikronährstoffe (Spurenelemente).

N-Gesamtvorrat

Der Gesamtstickstoffvorrat (N) in Böden ist mit 1000 bis > 20.000 kg N pro Hektar sehr hoch. Über 95 % des Gesamtstickstoffvorrats entstehen i. A. aus der organischen Substanz des Bodens. Ein Teil dieses Vorrats wird durch Mineralisierung zu

pflanzenverfügbarem N (Mineral-N). Dieser Prozess läuft meist zwischen April und Ende August ab.

Die Größenordnung des N-Gehalts in der Bodenprobe gibt an, wie nah die Probe an einem Sollwert liegt. Dieser Sollwert ist bei jeder Bodenprobe anders, da er das Bodenpotenzial reflektiert. Auf diese Weise werden unrealistische Zielsetzungen mit einem universell gültigen Standardsollwert vermieden.

Referenzmethode: ISO-13878. Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs durch trockene Verbrennung (Elementaranalyse). 1998. Im Internet: <https://www.iso.org/standard/23117.html>

C/N-Verhältnis

Das Verhältnis der Gewichtsanteile von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) ist ein Maß für die Stickstoffmenge, die bei der Zersetzung organischen Materials freigesetzt werden kann. Je niedriger das C/N-Verhältnis ist, desto mehr Stickstoff wird bei der Zersetzung freigesetzt. Je höher das C/N-Verhältnis ist, desto weniger Stickstoff wird bei der Zersetzung des organischen Materials durch das Bodenleben freigesetzt. Ein hohes C/N-Verhältnis ist aber nicht zwingend ein schlechtes Zeichen. Das optimale C/N-Verhältnis ist teils abhängig von den Anbauzielen. Beispielsweise bedeutet ein niedriges C/N-Verhältnis, dass nur eine geringfügige Zersetzung des organischen Materials stattfindet. Die verbleibende organische Substanz wirkt sich aber positiv auf die Bearbeitbarkeit, Kohlenstoffsequestrierung und Wasserspeicherung des Bodens aus. Ein niedriges C/N-Verhältnis weist auf eine hohe Wahrscheinlichkeit der Stickstoffmineralisierung hin, da es die mikrobielle Aktivität fördert. Das Verhältnis kann mit dem Bodenmanagement beeinflusst werden. Durch einen Austrag von Stroh und Wirtschaftsdünger wird es z. B. angehoben.

N-Nachlieferung

Das N-Angebot bezeichnet die aus organischem Material gebildete Stickstoffmenge, die ohne Bedüngung innerhalb eines Jahres mineralisiert wird. Das N-Angebot liegt zwischen -40 und 300 kg N pro Hektar. Ein negatives Vorzeichen weist auf eine N-Sequestrierung hin. Die tatsächliche Versorgung pro Saison ist abhängig von Faktoren wie Temperatur und Feuchte.

Referenzmethode: 0,01 M 1:10 CaCl₂ hat eine vergleichbare Ionenstärke wie Bodenlösungen in den meisten Böden. Daher reflektieren die im Extrakt gemessenen Nährstoffe die Verfügbarkeit der Nährstoffe bei der pH- und Ionenstärke der Bodenlösung. Verschiedene Nährstoffelemente und Metalle können gleichzeitig bei einem Extrakt gemessen werden, sodass wir das Verhältnis zwischen den verfügbaren Nährstoffen betrachten können. Unter anderem: Houba, V.J.G.; Novozamsky, I.; Lexmond, T.M.; Van der Lee, J.J. Anwendbarkeit von 0,01 M CaCl₂ als alleinige Extraktionslösung für die Bewertung der Nährstoffsituation in Böden und für andere Diagnosezwecke. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1990, 21, 2281–2290.

Phosphorbodenvorrat

Unter den zahlreichen weltweit verfügbaren P-Untersuchungen wurden mehrere P-Bodenuntersuchungen verglichen: P-gesamt > P-Oxalat > P-Al > P-Mehlich₃ > P-Bray > P-AAEDTA (Ammoniumacetat + EDTA) > P-DL (Calciumlactat) > P-CAL (Calciumlactat/-acetat) > P-Olsen > P-Papierstreifen > P-AAAc (Säure-

Ammoniumacetat) > P-Morgen > P-H₂O > P-CO₂ (CO₂-gesättigtes Wasser) > P-CaCl₂. Der P-Vorrat ist die Menge zwischen P-Gesamtbodenvorrat und P-pflanzenverfügbar. Diese P-Fraktion dient als Platzhalter für die an die Pflanzen lieferbare P-Menge (Jahresniveau).

Referenzmethode: P-Al: Gemisch aus 0,1 M Ammoniumlactat und 0,4 M Essigsäure, pH 3,75. Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung). Kungliga Lantbrukshögskolans annaler, 26, 199–215. (Deutsch).

P-Gesamtbodenvorrat

Hier (siehe auch P-Bodenvorrat) wird die Gesamtmenge an Phosphor im Boden angegeben. Teils ist der P in der organischen Substanz des Bodens gebunden, teils liegt er vor als P-Al, P-Fe, P-Mn, P-Ca sowie z. B. am Rand von Tonschichten. Der P-Gesamtbodenvorrat verändert sich normalerweise nicht so schnell lösen.

Referenzmethode: NEN 5768 1992. Boden - Vorbereitung von Bodenproben für die Feststellung von Elementen durch Atomspektrometrie - Zersetzung mit Salpetersäure und Schwefelsäure www.nen.nl und NEN-EN-ISO 15923-1, 2013, Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Parametern mittels Einzelanalysensystemen - Teil 1: Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Sulfat und Silikat durch photometrische Detektion. www.nen.nl.

K-Bodenvorrat

Der K-Bodenvorrat gibt an, welche Menge an K in den austauschbaren Fraktionen vorliegt. Die Werte beruhen auf dem Betrag der Kationenaustauschkapazität (KAK), der als austauschbar betrachtet wird. Auch wenn der austauschbare Teil (K-Bodenvorrat) weniger verfügbar ist als K-pflanzenverfügbar, wäre er mit der Zeit durch die Verarmung für die Bodenlösung verfügbar. Daher besteht definitiv die Möglichkeit eines großen Missverhältnisses zwischen den beiden Werten, denn K kann verglichen mit dem Verfügbarkeitspotenzial nur geringfügig in austauschbarer Form vorliegen.

Referenzmethode: Effektiv-KAK, K-KAK, Mg-KAK, Ca-KAK und Na-KAK wurde bestimmt mithilfe von Hexaammincobalt(III)-chlorid-Extraktionen gefolgt von ICP-AES und AAS. ISO-23470. 2018. Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität (KAK) und der austauschbaren Kationen mit Hexaammincobalt(III)chlorid-Lösung. www.iso.org und NEN 6966 2005. Umwelt - Analyse ausgewählter Elemente in Wasser, Eluenten und Destruenten - Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma www.nen.nl

Mg-Bodenvorrat

Siehe „K-Pflanzenvorrat“. Der Mg-Vorrat ist wichtig für die Versorgung mit Mg in der Anbauphase und puffert Mg-pflanzenverfügbar.

Referenzmethode: siehe K-Bodenvorrat.

Physische Bodeneigenschaften

pH-Wert

Es gibt verschiedene Methoden zur Bestimmung des Boden-pHs. In diesem Fall dient pH-CaCl₂ als Referenzmethode. Die Intensität einiger Elemente (insbesondere Zn, Mn und Co) ist in Böden mit hohem pH-Wert allgemein gering und bei niedrigem pH-Wert allgemein sehr variabel. Umgekehrt sind Si und Mo oft gering bei niedrigem pH und weisen bei steigendem pH ein breites Spektrum auf. Ein höherer pH erhöht die effektive KAK (Bindekapazität des Bodens).

Referenzmethode: 0,01 M CaCl₂ ISO-10390. Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes. 2005. Im Internet: <https://www.iso.org/standard/40879.html>

Organische Bodensubstanz (SOC), organischer Bodenkohlenstoff (SOC) und SOC/SOM-Verhältnis

Weltweit sind im oberen Meter des Bodens etwa $1,5 \times 10^{15}$ kg organischer Bodenkohlenstoff (SOC) gespeichert. Diese Menge entspricht ungefähr dreimal der Menge an organischem Kohlenstoff in der überirdischen Biomasse und zweimal der Menge C als CO₂ in der Atmosphäre. Der SOC ist eine Hauptkomponente der organischen Bodensubstanz (SOM), die aus zersetzter Biomasse besteht. Neben C besteht die SOM außerdem aus Sauerstoff (O), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Phosphat (P) und Schwefel (S). Das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N-Verhältnis) der SOM wird meist herangezogen, um die SOM zu charakterisieren, ähnlich wie das Kohlenstoff-Schwefel-Verhältnis (C/S-Verhältnis) (siehe oben). Das SOC/SOM-Verhältnis wird wenig beachtet, teils weil SOM und SOC bei Bodenuntersuchungen bis vor Kurzem nicht gleichzeitig gemessen wurden. Bei einer Berechnung von SOM aus SOC oder umgekehrt wurde ein konstanter SOC/SOM-Faktor von 0,50 oder 0,58 angewendet.

Referenzmethode SOC: ISO-10694. Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). 1995. Im Internet: <https://www.iso.org/standard/18782.html> Wiederaufarbeitung; Verwiegung von getrocknetem und gemahlenem Material. Messung; Hochtemperaturverbrennung mit nicht-dispersiver Infrarotdetektion.

Referenzmethode SOM: NEN 5754. Boden - Berechnung des Gehalts an organischer Substanz auf Massenbasis als Glühverlust. 2014. Im Internet: <https://www.nen.nl/> Berechnung des Gehalts an organischer Substanz auf Massenbasis als Glühverlust. Wiederaufarbeitung; analog zu NEN 5754, Verwiegen und Veraschen (550 °C) von getrocknetem und gemahlenem Boden.

CaCO₃

Calciumcarbonat ist repräsentativ für den Calciumgesamtvorrat. Ein höherer Calciumzustand weist allgemein auf ein besseres Bodengefüge mit besserer Aggregatbildung hin und kann als Hinweis auf den pH-Wert betrachtet werden. Calciumcarbonat ist außerdem die verbleibende Fraktion der Bodenpartikel- mit organischer Substanz (- anorganischer Kohlenstoff) + Calciumcarbonat + Sand + Schluff + Lehm = 100 % des Bodens.

Referenzmethode: ISO-10694. Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). 1995. Im Internet: <https://www.iso.org/standard/18782.html> Wiederaufarbeitung; Verwiegung von getrocknetem und gemahlenem Material. Messung; Hochtemperaturverbrennung mit nicht-dispersiver Infrarotdetektion.

Bodentextur (Lehm, Schluff, Sand)

Die Bodentextur wird nach dem Verhältnis von Lehm zu Schluff zu Sand ermittelt. Eine Probe lässt sich in die genauen Bestandteile jeder Komponente aufschlüsseln. Lehm ist kleiner als 2 µm, Schluffpartikel sind 2...50 µm groß, und Sandpartikel sind größer als 50 µm. Je geringer die Partikelgröße, desto größer die relative Oberfläche für die Adsorption. Lehmarten, von denen es viele mit unterschiedlichen Eigenschaften gibt, weisen eine große Außenoberfläche auf, und einige haben eine große Innenoberfläche zwischen den Schichten. Bei den meisten Kolloiden überwiegen negative Ladungen und ziehen positiv geladene Kationen an. Die Fähigkeit des Bindens und Austauschens von Kationen auf der Lehm- oder Humusoberfläche wird als KAK bezeichnet (siehe unten).

Referenzmethode: NEN-EN 5753. Boden - Bestimmung von Lehmgehalt und Partikelgrößenverteilung in Boden und Sediment mit Sieb und Pipette. 2018. Im Internet: <https://www.nen.nl/> Bestimmung des Anteils an Partikeln < 2 µm in getrockneten Bodenproben. Wiederaufarbeitung; Beseitigung von organischer Substanz und Salzen. Schluff wurde im Zuge der Partikelgrößenanalyse bei mehreren Sandfraktionen (50...2000 µm) gemessen (Pipette und Sieb nach Beseitigung von Salzen und organischer Substanz mithilfe von Wasserstoffperoxid).

Biologische Bodeneigenschaften

Mikrobielle Aktivität

Die biologische Untersuchung der N-Mineralisierung ist meist ein Mittel zur Bewertung des N-Angebots von Böden. Eurofins Agro wendet das PMN-Verfahren (*Potential Mineralizable Nitrogen*) an, bei dem der potenziell mineralisierbare Stickstoff als Indikator dient: eine kurzzeitige anaerobe Bebrütung zur Quantisierung des durch Mikroorganismen, die für 10 Tage in einem Boden-Wasser-Gemisch unter anaeroben Bedingungen inkubiert werden und durch die sauerstoffarmen Verhältnisse absterben, freigesetzten Ammoniaks.

Referenzmethode: Waring, S.A.; J.M. Bremner, J.M. Erzeugung von Ammoniak in Böden unter wassergesättigten Bedingungen als Indikator für die Stickstoffverfügbarkeit. Nature, 1964, 201, 951 – 952.