

Ihr Analyseergebnis im Überblick

bodenphysikalische Eigenschaften	Verfahren	Messwert	Einheit	Bewertung	Maßnahme
Bodenart	VDLUFA D 2.1	utL	-	schwer	-
pH-Wert	VDLUFA A 5.1.1	7,3	-	D - erhöht	kein Kalk zusetzen
Humusklasse (vis. Abgleich)	Hausmethode	h3	-	C - mittel humos	-
Org. Kohlenstoff	berechnet	1,2 - < 2,3	%	C- mittel humos	-

Hauptnährstoffe	Verfahren	Messwert	Einheit	Versorgungsgrad	Düngung
P ₂ O ₅	Hausmethode	52,1	mg/100g	E - hoch	keine Düngung
K ₂ O	Hausmethode	17,0	mg/100g	C- ausreichend	Erhaltungsdüngung
MgO	Hausmethode	3230	mg/100g	E - hoch	keine Düngung

Spurenelemente	Verfahren	Messwert	Einheit	Versorgungsgrad	Düngung
Bor	Hausmethode	1,39	mg/kg	D - über Bedarf	keine Düngung
Kupfer	Hausmethode	7,29	mg/kg	E - hoch	keine Düngung
Eisen	Hausmethode	204	mg/kg	B - niedrig	Düngung b. Chlorose
Zink	Hausmethode	37,0	mg/kg	E - hoch	keine Düngung

Legende

Die ermittelten Nährstoffgehalte werden allgemein fünf Klassen zugeteilt, mit denen der Versorgungsgrad bewertet wird: A - deutlich zu niedrig, B - niedrig, C - ausreichend, D - über Bedarf, E - hoch.

deutlich zu niedrig	Die Versorgung mit dem Nährstoff ist deutlich zu niedrig und sollte dem Boden durch Düngung zugeführt werden.
niedrig	Die Versorgung mit dem Nährstoff ist zu niedrig und sollte dem Boden durch Düngung zugeführt werden.
ausreichend	Der Boden ist ausreichend dem Nährstoff versorgt. Es ist lediglich für Erhaltungsdüngung zu sorgen.
über Bedarf	Die Versorgung mit dem Nährstoff liegt über dem Bedarf. Die Düngung mit dem Nährstoff sollte reduziert werden.
hoch	Die Versorgung mit dem Nährstoff ist hoch. Die Düngung mit dem Nährstoff sollte eingestellt werden.

Erläuterungen zu Ihrem Analyseergebnis

Bodenart

Ihr Messergebnis: utL (schluffig toniger Lehm)

Bei der Bodenart ist eine Klassifizierung in Kategorien wenig sinnvoll, weil die Bodenart natürlicherweise vorgegeben ist und Einflussnahmemöglichkeiten eher sehr beschränkt sind. Man kann nur mit angepasster Kalkung und Düngung versuchen, das Optimum für die unterschiedlichen Parameter für die jeweilige Bodenart zu erzielen.

Es handelt sich um einen schweren Boden.

pH-Wert

Ihr Messergebnis: 7,3



Der pH-Wert ist für die bestimmte Bodenart ist erhöht. Die Nährstoffverfügbarkeit kann unter bestimmten Bedingungen eingeschränkt sein, Ertragseinbußen.

Humusklasse (vis. Abgleich)

Ihr Messergebnis: h3



Der Humusgehalt ist ausreichend. Damit verbunden ist auch eine ausreichende Durchlüftung des Bodens durch die günstige Beeinflussung der bodenphysikalischen Eigenschaften. Der Erhalt oder die Erhöhung des Humusgehalts über eine Kompostwirtschaft oder Gründüngung sollte Ziel sein.

Org. Kohlenstoff

Ihr Messergebnis: 1,2 - < 2,3 %



Der organische Kohlenstoff ist durchschnittlich. Damit verbunden ist eine dauerhafte Bodenfruchtbarkeit. Der Erhalt oder die Erhöhung des organischen Kohlenstoffs über eine Kompostwirtschaft oder Gründüngung sollte Ziel sein.

P205

Ihr Messergebnis: 52,1 mg/100g



Der Versorgungsgrad für Phosphor ist hoch. Das Pflanzenwachstum wird nicht durch Phosphor limitiert. Eine Phosphatdüngung ist bis auf Weiteres nicht erforderlich.

K20

Ihr Messergebnis: 17,0 mg/100g



Der Versorgungsgrad für Kalium ist ausreichend, bei regelmäßiger Entnahme (Ernte) sollte eine Erhaltungsdüngung Ziel sein.

MgO

Ihr Messergebnis: 3230 mg/100g



Der Versorgungsgrad für Magnesium ist hoch. Das Pflanzenwachstum wird nicht durch Magnesium limitiert. Eine Magnesiumdüngung ist nicht erforderlich.

Bor

Ihr Messergebnis: 1,39 mg/kg



Der Versorgungsgrad für Bor ist über Bedarf. Eine Düngung ist nicht erforderlich.

Kupfer

Ihr Messergebnis: 7,29 mg/kg



Der Versorgungsgrad für Kupfer ist hoch. Eine Düngung ist auf absehbare Zeit nicht erforderlich.

Eisen

Ihr Messergebnis: 204 mg/kg



Der Versorgungsgrad für Eisen ist niedrig. Der Aufstockung erfolgt durch Kompostgabe bzw. Gründüngung bzw. durch Spurendüngung über das Blatt, insbesondere bei Mangelsymptomen.

Zink

Ihr Messergebnis: 37,0 mg/kg



Der Versorgungsgrad für Zink ist hoch. Eine Düngung ist auf absehbare Zeit nicht erforderlich.

Düngeempfehlung

Ausgehend von den oben dargestellten Messwerten, empfehlen wir Ihnen, über das Jahr verteilt folgende Maßnahmen zur Optimierung Ihres Bodens vorzunehmen:

Es wird folgende Düngung benötigt:

1. Düngung Mitte bis Ende Mai mit:

25 g 60er Kali auf 1 m²

50 g Schwefelsaures Ammoniak auf 1 m²

2. Düngung Ende Juni bis Anfang Juli mit:

25 g Schwefelsaures Ammoniak auf 1 m²

3. Düngung Ende Juli bis Anfang August mit:

20 g Schwefelsaures Ammoniak auf 1 m²

Ihr Boden ist ausreichend mit Kalk versorgt. Eine Kalkung ist nicht notwendig.

Ausführliche Beschreibung der gemessenen Bodenparameter

bodenphysikalische Eigenschaften

Bodenart

Die verschiedenen Bodenarten werden nach dem Anteil der einzelnen Kornfraktionen des Feinbodens (Sand, Schluff, Ton) unterteilt. Entsprechend ihrer Bearbeitbarkeit werden Böden in leichte (Sand, 2000 – 63µm), mittelschwere (Schluff, 63 – 2µm) und schwere (Ton, Mergel, < 2µm) Böden unterteilt. Lehm ist in der Regel ein Gemisch aus Sand, Schluff und Ton. Leichte Böden: Sand, schwach lehmiger Sand Sandböden verfügen über gute physikalische Eigenschaften, das heißt sie haben eine gute Wasserdurchlässigkeit, sind gut belüftet und können leicht bearbeitet werden. Sie erwärmen sich sehr rasch, kühlen aber auch wieder schneller aus. Sandkörner haben Kugelstruktur. Aus diesem Grund können sie nicht dicht aufeinander gepackt werden. Sie rollen auseinander und bilden große Porenhohlräume. Sandböden weisen nur ein geringes Speichervermögen für Wasser auf, weil durch die großen Porenhohlräume das Regenwasser hindurchrinnt wie durch ein Sieb. Sandböden bestehen in der Hauptsache aus Quarzkörnchen und besitzen von Natur aus nur einen geringen Gehalt an für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen. Vor allem sind sie aus Mangel an Ton-Humus-Komplexen nicht in der Lage, zugeführte Nährstoffe wie z. B. Kalk und Stickstoff festzuhalten. Auf solchen Böden kann ein Großteil der aufgebrauchten Düngermenge schnell ausgewaschen werden. Die Nährstoffe werden auch nicht langsam an die Pflanzen abgegeben, so dass die Gefahr der Überdüngung und Überkalkung gegeben ist. In einem lockeren Sandboden können sich die Pflanzenwurzeln gut ausbreiten und die schnellere Erwärmung sorgt dafür, dass Sandböden die ersten Böden im Frühjahr sind, die wieder ergrünen. Durch den hohen Luftgehalt im Boden verläuft die Humifizierung der organischen Substanz schneller als in schweren Böden. Diese Umsetzung geschieht aber oft zu schnell. Weil speicherfähiger Ton und Humusteilchen fehlen, werden Nähr- und Humusstoffe nicht gebunden und gehen vorzeitig wieder verloren. Durch Ausbringen von lehmhaltigem Kompost, Gründüngung und Bodenbedeckung vermehrt man die organische Substanz und damit den Humusanteil. Stein und Tonmehl, sowie geringe Mengen an kohlensaurem Kalk machen die anfangs zu durchlässigen Böden bindiger. Mittelschwere Böden: Stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, schluffiger Lehm Diese Böden liegen in ihren Nutzungsmöglichkeiten für den Gartenbau zwischen den leichten Sandböden und den schweren Tonböden. Die Haltekraft und Speicherung von Wasser und Nährstoffen der mittelschweren Böden ist zufriedenstellend, die Durchlüftung günstig und die Wärmeverhältnisse sind ausgewogen und eignen sich daher besonders gut für den Aufwuchs von Pflanzen. Während ein Sandboden mehr als 85 % Sand enthält und ein Tonboden mehr als 65 % Ton, stellen die in unseren Breiten weit verbreiteten Löss und Sandlössböden Mischungen aus den Korngrößen Sand und Schluff dar. Wenn alle drei Korngrößen (Sand, Schluff und Ton) in etwa gleich großen Anteilen im Boden vorkommen, dann bezeichnen wir diese Bodenart als Lehm. Lehm (35% Sand, 30% Schluff, 35% Ton) und Löss (10 bis 25% Ton- und 70 bis 80% Schluff) sind typische Beispiele für mittlere Bodenarten mit besonders günstigen Eigenschaften. Während die Bearbeitung eines Tonbodens aufgrund seiner Dichte und Schwere schwierig sein kann, lassen sich mittlere Lehmböden leicht bearbeiten. Dennoch gibt es auch bei Lehm oder Lössböden, je nach Schluffanteil, Probleme. Schluffige Böden neigen stets zu dichter Lagerung und somit zu Wasserstau und schlechter Durchlüftung. Solche Böden sind anfällig für Abspülung und Bodenverschlammung. Als Faustregel gilt: Bodenarten, die

hauptsächlich aus nur einer Korngröße bestehen, haben meist ungünstige Eigenschaften. Lehm und Löss, welche eine gemischte Korngrößen-Zusammensetzung aufweisen, sind günstiger, weil sich hier die Vor- und Nachteile der einzelnen Korngrößen ausgleichen. Schwere Böden: Toniger Lehm, lehmiger Ton, Ton Tonböden sind das entgegengesetzte Extrem zu den Sandböden. Die Bodenteilchen sind viel kleiner ($< 2 \mu\text{m}$) und mit bloßem Auge nicht zu erkennen. In der aufgeschwemmten Bodenprobe sind die Tonpartikel aber als Trübung sichtbar. Tonminerale sind im Gegensatz zu den Sandkörnern nicht kugelig, sondern blättchenförmig schichtweise aufgebaut und sehr dicht gelagert. Bei Regen kann viel Wasser eingelagert werden. Die Plättchen quellen auf. Die Nährstoffe werden ebenfalls sehr fest gebunden, so dass die Saugkraft der Pflanzen weder ausreicht, das Wasser aufzunehmen noch die Nährstoffe verfügbar zu machen. Es kann daher passieren, dass bei einem Tonboden die Pflanzen schon zu welken anfangen, obwohl der Boden noch feucht erscheint. Die Tonteilchen sind überdies so dicht gelagert, dass nur wenige kleine Hohlräume zur Verfügung stehen. Die Durchlässigkeit für Luft und Wasser ist entsprechend sehr gering. Nach Regen quillt der Boden auf wie ein Schwamm, bei der nachfolgenden Trockenheit schrumpft er, backt zusammen und bricht dann mit den oft beschriebenen charakteristischen Rissen auf. Tonböden können nur während sehr kurzer Zeit bearbeitet werden. Ist es zu nass, klebt der Boden an den Geräten und bildet schmierige Schollen. Wird der Boden in diesem Zustand bearbeitet wird das Bodengefüge auf lange Zeit zerstört. Der Boden verschmiert und wird verdichtet. Wenn der Boden aber zu trocken ist, wird er steinhart und zerfällt bei der nur unter sehr großem Kraftaufwand möglichen Bearbeitung in Klumpen. Man nennt Tonböden daher auch oft »Stunden« oder gar »Minutenböden«. Tonböden haben zwar ein großes Nährstoff- und Wasserpotential, aber dieses ist für die Pflanzen schlecht nutzbar. Zudem können sich Pflanzenwurzeln in dichtem Bodengefüge nur ungenügend ausbreiten, Kümmerwuchs ist die Folge. Wichtig ist es daher, die Krümelbildung durch Kalkung zu fördern. Tonböden müssen durch regelmäßige und reichliche Gaben von Sand und Kompost gelockert werden.

pH-Wert

Der pH-Wert gibt an, ob ein Boden neutral, mehr sauer oder mehr basisch reagiert. Gemessen wird die Hydroxoniumionen-Konzentration (H_3O^+), die mit Hilfe einer Skala von 1 bis 14 angegeben wird. Dabei entspricht 7 einem neutralem pH-Wert, unterhalb von 7 einem sauren und oberhalb von 7 einen basischen pH-Wert. Ein optimaler pH-Wert ist für jedes Leben und alle Organismen wichtig und die Natur hat sich im Laufe der Evolution vielfältige Mechanismen geschaffen um den pH-Wert in engen Grenzen einigermaßen konstant zu halten. Böden haben in der Regel einen pH-Wert der zwischen 5,5 und 7,2 liegt. Dabei ist der pH-Wert eines Bodens von der Art und der Zusammensetzung des Bodens abhängig. So haben zum Beispiel leichte Böden in der Regel einen niedrigeren pH-Wert als schwere Böden und auch mit zunehmenden Humusanteil im Boden sinkt der pH-Wert. Ein zu niedriger (sauer) oder zu hoher (basischer) pH-Wert kann negative Folgen auf den Boden und damit auf das Pflanzenwachstum haben. Pflanzen haben einen bestimmten pH-Bereich, in dem sie sich besonders wohlfühlen und entsprechend gut wachsen und der pflanzenspezifisch ist. Ist ein Boden zu sauer oder zu basisch kann es die Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen stark beeinträchtigen, so dass es, obwohl ausreichend Nährstoffe im Boden vorhanden sind, zu Mangelerscheinungen bei Pflanzen kommen kann. Auch werden die Aktivitäten von Bodenmikroorganismen durch falsche pH-Werte stark eingeschränkt. Diese Organismen übernehmen vielfältige Aufgaben im Boden. Sie sind an der Humusbildung, Nährstofffixierung und -freisetzung und somit auch für die Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanze mit beteiligt. Außerdem sind sie für die Konsistenz der Böden und damit für die Durchlüftung, Wärme- und Wasserhaushalt mit verantwortlich. Regenwürmer halten sich zum Beispiel in Böden mit einem pH-Wert der unter 3,3 liegt nicht mehr auf. Durch falsche pH-Werte können auch Schadstoffe für Pflanzen verfügbar gemacht werden, die unter normalen Bedingungen im Boden fixiert sind. Um den pH-Wert eines Bodens richtig einzustellen stehen verschiedenste Kalkdünger zur Verfügung. Ist der pH-Wert sehr niedrig muss aufgekalkt werden. Dafür benutzt man in der Regel Branntkalk oder Mischkalk bei mittleren und schweren Böden, da man mit diesen Verbindungen einen raschen Anstieg des pH-Wertes erreicht. Bei leichten Böden sind diese Mittel nicht zu empfehlen, da leichte Böden über eine zu geringe Speicherkapazität verfügen. Für die Erhaltungskalkung bei optimalen pH-Werten sind kohlen- und kieselsaure Kalke ausreichend schnell wirksam. Ist der pH-Wert des Bodens zu hoch muss auf eine Kalkung verzichtet werden. Neben der chemischen Wirkung, d.h. die Veränderung des pH-Wertes, hat Kalk auch

eine physikalische Wirkung, die darauf beruht, dass der Kalk Brücken zwischen den Tonteilchen bildet, so dass stabile Bodenkrümel entstehen können. Diese strukturverbessernde Wirkung ist besonders wichtig auf ton- und schluffreichen Böden: Die Verschlammungs- und Erosionsneigung wird gemindert, die Böden sind tragfähiger und weniger anfällig gegenüber Verdichtungen, wodurch gleichzeitig das Wurzelwachstum der Pflanzen und der Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens begünstigt werden.

Humusklasse (vis. Abgleich)

Unter Humus wird die gesamte abgestorbene organische Bodensubstanz verstanden. Hierzu zählen die im und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren organische Abbau- und Umwandlungsprodukte. Humus unterliegt einem ständigen Auf- und Abbauprozess und beeinflusst die physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften. Hierzu zählen: - die Speicherung von Nährstoffen und Wasser, - das Filter- und Puffervermögen, - die biologische Aktivität, - das Bodengefüge. Die Gewährleistung einer hohen Produktivität der gartenbaulich genutzten Böden setzt nicht nur eine ausreichende Nährstoffversorgung, sondern vor allem eine ausreichende Versorgung mit Humus voraus. Durch den Humusgehalt wird die Gefügebildung, der Luft-, Wärme-, und Wasserhaushalt genau wie der Nährstoffhaushalt positiv beeinflusst. Im Bundes-Bodenschutzgesetzes von 1998 gehört es zur guten fachlichen Praxis des landwirtschaftlichen Bodenschutzes, „den standorttypischen Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität zu erhalten“ (BBodSchG § 17 Absatz 2 Punkt 7). Humusgehalt und -qualität werden sowohl durch Standortfaktoren als auch durch die Bewirtschaftung beeinflusst. Es sollte daher ein wesentliches Ziel eines jeden Gärtners sein, durch entsprechende Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung den Humusgehalt des Bodens zu erhalten.

Org. Kohlenstoff

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Boden teilt sich auf in zwei Fraktionen. Dabei macht die Hauptmenge der organisch gebundene Kohlenstoff aus. Diesen findet man in den Bodenorganismen, abgestorbenen organischen Material von Pflanzen und Tieren und im Humus. Im Gegensatz zu dem organischen Kohlenstoff gibt es noch den anorganischen Kohlenstoff, hauptsächlich in der Form von Carbonaten. Der Gehalt von anorganischen Kohlenstoff bzw. Carbonat ist in den verschiedenen Böden sehr unterschiedlich und hängt von der Gesteinsgrundlage des Bodens ab. Böden mit Kalkstein als Basis haben wesentlich höhere Carbonatgehalte als Böden mit anderer Basis, z.B. Sandstein oder Schiefer. Zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffs muss vom Gesamtgehalt an Kohlenstoff im Boden der Carbonatkohlenstoff abgezogen werden. Aus der Bestimmung des organischen Kohlenstoffs können wichtige Rückschlüsse auf den Humusgehalt, die Fruchtbarkeit und Nährstoffverfügbarkeit des Bodens geschlossen werden, insbesondere wenn der organische Kohlenstoff in Bezug zum Stickstoff im Boden gesetzt wird (siehe C/N-Verhältnis).

Hauptnährstoffe

P2O5

Phosphor spielt in der Form von Phosphaten eine essentielle Rolle für physiologische Prozesse. Phosphate sind für das Leben auf der Erde unentbehrlich und haben vielfältige Funktionen in Pflanzen. Phosphate sind Bausteine der DNA, der Erbinformation, die jeder Organismus hat. Auch sind Phosphate für den Energiehaushalt eines Organismus von zentraler Bedeutung und sind die Energiewährung in lebenden Systemen. Auf zellulärer Ebene erfüllen Phosphate als Botenstoffe wichtige Aufgaben und dienen als molekularer Schalter in vielen biochemischen Prozessen. Durch Anheften/Abspaltung von Phosphat an bestimmte Enzyme und Rezeptoren in der Zelle werden diese aktiviert/deaktiviert. Ferner sind Phosphate wichtig als Puffersubstanzen und damit wichtig für die Aufrechterhaltung des Säure-Basen-Gleichgewichts in Organismen und sind in der Form von Phospholipiden Bestandteil von Zellmembranen. Der Gesamtvorrat an Phosphor im Boden, in der Form von Phosphaten, ist im Allgemeinen sehr hoch. Davon steht aber nur ein Bruchteil der Pflanze direkt zur Verfügung. Der größte Teil ist im Boden gebunden und kann nicht ohne weiteres von der Pflanze verwertet werden. Von Pflanzen werden nur die leichtlöslichen

Phosphate aufgenommen. Diese gelösten Phosphate stehen im Boden im Gleichgewicht mit an Mineralien gebundenen Phosphaten, die somit über längeren Zeitraum auch von der Pflanze assimiliert werden können. Eine weitere Fraktion von Phosphaten ist an bestimmte Mineralien oder in Form von organischen Phosphorsäureestern fest gebunden und steht den Pflanzen nicht zur Verfügung. Schwer lösliche Phosphate bilden sich zum Beispiel mit Calcium (Apatit), Aluminium und Eisen. Auf Phosphormangel reagieren Pflanzen mit verstärktem Wurzelwachstum und Abgabe von komplexierenden Säuren, wie zum Beispiel Zitronensäure oder Apfelsäure, aus den Wurzeln in den umgebenden Boden. Diese Säuren bewirken einen Austausch der für die Schwerlöslichkeit verantwortlichen Kationen, so dass das Phosphat besser in Lösung geht und von der Pflanze aufgenommen werden kann. Auch Mycorrhizapilze, mit denen Pflanzen in Symbiose leben, wirken auf ähnliche Weise und machen das Phosphat besser verfügbar für die Pflanze. Bei Phosphormangel begünstigt die Pflanze die Kolonisierung mit Mycorrhiza, bei ausreichendem Phosphatangebot unterdrückt sie sie.

K₂O

Kalium gehört zu den essentiellen Elementen, die alle Organismen für ihren Stoffwechsel benötigen. Kalium ist an der Aktivierung von Enzymen beteiligt und Pflanzen benötigen Kalium zur Steuerung ihres Wasserhaushalts. Durch Kalium wird der osmotische Druck in den Zellen der Pflanze reguliert. Außerdem bewirkt es eine Verbesserung der Frostresistenz und auch die Festigkeit der Zellwände nimmt zu, da Kalium die Ausbildung von Stützgewebe fördert. Weiterhin unterstützt Kalium die Photosyntheseaktivität und den Transport von Zucker und Stärke. Eine ausreichende Kaliumversorgung der Pflanze hat positive Auswirkung auf die Ausbildung der Aromastoffe und somit auf den Geschmack. Ferner erhöht Kalium die Krankheitsresistenz von Pflanzen. Kaliummangel äußert sich zuerst in Form von Nekrosen an den Rändern älterer Blätter. Die Ursache hierfür liegt darin, dass Kalium innerhalb der Pflanze leicht mobilisiert und verlagert werden kann. Bei fortdauerndem Kaliummangel kommt es Wachstumsbeeinträchtigung. Zu hohe Kaliumkonzentrationen im Boden schädigen junge Pflanzen und verhindern die Aufnahme anderer Nährstoffen. So kann ein Überangebot von Kalium eine Mg- oder Ca-Mangelsituation hervorrufen. Zuviel an Kalium kann zu Mengen- und Qualitätseinbußen bei Pflanzen führen. Der Gehalt an Kalium im Boden ist in erster Linie abhängig von der Bodenart. Da Kalium an Tonminerale gebunden wird, kann die Verfügbarkeit von Kalium auf schweren Standorten in Folge einer Fixierung eingeschränkt sein. Im Gegensatz dazu stellt auf leichten Böden die erhöhte Verlagerung in tiefere Bodenschichten von Kalium ein Problem dar. In der Regel sind gärtnerisch benutzte Böden in Deutschland ausreichend mit Kalium versorgt, so dass nur die Menge Kalium gedüngt werden sollte, die durch den Pflanzenabtrag verloren geht.

MgO

Der Magnesiumgehalt des Bodens hängt stark vom geologischen Ausgangsmaterial des Bodens ab. Sandböden enthalten in der Regel wenig Magnesium, während Böden aus Dolomit und Basalt oder Marschböden ausreichend mit Magnesium versorgt sind. Magnesium ist ähnlich wie Calcium im Boden leicht beweglich, so dass durch Verlagerung und Auswaschung zu Verlusten an Magnesium kommen kann. Dieses geschieht besonders bei niedrigem pH-Wert des Bodens. Auch konkurriert bei niedrigem pH-Wert Magnesium mit Aluminium, das durch die Säure im Boden freigesetzt wird. Auch andere Pflanzennährstoffe, wie zum Beispiel Kalium, Calcium und Mangan, verdrängen bei zu hoher Konzentration im Boden das Magnesium, so dass auch bei ausreichender Versorgung des Bodens ein Magnesium-Mangel bei Pflanzen auftreten kann. Durch Calcium geschieht dieses insbesondere bei zu hohem pH-Wert (pH: > 7) des Bodens. Auch Kalium steht in Konkurrenz mit dem Magnesium, so dass bei hohen Kaliumgehalten im Boden und bei ammoniumlastiger Stickstoffdüngung (das Ammonium-Ion hat denselben Ionenradius wie das Kalium-Ion) auf das Magnesium im Boden geachtet werden muss. Magnesium ist für Pflanzen ein wichtiger Nährstoff, da Magnesium der Zentralbaustein des Chlorophylls und somit für die Energieversorgung und Stoffwechsel der Pflanze, der Synthese von Kohlenhydraten, Aminosäuren und Fetten von zentraler Bedeutung ist. Auch an der Regulation des Wasserhaushalts der Pflanzen ist Magnesium beteiligt. Charakteristisch für einen Magnesiummangel sind Aufhellungen der ältesten Blätter sowie bei Getreide von der Blattspitze her beginnendes Absterben. Durch die Rückverlagerung des Magnesiums in der Pflanze sind nur die jeweils jüngsten Blätter grün.

Spurenelemente

Bor

Bor ist für Pflanzen ein Spurenelement und beeinflusst insbesondere die Zell- und Gewebeentwicklung. Des Weiteren hat Bor Einfluss auf den Energiestoffwechsel, Zucker- und Stärkebildung, Eiweißsynthese und Frostresistenz von Pflanzen. Auch die Regulation von Wasserhaushalt, Stofftransport, Blütenbildung und Befruchtung sowie die Resistenz gegenüber Krankheiten sind an das Vorhandensein von Bor gebunden. Bor ist in der Pflanze wenig beweglich. Daher treten Mangelerscheinungen zuerst an den jungen Blättern auf. Bormangel äußert sich in einem gehemmten Wachstum und dem Absterben, unter schwarzbrauner Verfärbung, der Sprossspitze. Es werden ein verstärktes Austreiben aus den Achselknospen und eine verminderte Internodienstreckung beobachtet. Bei bestimmten Pflanzen kommt es zu Krankheiten, die auf den Bormangel zurückzuführen sind, wie zum Beispiel die Glasigkeit und Braunherzigkeit bei Kohlarten oder die Herz- und Trockenfäule bei Rüben. Bor ist im Boden eigentlich genügend vorhanden, nur häufig nicht in ausreichendem Maße pflanzenverfügbar. Insbesondere bei Trockenheit und auch bei hohen Kalkgaben und hohen pH-Werten (> 7) ist Bormangel möglich, genauso wie bei sehr tonhaltigen Böden. In humusarmen, leichten Böden ist Bor aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit stark auswaschungsgefährdet, so dass leichte Böden häufig über zu wenig Bor verfügen. Da es viele Pflanzen gibt, die empfindlich auf Bor reagieren und die Gefahr einer Überdüngung mit Bor groß ist, sollte Bor nur bei Mangel und nicht auf Vorrat gedüngt werden. Als Sofortmaßnahme kann eine Blattdüngung mit Borsäure erfolgen. Die Blattdüngung ist die effektivste Form zur Sicherung der Spurenelementversorgung, weil die Nährstoffe direkt über das Blatt aufgenommen werden und nicht der Gefahr der Festlegung im Boden unterliegen. Somit kann auch kurzfristig auf Stresssituationen reagiert werden. Hierunter werden Bedingungen verstanden, unter denen es trotz ausreichender Bodengehalte wegen einer schlechten Verfügbarkeit zu Engpässen in der Versorgung kommen kann.

Kupfer

Kupfer ist für Pflanzen ein Spurenelement und wird somit nur in geringen Mengen benötigt. Eine wesentliche Aufgabe des Kupfers im pflanzlichen Stoffwechsel ist die Beteiligung an verschiedenen Redoxprozessen und spielt damit eine entscheidende Rolle bei der Bildung von Kohlenhydraten und Eiweiß. Bedeutung besitzt Kupfer auch als Bestandteil von Enzymen im Ligninstoffwechsel für die Stabilisierung (Verholzung) der Zellwände. Dünnwandige Zellen sind die Folge des Kupfer-Mangels. Kupfer fördert des Weiteren die Bildung des Wuchsstoffes Phytoalexin, der pathogenes Pilzwachstum hemmt und somit Einfluss auf die Krankheitsresistenz hat. Etwa 70% des Gesamt-Kupfer in der Pflanze befinden sich in stoffwechselaktiven jungen Blättern. Da Kupfer in der Pflanze kaum verlagert wird, äußert sich eine Unterversorgung stets zuerst in jungen Blättern. Mangelsymptome sind weiße Blattspitzen. Kupfer-Mangel senkt auch den Gehalt an Stärke sowie anderer Kohlenhydrate (siehe oben) und ist somit auch Hauptursache für geringe Trockensubstanzbildung. Weitere Mangelerscheinungen sind verstärkte Bildung von Seitenwurzeln und Nachschossern. Der Kupfer-Gehalt der Böden ist weitgehend geogen bedingt und wird durch die Abfuhr von Kupfer mit der Ernte kaum beeinflusst, da der überwiegende Anteil des Kupfers im Boden nicht löslich ist und damit der Pflanze nicht zur Verfügung steht. Ein Teil des Kupfers kann aber durch kleine organische Moleküle gebunden und damit löslich gemacht werden. Dieses „komplexierte“ Kupfer kann jetzt durch die Pflanzen aufgenommen werden, wie auch die gelösten Cu^{2+} -Ionen. Bodenuntersuchungen haben ergeben, dass 95% der Böden in Deutschland ausreichend Kupfer enthalten, also in Versorgungsstufe C und E einzuordnen sind (Bei den Spurenelementen wird nur mit drei Versorgungsstufen, A, C und E, gearbeitet). Böden mit Kupfer-Mangel sind zumeist sandige und moorige Böden. Die Kupfer-Löslichkeit geht auch mit steigenden pH-Wert zurück, so dass auch bei Böden mit ausreichend vorhandenen Kupfer bei hohen pH-Wert Kupfermangelerscheinungen bei Pflanzen auftreten können. Außerdem konkurriert Kupfer mit anderen zweiwertigen Metallionen im Boden. Kupfer-Düngung kann entweder als Boden- oder Blattdüngung mit löslichen Kupfersalzen oder Kupfer-Chelaten erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass zu hohe Kupfer-Konzentrationen toxisch auf Pflanzen wirken. Als Folge treten häufig reduziertes Wurzelwachstum und Blattverfärbungen auf.

Eisen

Als Co-Faktor von Enzymen ist Eisen unter anderem wichtig für den Aufbau von Chlorophyll. Eisenmangel vermindert die Bildung von Kohlenhydraten und Eiweiß. Der Eisengehalt von Mineralböden ist meist ausreichend, ein Mangel entsteht durch die Einschränkung der Verfügbarkeit. Die Verfügbarkeit von Eisen nimmt mit steigendem pH-Wert ab. Begünstigt wird ein Mangel also durch alkalische, kalzium- und magnesiumcarbonatreiche Böden oder Substrate sowie die Düngung mit physiologisch alkalisch wirkenden Düngern und die Verwendung von Gießwasser mit hoher Carbonathärte. Phosphate können im Boden eine Festlegung des Eisens bewirken. Überhöhte Stickstoffgaben und hohe Lichtintensität fördern ein sehr rasches Wachstum und damit Eisenmangel, da die Pflanze das benötigte Eisen nicht schnell genug aufnehmen kann. Bodenverdichtung oder Vernässung führt zu Sauerstoffmangel an den Wurzeln und zu hoher CO₂-Konzentration in der Bodenluft und mindert so das Eisen-Aufnahmevermögen der Pflanze. Ist der Eisengehalt eines Bodens relativ niedrig, genügen niedrige Temperaturen, Nässe oder Trockenheit, um Mangelsymptome hervorzurufen. Eisen konkurriert mit anderen Schwermetallen und Calcium um Aufnahme, Transport und Einbau. Sind diese Nährstoffe im Übermaß vorhanden, kommt es zu Eisenmangel. Eisenmangel äußert sich in Chlorosen der jungen Blätter, beginnend zwischen den Blattadern. Typisch für Eisenmangel jedoch sind die anfangs stets grünen Adern der Blätter bis in die feinsten Verästelungen. Bei anhaltendem Mangel wird das gesamte Blatt weißlich-gelb, die Chlorosen gehen in Nekrosen über, das Blatt stirbt aber nicht vollständig ab. Häufig sind chlorotische Pflanzen unregelmäßig über den Bestand verteilt und stehen direkt neben symptomfreien Pflanzen. Eisenmangel muss so früh wie möglich bekämpft werden. Es ist zu prüfen, welche Ursachen der Eisenmangel hat. Bodenverdichtungen und Staunässe müssen behoben, die Bodenstruktur verbessert werden. Das Verhältnis zu Kalzium und Mangan sowie der pH-Wert können durch eine Substratanalyse geprüft werden. Ein zu hoher pH-Wert ist durch physiologisch sauer wirkende, ammoniumhaltige Stickstoffdünger abzusenken. Carbonatreiches Wasser sollte enthärtet oder mit weichem Wasser verschnitten werden. Am besten zur Behebung des Mangels geeignet ist Fe-EDDHA, ein Chelat, das auch bei hohen pH-Werten die Verfügbarkeit des Eisens gewährleistet.

Zink

Zink ist ein Übergangsmetall und ist als Bestandteil von vielen Enzymen und Proteinen essentiell für alle Pflanzen und Tiere. Auf molekularer Ebene erfüllt Zink regulatorische und katalytische Aufgaben bei einer Vielzahl von Enzymen und ist für die Konfiguration nicht-enzymatischer Proteine von Bedeutung, wie zum Beispiel bei bestimmten Transkriptionsfaktoren (Zinkfingerproteine), und nimmt so Einfluss auf die Genexpression. Auch die Struktur der Ribosomen, der Ort in der Zelle an dem die Proteine hergestellt werden, wird durch Zink stabilisiert. Infolge dieser Funktionen im Eiweißstoffwechsel der Pflanze werden bei Zinkmangel ähnliche Symptome wie beim Stickstoffmangel festgestellt. Zinkmangel senkt den Eiweißgehalt und führt zur Anreicherung von Nitrat in der Pflanze. Besonders hervorzuheben ist auch die Funktion des Zinks in einem Enzym der Photosynthese, der Kohlensäureanhydrase, die speziell die CO₂-Assimilation ermöglicht. Entscheidend beteiligt ist Zink bei der Produktion von Wuchsstoffen in der Pflanze. Durch Zinkmangel verursacht treten Störungen des Teilungs- und Differenzierungswachstums ein. Es folgen Hemmung bzw. Stillstand der Zellteilung in Wurzel- und Sprossspitzen. Das Streckungs- und Dickenwachstum ist verringert, es kommt zu den für Zinkmangel auffälligsten morphologischen Veränderungen von Zwergwachstum und Rosettenbildung. Außerdem begünstigen niedrige Zinkgehalte in der Pflanze Pilz- und Viruskrankheiten. Die Zinkaufnahme der Pflanzen ist, außer vom Gehalt im Boden, in erster Linie vom pH-Wert und Phosphatgehalt im Boden abhängig. Hohe Phosphatgehalte gefährden die ausreichende Zinkversorgung, besonders bei niedrigen Zinkgehalten im Boden. Zinkmangel gefährdet sind in erster Linie sehr leichte Böden mit hohem pH-Wert sowie Kalkböden. Bodenuntersuchungen haben aber ergeben, dass 91% der Böden in Deutschland ausreichend Zink enthalten, also in Versorgungsstufe C und E einzuordnen sind. Mangel kann aber auch auf Böden mit hohem Anteil unersetzter organischer Substanz und nach Aufkalkung beobachtet werden. Die Zinkaufnahme kann auch durch hohe Eisen- und Kupfergehalte im Boden behindert werden. Ist ein Zinkmangel festgestellt, sollte durch eine Blattdüngung dieser behoben werden. Eine Blattdüngung ist häufig deutlich effektiver als eine Bodendüngung und direkt pflanzenverfügbar. Für die Blattdüngung kommen einfache Salze wie das Zinksulfat, Zinkchelate, oder Produkte auf Basis von Zinkoxid zum Einsatz.

Literatur

VDLufa-Methodenbuch, VDLUFA-Verlag, Darmstadt Vierte Auflage 1991
Handbuch der Bodenuntersuchung, Wiley-VCH, Beuth

LAGA-Methodensammlung Abfalluntersuchung
TR Boden der LAGA M20
Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)
Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Aufl., 2002
Baumgärtel et al. 2010, Empfehlungen zur Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode,
Feller, C.; Fink M.; Laber, H.; Maync, A.; Paschold, P.; Scharpf, H.C.; Schlaghecken, J.; Strohmeyer, K.;
Weier, U.; Ziegler, J. (2011) Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink, M. (Hrsg.): Schriftenreihe des
Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), 3. Auflage, Heft 4, Großbeeren

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Richtwerte zur Einstufung der Mikronährstoffgehalte in
Böden bei Anwendung der CAT-Methode

Dr. Jürgen Zander, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau
Spurenelementbestimmung im Boden nach der CAT-Methode schont den Geldbeutel

Düngung in Thüringen 2007 nach "Guter fachlicher Praxis Schriftenreihe Heft 7 / 2007

Sachsen-Anhalt, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Sachgemäße Düngung
im Haus- und Kleingarten

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie
Universität Hohenheim: Einstufung pflanzenverfügbarer Spurennährstoffgehalte im Boden
in Gehaltsklassen (Stand: Februar 2006) Untersuchung mit der CAT-Methode

Landesarbeitskreis Düngung BADEN-WÜRTTEMBERG INFORMATIONEN ZUR DÜNGUNG
FÜR HANDEL UND GENOSSENSCHAFTEN 4. Auflage 2010

Bezirksamt Spandau von Berlin (Hrsg.): Mein Garten in der Großstadt. Bodenverbessernde Maßnahmen,
Bodenschutz und Bodenpflege. Fassung von 2014.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Schadstoffe im Boden. Teil 2: Was tun bei Schadstoffen im
Garten? 2003.

Gesundheitsamt Landkreis Goslar: Hinweise und Empfehlungen zur Bearbeitung und Nutzung
schwermetallkontaminierter Gartenböden. 2005

GfRS Gesellschaft für Ressourcenschutz mbH (Hrsg.): Leitfaden Umweltschadstoffe in der Landbau-Praxis.
Bundesprogramm Ökologischer Landbau, 2010.

Die Analyse wurde ausgeführt durch ICP Analytik, Brandenburger Platz 1, 24211 Preetz. Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die oben angeführten
Prüfgegenstände. Auszüge aus dem Prüfbericht dürfen nur mit Zustimmung des Prüflabors veröffentlicht werden.

Dieser Prüfbericht wurde freigegeben von: Dr. Ulf Krause (Laborleitung)
Der Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.