

# 2. Grundlagen der Bodenkunde

## Inhalte:

Bodenbildung und Bodenbestandteile .... 2	Bodentypen ..... 11
Hauptnährelemente ..... 6	Düngung..... 13
Nährstoffdynamik im Boden ..... 9	Bodenschonende Bodenbearbeitung ..... 16





Boden ist die Grundlage von Landwirtschaft und Gartenbau

## Bodenkunde in der biodynamischen Wirtschaftsweise

Die Landwirtschaft ist unmittelbar mit dem Boden verbunden, und fast kein anderer Faktor bestimmt in so einem großen Maße die Gestaltung des Hoforganismus. Der Boden beeinflusst maßgeblich welche Kulturen erfolgreich angebaut werden können, und welche Kulturmaßnahmen möglich oder sogar notwendig sind. Bei der Sortenwahl muss der Landwirt oder die Gärtnerin immer die Bodeneigenschaften mit in Betracht ziehen; und auch beim Kauf neuer Maschinen und Werkzeugen spielen Bodenfaktoren eine große Rolle. Wissen um den Boden ist unverzichtbar für jede Landwirtin und jeden Gärtner. ////

## Kapitel 1. Bodenbildung und Bodenbestandteile

### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Gesteine
- Verwitterung
- Bodenbestandteile und Bodenarten
- Bodenleben und Humus
- Bodenstruktur und Bodenwasser

# Warum ist dieses Thema wichtig in der Biodynamischen Ausbildung?

## Gesteine

Die Bildung von Gesteinen braucht Millionen von Jahren. Gesteine entstehen durch die Verfestigung von Sedimenten, die sich am Boden von Gewässern ablagern, oder durch die Kristallisation von Magma an der Grenze zwischen dem flüssigen Magma und der festen Erdkruste. Diese Prozesse sind von extremen Druck- und Temperaturverhältnissen geprägt, die zu einer Umwandlung der Ausgangsmaterialien führen können. Die Hauptgesteinsarten sind magmatische Gesteine, sedimentäre Gesteine und metamorphe Gesteine. Magmatische Gesteine wie Granit (das wichtigste Urgestein) entstehen durch die Abkühlung und Verfestigung von Magma, während sedimentäre Gesteine durch die Ablagerung und Verfestigung von Sedimenten entstehen. Metamorphe Gesteine entstehen durch die Umwandlung von bereits vorhandenen Gesteinen unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen.

## Verwitterung

Nach ihrer Entstehung sind Gesteine nicht vor Veränderungen geschützt. Durch Einwirkung von chemischen, physikalischen und biologischen Prozessen unterliegen Gesteine der Verwitterung. Dieser Prozess führt dazu, dass die Gesteine langsam zersetzt und abgetragen werden, bis sie schließlich zu Sedimenten werden, die wiederum die Grundlage für die Bildung neuer Gesteine bilden.

Die Verwitterung von Gesteinen kann auf verschiedene Weise erfolgen:

- **Die physische Verwitterung** von Gesteinen erfolgt durch mechanische Einflussfaktoren wie Temperaturschwankungen, Frost-Tau-Zyklen,

Wind- und Wassererosion sowie durch biologische Prozesse wie die Sprengung durch Pflanzenwurzeln.

- **Die chemische Verwitterung** von Gesteinen erfolgt durch chemische Reaktionen mit Wasser, Luft oder anderen Substanzen, die das Gestein zersetzen und seine mineralische Zusammensetzung verändern können. Beispiele hierfür sind die Oxidation von Eisenmineralen oder die Lösung von Karbonaten durch sauren Regen.

- **Die biologische Verwitterung** von Gesteinen erfolgt durch die Aktivitäten von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, die mechanisch oder chemisch auf das Gestein einwirken. Dies kann z.B. durch die Bildung von Huminstoffen geschehen, oder durch Organismen, die in die Poren des Gesteins eindringen und es aufbrechen und zersetzen.

Die Grundbestandteile von Granit sind Quarz, Feldspat und Glimmer. Durch natürliche Prozesse wie Temperaturschwankungen, durch Feuchtigkeit, Frost und organische Säuren wird der Quarz im Granit langsam zersetzt. Feldspat und Glimmer sind anfällig für chemische Verwitterung, da sie leicht in Tonminerale umgewandelt werden können.

Im Laufe der Zeit brechen die Minerale des Granits auseinander und werden zu immer kleineren Partikeln, so entstehen Sand, Schluff und Ton. Diese Bodenteilchen werden dann

durch Wasser und Wind transportiert und können sich schließlich als Sediment ablagern und zu neuen Gesteinen verfestigen.

### Bodenbestandteile

- **Sandteilchen** haben eine Größe zwischen 0,063 mm und 2 mm. Die Körner bestehen aus Quarz und haben eine hohe Stabilität und Haltbarkeit. Sandteilchen sind chemisch nicht reaktiv, und können keine Nährstoffe speichern. (Sandböden sind gut durchlässig für Wasser und Luft und haben eine hohe Drainagekapazität. Sie erwärmen sich im Frühling im Allgemeinen schnell, können aber auch schnell austrocknen.)

- **Schluffteilchen** sind mittelgroße Bodenteilchen mit einer Größe zwischen 0,002 mm und 0,063 mm. Schluffteilchen sind kleiner als Sand, aber größer als Ton. Schluffteilchen sind auch aus der Verwitterung von Granit entstanden, und sind ähnlich wie beim Sand, nicht imstande Nährsalze zu speichern. Ein höherer Schluffanteil im Boden vergrößert aber das Wasserhaltevermögen, da Wasser zwischen den Schluffteilchen absorbiert werden kann.

### - Tonteilchen

Ein Tonboden hat sehr kleine Teilchen und Hohlräume. Er ist im trockenen Zustand hart wie Stein, er schrumpft und wird rissig. Wenn er feucht wird quillt und klebt er. Ton ist sehr reich an Nährstoffen und kann Wasser gut aufnehmen und speichern. In der Landwirtschaft

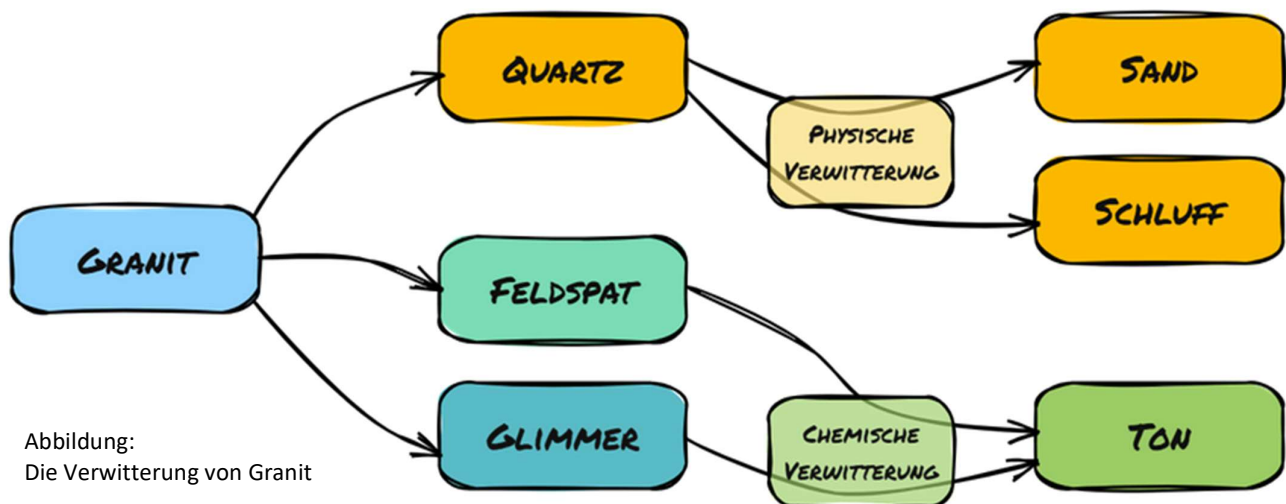


Abbildung:  
Die Verwitterung von Granit



spricht man von einem sogenannten "Minutenboden", weil eine Bearbeitung auf ihm nur möglich ist, wenn der Boden nicht zu nass und nicht zu trocken ist.

### Bodenarten

Das Mengenverhältnis zwischen den drei Fraktionen Sand-, Schluff- und Tonteilchen im Boden (die Kornfraktionen) bestimmt die Bodenart. Wenn eine der drei Korngrößenfraktionen deutlich vorherrscht, spricht man von einem Sand-, Schluff- oder Tonboden. Wenn die Fraktionen in ungefähr gleichen Teilen im Boden enthalten sind, spricht man von einem Lehm Boden. Durch die Bezeichnungen *sandig*, *schluffig*, *lehmig* oder *tonig* wird weiter differenziert: – ein schwerer Lehm Boden mit einem verhältnismäßig hohen Anteil an Tonteilchen wird zum Beispiel als toniger Lehm bezeichnet.

### Bodenleben

Das Bodenleben besteht aus einer Vielzahl von Organismen, darunter Bakterien, Pilze, Insekten, Gliedertiere, Würmer und viele andere. Diese Organismen spielen eine wichtige Rolle im Bodenökosystem, da sie viele verschiedene Aufgaben und Funktionen erfüllen.

Bakterien sind mikroskopisch kleine Organismen. Sie sind für den Abbau von organischem Material verantwortlich und tragen zur Freisetzung von Nährstoffen bei, die die Pflanzen zum Wachsen benötigen.

Pilze sind ebenfalls an der Zersetzung von organischer Substanz beteiligt und bilden darüber

hinaus eine symbiotische Beziehung mit Pflanzenwurzeln, die als Mykorrhiza bekannt ist. Diese Beziehung ermöglicht es den Pflanzen, mehr Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen. Außerdem sind Pilze imstande, anorganisches Phosphat aus Bodenteilchen freizusetzen und es in den biologischen Nährstoffkreislauf einzubringen.

Auch Kleintiere im Boden wie z.B. Regenwürmer zersetzen organische Masse, indem sie es aufnehmen und verdauen. Sie lockern auch den Boden auf und verbessern seine Struktur, was die Belüftung und Wasserdurchlässigkeit des Bodens fördert.

Insgesamt sorgen diese Bodenorganismen dafür, dass organisches Material abgebaut und Nährstoffe im Boden freigesetzt und pflanzenverfügbar gemacht werden. So fördern sie die Bodenfruchtbarkeit und das Wachstum der Pflanzen.

### Humus

Humus im Boden entsteht aus pflanzlichen Überresten und tierischen Ausscheidungen. Diese Ausgangsstoffe werden im Boden vom Bodenleben umgesetzt und in Nährhumus und Dauerhumus umgewandelt. Mit Nährhumus werden die leicht zersetzbare organische Verbindungen bezeichnet, die sich schnell mineralisieren lassen. Dadurch werden Nährstoffe für das Pflanzenwachstum freigesetzt.

Dauerhumus besteht aus eher schwer zu zersetzenden organischen Verbindungen, die im Boden vor allem für eine gute Bodenstruktur

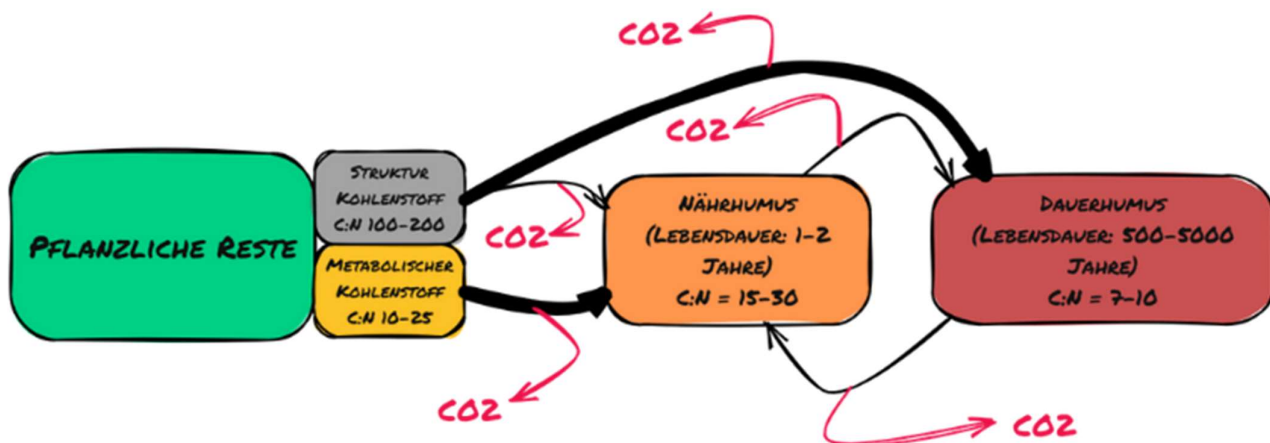


Abbildung: Die Entstehung von Humus pflanzlichen Resten. Das C:N-Verhältnis bezeichnet das Mengenverhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff.

sorgen, das Wasserhaltevermögen verbessern und die Kationenaustauschkapazität erhöhen.

Als Landwirt:in oder Gärtner:in sollte man stets versuchen, den Humusgehalt des Bodens zu erhalten oder besser noch, zu erhöhen. Mehr Nährhumus im Boden bedeutet, dass mehr Nahrung für das Bodenleben verfügbar ist, und dementsprechend auch mehr Nährstoffe für die Pflanzen freigesetzt werden können. Mehr Dauerhumus bedeutet, dass der Boden mehr Wasser speichern kann, das eine bessere Bodenkrume möglich ist, und dass auch Nährstoffe in Form von Kationen und Anionen gehalten und gespeichert werden können.

### Das Korngrößendreieck

Zur Klassifizierung und zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Böden dient die Verteilung der unterschiedlichen Korngrößenfraktionen in einem Boden die Korngrößenverteilung.

### Schwere und leichte Böden

Wenn man eine Bodenprobe analysieren lässt erfährt man die genauen Anteile an Sand, Schluff und Ton, und kann mithilfe des Korngrößendreiecks seine Bodenart und Klassifizierung als leichter, mittlerer oder schwerer Boden bestimmen:

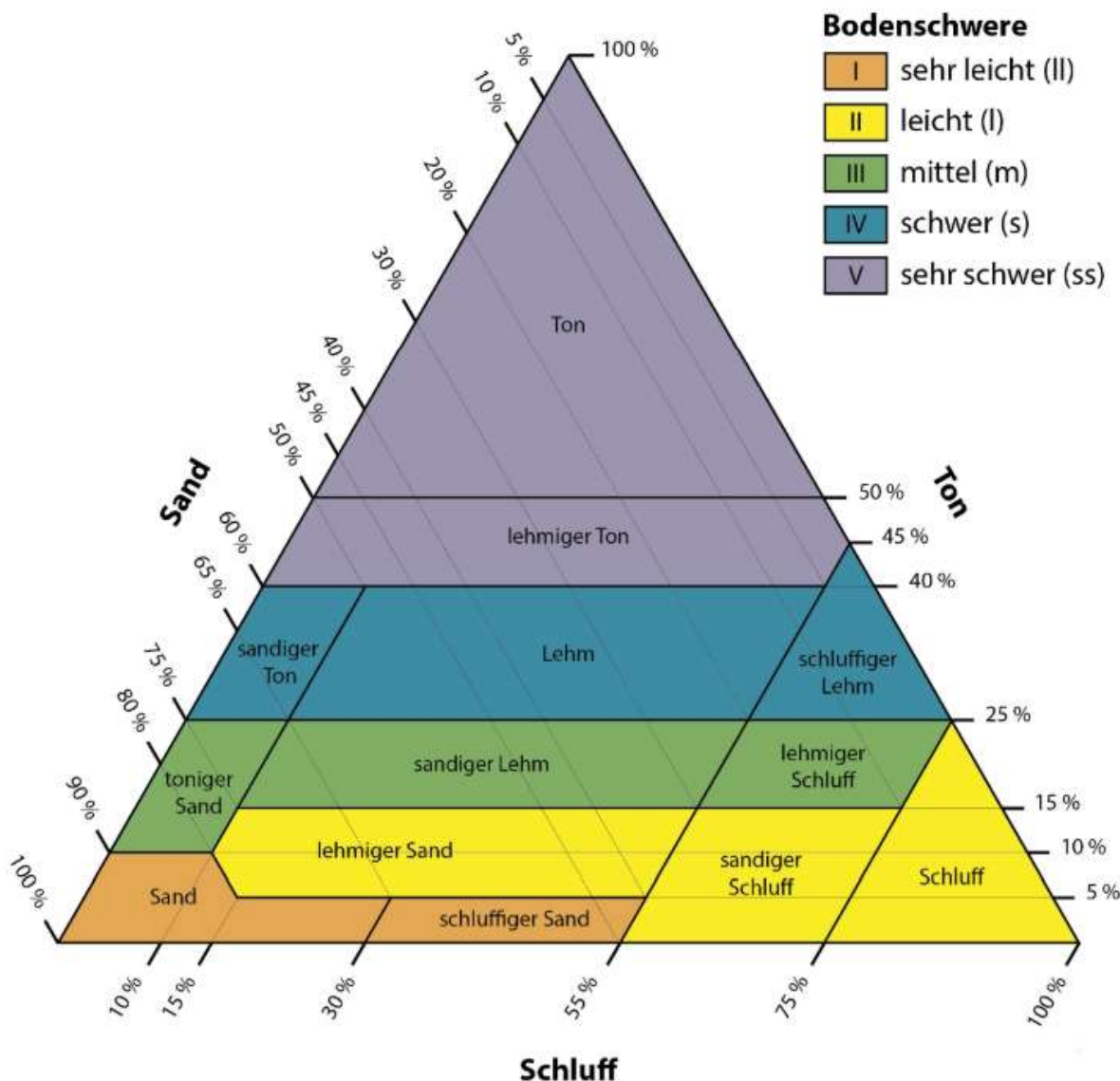


Abbildung: Das Korngrößendreieck zur Bestimmung der Bodenart..

## Bodenstruktur

Die Bodenteilchen und der Humus sind im Boden zu einem Krümelgefüge verbunden. Je stabiler die Krümel, desto widerstandsfähiger ist der Boden gegenüber schädlichen Einflüssen.. Eine stabile Krümelstruktur entsteht durch die Aktivität des Bodenlebens: Bakterien, Regenwürmer und andere Bodenorganismen kleben durch ihre Ausscheidungen die einzelnen Bodenpartikel zusammen und die Pilzfäden geben zusätzlich halt.

So entstehen stabile Krümel, zwischen denen Luft und Wasser zirkulieren können. Sie widerstehen dem Druck durch Befahren, erleichtern die Durchwurzelung und sorgen dafür, dass der Boden nicht erodiert und verschlemmt. Regenwasser kann durch die poröse Struktur leicht in den Boden einsickern und es entstehen keine Pfützen.

## Bodenwasser

Das Bodenwasser ist für die Entwicklung der Pflanzen und des Bodenlebens von großer Bedeutung. Bodenwasser befindet sich in den Poren zwischen den Bodenkrümel. Es gibt verschiedene Arten von Wasser im Boden.

- **Sickerwasser** ist das Wasser, das von oben nach unten durch den Boden hindurchsickert und dabei Nährstoffe und Mineralien aus dem Boden mitführt. Es kann in tiefere Bodenschichten gelangen und so zur Grundwasserbildung beitragen. Je mehr Grobporen es im Boden gibt, desto schneller und desto mehr Wasser versickert und ist dann nicht länger für die Pflanzen verfügbar. Sandböden haben viele Grobporen.

- **Adsorptionswasser** ist das Wasser, das an die Oberfläche der Bodenpartikel gebunden ist und von den Pflanzenwurzeln nicht aufgenommen werden kann, da es sich in den Mikroporen zwischen den Tonpartikeln befindet. Es wird deswegen auch „Totwasser“ genannt.

- **Kapillarwasser** ist das Wasser, das dank der Kapillarkräfte zwischen den Bodenpartikeln nach oben steigt und in den oberen Boden-

schichten verfügbar ist. Dadurch können Pflanzenwurzeln auch in trockenen Zeiten mit Wasser versorgt werden. Kapillarwasser befindet sich in den Mittelporen zwischen den Krümel, und ist für die Pflanzen erreichbar. Die Menge an Kapillarwasser im Boden wird auch „pflanzenverfügbares Wasser“ genannt.

## SELBSTLERNTIPP:

### Übungen auf dem eigenen Betrieb

#### Die Krümelstabilität bestimmen:

Die Krümelstabilität sagt sehr viel darüber aus, wie sorgfältig ein Landwirt oder eine Gärtnerin mit ihren Böden umgehen.

Bodenlabore testen die Krümelstabilität nicht, aber es gibt einen einfachen Test, den man selber vorbereiten und durchführen kann. Man braucht eine Krümelbox, die man leicht selber bauen kann (siehe Anhang).

## Kapitel 2.

### Die Hauptnährelemente

#### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Photosynthese
- Stickstoff
- Phosphor
- Kalium
- Calcium
- Magnesium
- Schwefel

#### Die Photosynthese

Die wichtigsten Nährelemente für Pflanzen sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Diese werden bei der Photosynthese für die Herstellung von Glukose und damit Pflanzensubstanz gebraucht.

Kohlenstoff wird in Form von Kohlenstoffdioxid aus der Luft eingeatmet und Wasser wird von den Wurzeln aus der Erde aufgenommen. Der freigesetzte Sauerstoff wird über die Blätter wieder ausgeatmet.

Es gibt noch andere wichtige Nährstoffe, nämlich Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel. Diese werden als Hauptnährelemente bezeichnet, weil sie in relativ großen Mengen von den Pflanzen gebraucht werden, im Gegensatz zu den Spurenelementen, die auch lebensnotwendig sind, aber in (sehr) geringen Mengen aufgenommen werden.

## Photosynthese

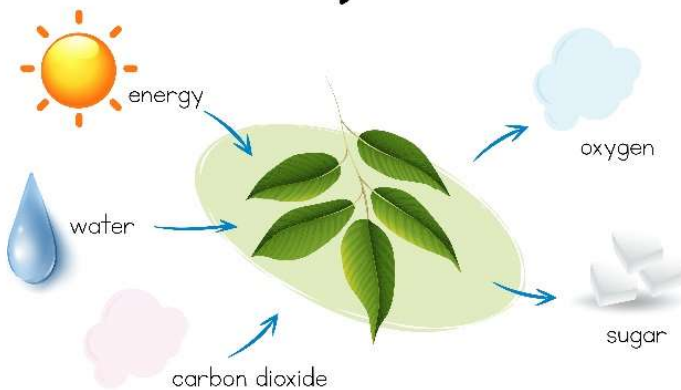


Abbildung:  
Schematische Darstellung der Photosynthese

### Stickstoff

Der Stickstoffkreislauf ist ein wichtiger Prozess in der Natur, der das Vorkommen von Stickstoff in verschiedenen Formen und dessen Beweglichkeit zwischen Boden, Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen und der Luft beschreibt.

Zunächst nehmen Pflanzen während des Wachstums Stickstoff in Form von Ammonium (NH<sub>4</sub>) oder Nitrat (NO<sub>3</sub>) aus dem Boden auf. Diese Stickstoffverbindungen werden dann von den Pflanzen in Proteine und andere organische Moleküle umgewandelt und eingebaut.

Wenn Pflanzen sterben oder ihre Blätter ab-

werfen, gelangen diese organischen Stickstoffverbindungen wieder in den Boden. Auch wenn wir als Landwirt:in oder Gärtner:in mit Hofdünger düngen, bringen wir organisch gebundene Stickstoffverbindungen in den Boden. Dort werden sie von Bakterien zersetzt, wobei wiederum Ammonium entsteht. Ein Teil des Ammoniums wird von den Pflanzen wieder aufgenommen, während ein anderer Teil von weiteren Bakterien in Nitrit (NO<sub>2</sub>) und schließlich in Nitrat umgewandelt wird.

Nitrat kann dann von den Pflanzen erneut aufgenommen werden und der Kreislauf beginnt von Neuem. Ein Teil des Stickstoffs kann aber auch durch Auswaschung in tiefere Schichten des Bodens oder ins Grundwasser gelangen, was zu Umweltproblemen wie Überdüngung und Wasserverschmutzung führen kann.

Stickstoff gelangt aus der Luft in den biologischen Kreislauf. Die Luft besteht zwar zu 78% aus gasförmigem Stickstoff (N<sub>2</sub>); dieser kann aber von den Pflanzen nicht direkt verwendet werden. Die Stickstoffbindung aus der Luft erfolgt durch spezielle Bakterien, die in Wurzelknöllchen von Schmetterlingsblütlern mit diesen in

Symbiose leben. Mithilfe dieser Bakterien, die Rhizobien genannt werden, kann der Luftstickstoff in Ammonium umgewandelt und für Pflanzen verfügbar gemacht werden.

Dieser Prozess der Stickstoffbindung ist nicht nur für die Schmetterlingsblütler essentiell; der jetzt biologisch gebundene Stickstoff kommt letztendlich dem ganzen Pflanzenreich zugute. Dies ist der Grund weswegen viele Demeter- und Biogärtner:innen gerne eine Kleeegründung in ihre Fruchtfolge aufnehmen. Der Klee wird nach der Einarbeitung vom Bodenleben verzehrt und der Stickstoff in Form von Ammonium für die Folgekulturen verfügbar gemacht.

Stickstoff wird in der Pflanze vor allem für das Wachstum gebraucht. Eine Überdüngung mit Stickstoff führt zu einem sehr üppigen Wachs-



tum, oft aber auch zu hoher Anfälligkeit gegenüber und Pilzkrankheiten und Schädlingen.

Es ist wichtig zu wissen, dass Stickstoff in Form von Ammonium, Nitrit und Nitrat leicht ausgewaschen werden kann. Außerdem entschwindet ein Teil des Ammoniaks in Form von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) als Gas zurück in die Atmosphäre. Der sorgfältige Umgang mit Stickstoff im Betrieb ist somit eine wichtige Aufgabe bei der Planung der Düngung, Kompostierung und Bodenbearbeitung.

### Phosphor

Ganz anders verhält sich Phosphor im Boden. Phosphor wird in Form von Phosphat aus organischer Substanz vom Bodenleben freigesetzt und in geringen Mengen auch aus Tonteilchen. Phosphat ist im Boden fest gebunden und wird normalerweise nicht ausgewaschen. Die Kunst ist eher, Phosphat für die Pflanzen verfügbar zu machen und zu halten, da es unter Umständen so fest an Bodenteilchen gebunden ist, dass die Pflanzen es nicht aufnehmen können.

Phosphat fördert in der Pflanze die Blüten- und Fruchtbildung, und auch die Wurzelbildung. Außerdem wird Phosphat bei der Eiweißherstellung und bei der Bildung von DNA und ATP (Energieträger in der Pflanze) in der Pflanze gebraucht.

### Kalium

Eine der wichtigsten Funktionen von Kalium in der Pflanze ist die Regulierung des osmotischen Drucks, indem es die Wasseraufnahme und -abgabe der Pflanzenzellen steuert. Dadurch hilft Kalium Pflanzen, ihre Form aufrechtzuerhalten und durch sich Transpiration gegen Wasserverlust zu schützen.

Kalium ist für den Transport von Nährstoffen in der Pflanze von Bedeutung, da es an der Aktivierung von Enzymen beteiligt ist, die am Stoffwechsel und der Aufnahme von Nährstoffen mitwirken. Darüber hinaus spielt Kalium eine wichtige Rolle bei der Regulierung von Stoffwechselprozessen wie der Photosynthese und der Energieumwandlung. Kalium trägt

auch zur Stärkung der Zellwände bei.

Im Boden finden wir Kalium entweder organisch gebunden oder als Kation  $\text{K}^+$ . Wenn genug Tonteilchen oder Humus im Boden sind, können Kationen wie Kalium gut chemisch/elektrisch gebunden und vor Auswaschung geschützt werden. In gelöster Form wird Kalium leicht ausgewaschen.

### Calcium

Calcium spielt sowohl im Boden als auch in den Pflanzen eine wichtige Rolle. Im Boden trägt Calcium zur Bildung von Ton-Humus-Komplexen und damit zur Verbesserung der Bodenstruktur bei. Es fördert die Stabilität des Bodens und hilft dabei, Nährstoffe zu binden und für die Pflanzen verfügbar zu machen.

In Pflanzen ist Calcium für das Zellwachstum und die Zellteilung entscheidend. Calcium ist für die Bildung der Zellwand von Bedeutung, was dazu beiträgt, dass die Pflanzen standfest und stabil werden. Calcium hilft auch dabei, die Durchlässigkeit der Zellmembran zu regulieren und die Aufnahme von Nährstoffen zu verbessern. Ein Calciummangel kann zu verschiedenen Störungen in Pflanzen führen, wie z. B. Blattnekrosen, verzögertem Wachstum oder Fruchtfäule (z.B. Blütenendfäule in Tomaten).

### Magnesium

Magnesium spielt bei der Photosynthese, der Kohlenhydrat- und Eiweißsynthese und auch bei der Absorption und dem Transport von Nährstoffen eine wichtige Rolle. Magnesium ist essentiell für die Bildung von Chlorophyll, dem grünen Pigment in Pflanzen, das für die Photosynthese notwendig ist. Ein Magnesiummangel kann zu chlorotischen Blättern, geringer Fruchtproduktion und generell zu einer verminderten Gesundheit der Pflanze führen.

Im Boden ist Magnesium ein wichtiger Bestandteil von Bodenmineralen, die den pH-Werte stabilisieren und die Bodenstruktur verbessern. Es trägt auch zur Verfügbarkeit von Nährstoffen für Pflanzen bei, indem es die Ab-



sorption von Phosphor und Stickstoff fördert.

## Schwefel

Auch Schwefel gilt als eines der Hauptnährelemente. In der Pflanze wird Schwefel hauptsächlich für die Bildung von Proteinen und Enzymen benötigt. Er hilft bei der Photosynthese, der Bildung von Chlorophyll und der Abwehr von Krankheiten. Schwefel ist auch für die Bildung von Samen und die Regulierung des Stoffwechsels in der Pflanze von Bedeutung.

Seitdem Industrieabgase besser gefiltert werden, und es an der Tankstelle nur noch schwefelarmen Diesel gibt, nimmt generell der Schwefelgehalt im Boden ab. Während Mangelerscheinungen früher selten auftraten, müssen Landwirtinnen und Gärtner jetzt auch die Schwefelversorgung ihrer Pflanzen im Auge behalten.

## Kapitel 3. Nährstoffdynamik im Boden

### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Nährstoffspeicher im Boden
- Nährstoffe in Tonteilchen und Gestein
- Nährstoffe im Dauerhumus
- Nährstoffe im Nährhumus
- Nährstoffe an Ton- und Humusteilchen
- Nährstoffe als gelöste Salze
- Kationenaustausch (?)

### Nährstoffspeicher im Boden

Man kann im Boden fünf verschiedene Nährstoffspeicher unterscheiden. Sowohl die Menge an Nährstoffen als auch ihre Pflanzenverfügbarkeit sind je nach Speicher verschieden.

### Nährstoffe in Tonteilchen und Gestein

Tonteilchen bestehen aus chemischen Verbindungen, die kleine Mengen an Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium enthalten. Jedes Jahr verwittert unter Einfluss von physischen Prozessen und durch die Wirkung von Bodenlebewesen, ein kleiner Teil der Tonteilchen und des Urgesteins. Diese Prozesse finden sehr langsam statt, und die Mengen sind nicht sehr groß. Sie reichen aber normalerweise für das Wachstum von Wäldern in den gemäßigten Zonen, weswegen wir Wald nicht düngen müssen.

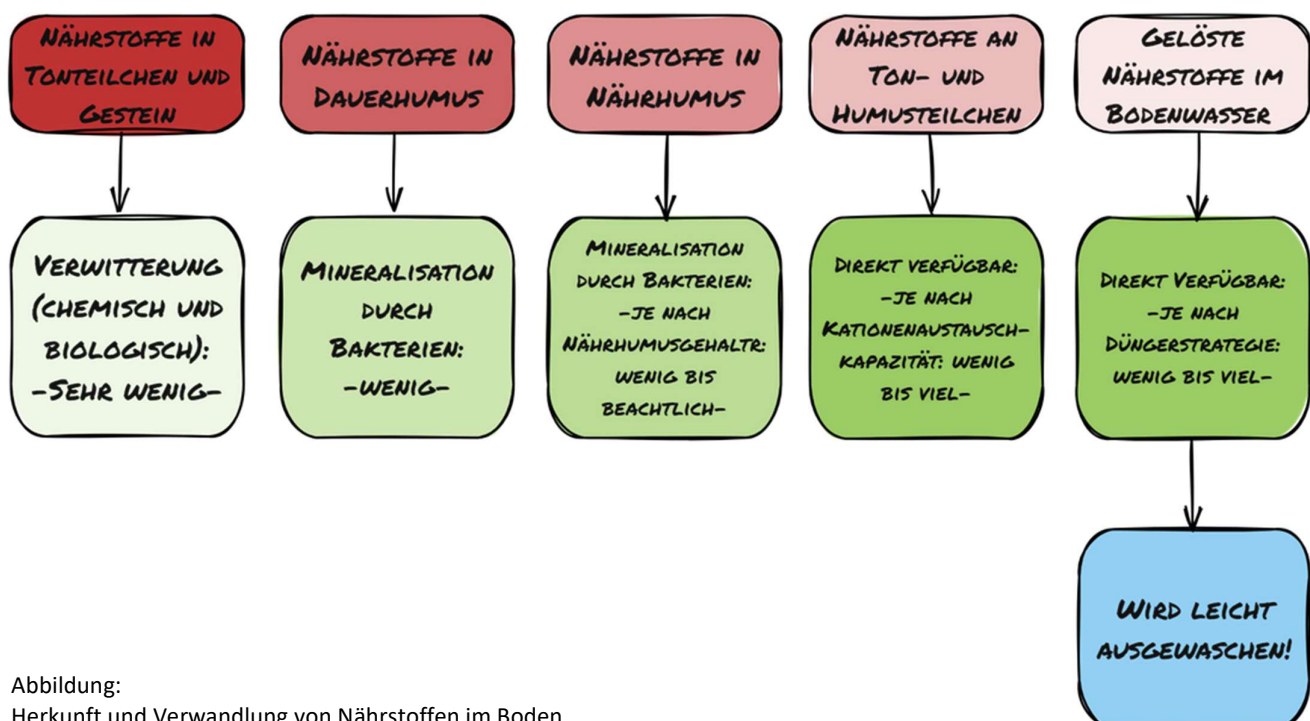


Abbildung:  
Herkunft und Verwandlung von Nährstoffen im Boden.

Pro Jahr werden in den feuchten, gemäßigten Klimazonen folgende Nährstoffmengen durch Verwitterung aus magmatischen Urgesteinen freigesetzt:

Hauptnährelemente	Freigesetzte Menge durch Verwitterung in kg/ha/Jahr
N	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2 - 1.2
K <sub>2</sub> O	6.0 - 24.0
Ca	3.0 - 30.0
Mg	1.0 - 10.0

Quelle: „The Nature and Properties of Soils“, 13<sup>th</sup> Edition 2002, N.B

### Nährstoffe in Dauerhumus

Obwohl wir schon gesehen haben, dass Dauerhumus 500 bis 5.000 Jahre überdauert, wird jedoch jedes Jahr ein kleiner Teil davon (0,2 bis 0,02%) vom Bodenleben mineralisiert. Bei einem Humusgehalt von 4% bedeutet das, dass pro Jahr ungefähr 2000-3000 kg organisches Material mineralisiert werden. Das entspricht ungefähr 6-9kg N, 2-3kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 8-12kg K<sub>2</sub>O pro ha.

Als Demeter- oder Biogärtner:innen müssen wir gleichzeitig für den Humusaufbau sorgen, um , um keinen Raubbau am Boden zu betreiben. Hierfür benötigen wir vergleichbare Mengen an Mineralstoffen.

### Nährstoffe in Nährhumus

Wenn wir regelmäßig mit Stallmist düngen, Gründüngung in unsere Fruchtfolge aufnehmen und unsere Erntereste in den Boden einarbeiten, können erhöhen wir den Gehalt an Nährhumus im Boden erhöhen. Nährhumus besteht vornehmlich aus Polysacchariden und wird innerhalb von 2 Jahren wieder abgebaut. Die Nährstoffe werden dann durch Mineralisierung wieder frei und für die Pflanzen verfügbar. Das Bodenleben wird dabei stark gefördert,

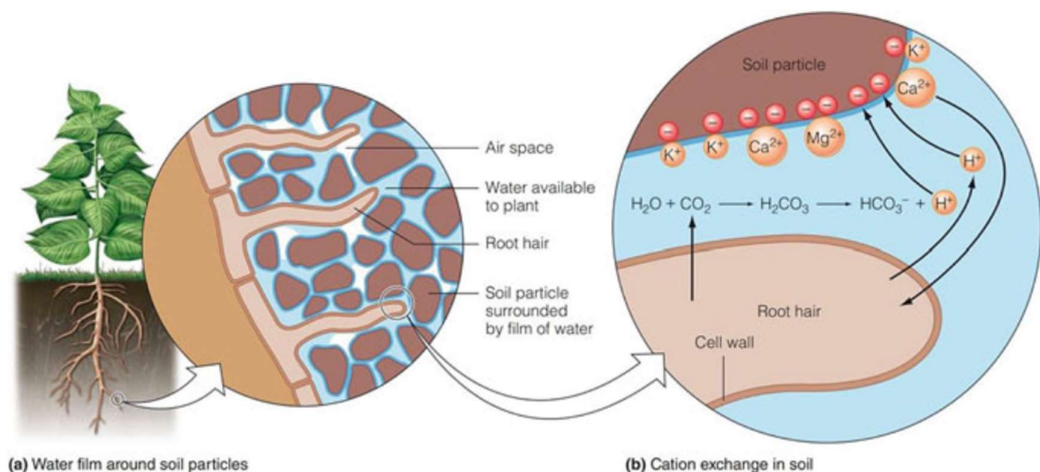


Abbildung: Kationenaustausch im Boden.

denn Nährhumus ist Nahrung für das Bodenleben!

Wie beim Dauerhumus müssen wir auch den Nährhumus ständig wieder ersetzen, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Auch hier sind vergleichbare Mengen an Mineralen nötig wie die, die durch die Humusmineralisierung freigesetzt wurden.

### Nährstoffe an den Ton- und Humusteilchen

Ton- und Humusteilchen werden zusammen auch als Bodenkolloid bezeichnet. Das Bodenkolloid hat viele negativ geladene Stellen, wo positiv geladene Ionen (Kationen) anhaften können. So sind diese für die Pflanzen verfügbar und gleichzeitig vor Auswaschung geschützt. Zwischen Pflanzenwurzel und Bodenkolloid findet ein Prozess statt der „Kationenaustausch“ genannt wird.

### Kationenaustausch

Die Wurzeln der Pflanzen scheiden  $H^+$ -Ionen aus, die die negativ geladenen Oberflächen der Bodenkolloide neutralisieren. Dadurch werden Kationen wie beispielsweise Kalium ( $K^+$ ), Calcium ( $Ca^{2+}$ ), Magnesium ( $Mg^{2+}$ ) oder Natrium ( $Na^+$ ), die an den Kolloiden gebunden sind, freigesetzt und können von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

Gleichzeitig werden die durch die Wurzeln ausgeschiedenen  $H^+$  Ionen von den Kolloiden auf-

genommen, wodurch eine Austauschreaktion zwischen den Kationen und den H<sup>+</sup>-Ionen stattfindet. Dies führt dazu, dass die Pflanzen mit ihren Wurzeln die zum Wachsen benötigten Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen können.

## Kapitel 4. Bodentypen

### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Bodenhorizonte
- Bodentypen
- Braunerde und Parabraunerde
- Podsol
- Rendzina
- Schwarzerde
- Gley
- Moorböden

### Bodenhorizonte

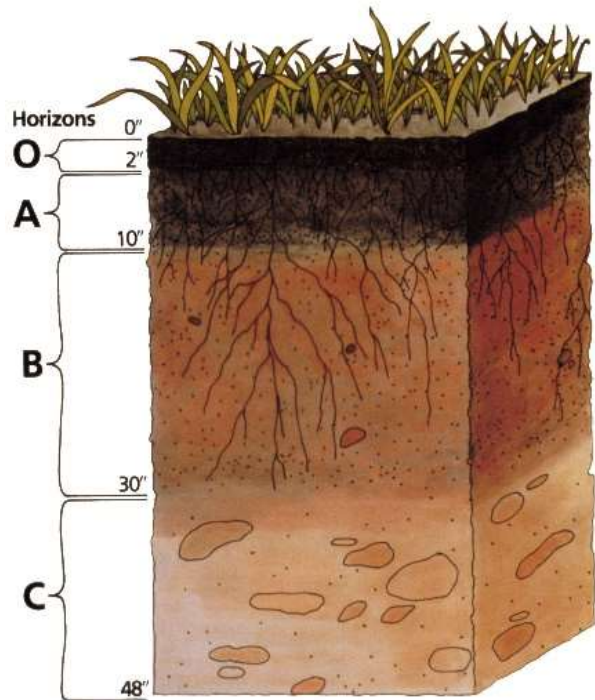
Wenn man im Boden eine Grube mit einer senkrechten Wand aushebt, und man sich die Wand anschaut, kann man oft feststellen dass es verschiedene waagerechte Zonen gibt, die unterschiedlich gefärbt sind. Die übereinander liegenden Schichten werden Bodenhorizonte genannt, und das Ganze ist ein „Bodenprofil“. In der obersten Schicht befinden sich die meisten Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen. Diese Schicht ist durch Humusanreicherung dunkel gefärbt. Sie ist der Ober- oder Mutterboden und wird als A-Horizont bezeichnet. Darunter finden wir eine hellere Schicht, den B-Horizont, der deutlich weniger Humus enthält. Diese Schicht wird auch Unterboden genannt. Darunter liegt der C-Horizont oder Untergrund, der aus unverwittertem Ausgangsgestein besteht.

### Braunerde

Braunerden können aus unterschiedlichen Ausgangsgesteinen entstehen, weswegen ihre Eigenschaften auch sehr unterschiedlich sein können. Was alle Braunerden gemeinsam haben, sind die sehr ausgeprägten A-, B- und C-Horizonte. Auch die Verbraunung durch Oxida-

tion von in den B-Horizont eingewaschenen Eisenverbindungen ist typisch und namensgebend für die Braunerden. Bei Parabraunerden sind neben Eisenverbindungen auch Tonteilchen aus dem A-Horizont in den B-Horizont eingewaschen.

Braunerden haben im allgemeinen ein günsti-



ges Bodengefüge und eine gute Fruchtbarkeit.

### Podsol

Der A-Horizont ist durch Auswaschung von organischen Substanzen und Eisenverbindungen grau und humusarm geworden. Der Humus wurde in tiefere Schichten (oft 60cm und tiefer) verlagert. „Podsole sind saure und nährstoffarme Böden. Durch Düngung, Kalkung und Bewässe-

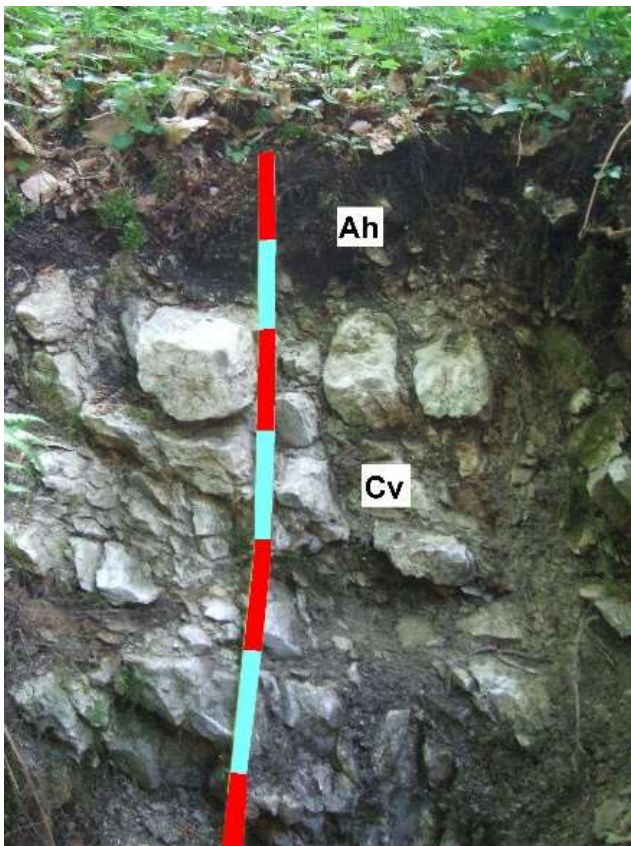




rung können Podsole für Landwirtschaft und Gemüsebau wieder nutzbar gemacht werden.

### Rendzina

Ein Rendzina ist eine flachgründiger Boden direkt auf dem Ausgangsgestein (Carbonat- und Gipsstein). Der B-Horizont fehlt komplett, und der Mutterboden ist von vielen Steinen durchsetzt. Rendzinen sind meist schwere und fruchtbare Böden, und wenn sie nicht zu flachgründig sind, können sie gut für Acker- und Gemüsebau genutzt werden. Ist die Mutterbodenschicht aber nur sehr dünn, kann solch ein Boden nur als Dauergrünland verwendet werden.



den.

### Schwarzerde

Schwarzerden bestehen aus einem sehr dunkel gefärbten A-Horizont, der bis zu einem Meter mächtig sein kann. Solche Erden entstehen auf Löß unter besonderen Bedingungen in trockenem, kaltem Steppenklima. Durch den Einfluss des Klimas und der Bodenorganismen wird organische Substanz bis weit in die Tiefe verlagert

und mit dem Ausgangsmaterial vermischt. In Deutschland gibt es nur ganz wenige Schwarzerden, aber in Russland, der Ukraine und in Nordamerika sind sie häufiger zu finden. Diese Böden sind sehr fruchtbar und haben ein optimales Krümelgefüge.

### Gley

Bei hohem Grundwasserstand entstehen Gley-Böden mit Oxidations- und Reduktionszonen. Eisenverbindungen werden vom Kapillarwasser nach oben transportiert, und es entstehen senkrechte Spuren von rötlichen und bräunlichen Eisenverbindungen im Bodenprofil. Die landwirtschaftliche Nutzung eines Gley-Bodens hängt von den Möglichkeiten ab, den Grundwasserpegel durch Drainage zu senken. Gley-Böden finden wir oft in Senken und Tälern.

### Moorböden

Als Moorböden werden Böden mit über 30% Humus und einer mehr als 30 cm mächtigen Torfschicht bezeichnet. Meistens enthalten sie sogar über 90% organische Substanz. Moorböden sind sehr nass, und können nur landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden, wenn sie ausreichend drainiert sind. Sie sind außerdem sehr sauer, und erfordern Kalkung um normales Pflanzenwachstum zu ermöglichen. Moorböden sind generell geschützt und dürfen nicht mehr in Kultur genommen werden. Es sind wertvolle natürliche Habitate mit einer eigenen, hoch spezialisierten Tier- und Pflanzenwelt.





## SELBSTLERNTIPP:

### Übungen auf dem eigenen Betrieb

#### Bodenprofil selber graben:

Grabe in deiner Gärtnerei oder auf deinem Hof ein Bodenprofil. Versuche, die verschiedene Horizonte zu bestimmen, und stelle fest, um was für einen Bodentyp es sich handelt.

## Kapitel 5:

### Düngung

#### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Bodenanalyse
- Nährstoffbedarf ermitteln
- Dünger wählen und Mengen berechnen

#### Bodenanalyse

Um die Bodenfruchtbarkeit besser beurteilen zu können ist es sinnvoll, Bodenproben zu nehmen und sie im Labor analysieren zu lassen. Dazu sollte man eine Mischprobe aus mindestens 20 Proben der gleichen Fläche zusammenstellen. Die Proben sollten vom Oberboden, also aus den oberen 20-30 cm genommen werden und man sollte weniger repräsentative Stellen, wie z.B. am Zaun, unter Bäumen, an ehemaligen Trink- oder Futterstellen, usw. meiden. Sehr gut hat sich das W-Modell bewährt, bei dem man die Stellen der Probenahme in einer W-Form über das gesamte Feld verteilt. (siehe Bild).

Die 20 Proben werden dann in einem Kunststoffeimer gemischt und 500-1000 Gramm von dieser Mischprobe werden an ein Bodenzentrum geschickt und dort auf die gewünschten Parameter hin untersucht. Das sind z.B. die Bodenart und Korngrößenverteilung, der Säuregrad (pH-Wert), die enthaltenen Nährstoffe, die Kationenaustauschkapazität und der Gehalt an

Spurenelementen. Ein Beispiel für das Ergebnis einer Bodenanalyse findet sich im Anhang.

Für die Berechnung des Düngedarfs sind in erster Linie die vorhandenen Mengen an pflanzenverfügbaren Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium) zu betrachten (siehe Tabelle)

#### Bodenanalyse bewerten

Zur Bewertung der Ergebnisse der Analyse vergleicht man die jeweiligen Nährstoffgehalte zunächst mit den sogenannten Nährstoffgehaltsklassen. Diese ordnen den Nährstoffgehalt in fünf Klassen von A = sehr niedrig bis E = sehr hoch ein.

#### Pflanzenverfügbare Nährstoffe (CaCl<sub>2</sub>)

N lösl.	mg/100g	2,2 °	TS
Ammonium-N	mg/100g	0,74 °	TS
Nitrat-N	mg/100g	1,5 °	TS
Magnesium	mg/100g	24,5 °	TS

#### Pflanzenverfügbare Nährstoffe (CAL)

Phosphor als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100g	8,5 °	TS
Kalium als K <sub>2</sub> O	mg/100g	15,7 °	TS

## Gehaltsklassen für Phosphat

Gehalte in mg K <sub>2</sub> O/100 g Boden (CAL-Methode)			Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
leichte Böden	mittlere Böden	schwere Böden		
< 4	< 5	< 7	A (sehr niedrig)	Der geringe Kaliumgehalt im Boden muss durch erhöhte Kaliumgaben angehoben werden. Die Kaliumdüngung sollte daher doppelt so hoch wie der Kaliumbedarf der Pflanzen sein.
4-7	5-9	7-14	B (niedrig)	
8-15	10-20	15-25	C (ausreichend/optimal)	Der Kaliumgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Kaliumdüngung sollte daher genau so hoch wie der Kaliumbedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Kaliumdüngung zweckmäßig.
16-25	21-30	26-35	D (hoch)	Der Kaliumgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Kaliumdüngung durchgeführt werden, da der Kaliumvorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 25	> 30	> 35	E (sehr hoch)	

## Gehaltsklassen für Kalium

Gehalte in mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden (CAL-Methode)	Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
< 5	A (sehr niedrig)	Der geringe Phosphatgehalt im Boden muss durch erhöhte Phosphatgaben angehoben werden. Die Phosphatdüngung sollte daher doppelt so hoch wie der Phosphatbedarf der Pflanzen sein.
5-9	B (niedrig)	
10-20	C (ausreichend/optimal)	Der Phosphatgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Phosphatdüngung sollte daher genau so hoch wie der Phosphatbedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Phosphatdüngung zweckmäßig.
21-30	D (hoch)	Der Phosphatgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Phosphatdüngung durchgeführt werden, da der Phosphatvorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 30	E (sehr hoch)	

## Gehaltsklassen für Magnesium

Gehalte in mg Mg/100 g Boden (CaCl <sub>2</sub> -Methode)		Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
leichte Böden	mittlere / schwere Böden		
< 3	< 5	A (sehr niedrig)	Der geringe Magnesiumgehalt im Boden muss durch erhöhte Kaliumgaben angehoben werden. Die Mg-Düngung sollte daher doppelt so hoch wie der Mg-Bedarf der Pflanzen sein.
3 - 6	5 - 9	B (niedrig)	
7 - 10	10 - 20	C (ausreichend/optimal)	Der Magnesiumgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Mg-Düngung sollte daher genau so hoch wie der Mg-Bedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Mg-Düngung zweckmäßig.
11 - 48	21 - 49	D (hoch)	Der Magnesiumgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Magnesiumdüngung durchgeführt werden, da der Mg-Vorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 49	> 49	E (sehr hoch)	

Für Stickstoff gibt es keine Gehaltsklassen, weil der Stickstoffgehalt im Laufe des Jahres aufgrund von Auswaschung durch Niederschläge und Aktivität des Bodenlebens sehr stark schwankt.

### Nährstoffbedarf ermitteln

Wenn der Gehalt an bestimmten Nährstoffen im Boden als niedrig oder sehr niedrig eingestuft wird, ist es sinnvoll, diesen Mangel zu beheben.

Bei gut versorgten Böden wird in der biologischen und biodynamischen Landwirtschaft eine

Düngeberechnung verwendet, in der die durch die Ernte entzogenen Nährstoffe durch Düngung ersetzt werden.

In der Anlage befindet sich eine Tabelle, in der der Bedarf an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium für verschiedene gärtnerische Kulturen aufgelistet ist..

Aus der Gegenüberstellung von Nährstoffentzug durch die Ernte und Nährstoffbedarf der Kultur kann die erforderliche Düngermenge (Kompost, Mist oder Handelsdünger) ermittelt werden.



Abbildung: Nährstoffentzug. Die Nährstoffgehalte im Dünger entsprechen den Nährstoffgehalten der Ernteprodukte.

## Dünger wählen und Mengen berechnen

In der biologischen und biodynamischen Landwirtschaft werden bevorzugt tierischer Mist und Komposte zur Düngung eingesetzt. Frischer tierischer Mist enthält, je nach Tierart und Tierhaltung, mehr oder weniger schnell verfügbare Nährstoffe. Reife Komposte tragen eher zur Anreicherung des Gehalts an Dauerhumus im Boden bei. Zusätzlich gibt es auch die Möglichkeit, zugelassene Handelsdünger einzusetzen, also Stoffe mineralischen oder biologischen Ursprungs, die laut EU-Verordnung und Verbandsrichtlinie verwendet werden dürfen, und die man zukaufen kann.

Die Nährstoffgehalte verschiedener Mistarten unterscheiden sich stark. In der Praxis richtet sich die Wahl der Mistart meistens nach der Verfügbarkeit auf dem eigenen Betrieb oder innerhalb der Betriebskooperation. Guter biologischer Rindermist ist auf jeden Fall ein wertvoller Dünger.

Berücksichtigt man also den Nährstoffgehalt im Boden und im Dünger sowie den Nährstoffbedarf der jeweiligen Kultur und den Nährstoffentzug durch Ernte (Tabellen im Anhang), so kann man einen ausgeglichenen Düngeplan aufstellen. Dabei muss man allerdings auch noch potentielle Verluste mit einkalkulieren, wobei man bei Stickstoff bis zu 50% und bei Kalium bis zu 30% Verluste annehmen sollte, da beide Nährstoffe durch Auswaschung oder Verflüchtigung bei der Ausbringung leicht verloren gehen können.

## Kapitel 5: Bodenschonende Bodenbearbeitung

### Schlüsselbegriffe dieses Kapitels:

- Gründe für eine Bodenbearbeitung
- Argumente gegen eine Bodenbearbeitung
- Klassische Methoden der Bodenbearbeitung
- Innovative Methoden der Bodenbearbeitung und Verzicht

### Gründe für eine Bodenbearbeitung

Es gibt gute Gründe dafür, den Boden vor der Aussaat einer Kultur zu bearbeiten. Die Bodenbearbeitung dient dazu, Mist, Kompost und Ernterückstände einzuarbeiten, um diese dem Bodenleben als Nahrung zur Verfügung zu stellen. Außerdem lockert sie den Boden und regt die Mineralisierung an. Auch Unkräuter, vor allem Saatunkräuter, werden so effektiv beseitigt und die Kulturpflanze beginnt ihre Entwicklung in einem „sauberen“ Acker. Oft beschleunigt die Bodenbearbeitung die das Trocknen und Aufwärmen des Bodens im Frühjahr, was den Vorteil hat, dass man schneller säen oder auspflanzen kann.

### Argumente gegen eine Bodenbearbeitung

Eine Grndbodenbearbeitung wie das Pflügen bringt viel Sauerstoff in den Boden, und beschleunigt damit die Mineralisierung von Humus. Regelmäßige Bodenbearbeitung wirkt sich damit negativ auf den Humusgehalt des Bodens aus, vor allem wenn nicht entsprechend neues organisches Material eingearbeitet wird.

Wenn unter nassen Bedingungen gepflügt wird, kann eine Pflugsohle entstehen, also eine verdichtete Schicht im Boden, die für Pflanzenwurzeln kaum zu durchdringen ist. Dies gilt es unbedingt zu vermeiden.

Je tiefer die Bodenbearbeitung erfolgt, desto gravierender ist der Effekt auf das Bodenleben: Vor allem Pilzfäden werden durch Bodenbear-



beitungen immer wieder zerstückelt und brauchen lange, sich neu zu etablieren. Ein Boden der regelmäßig bearbeitet wird, wird durch Bakterien dominiert; ein Boden der in Ruhe gelassen wird durch Pilze. Bodenpilze leben in Symbiose mit den Pflanzenwurzeln. Die feinen Pilzfäden durchdringen die den Boden viel dichter, als es Pflanzenwurzeln können. Dadurch vervielfacht sich die aktive Oberfläche, an der Wasser- und Nährstoffe aufgenommen werden können.

Die Reduzierung oder der Verzicht auf Bodenbearbeitung hat auch einen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur und verringert das Risiko der Bodenerosion.

Die Grundbodenbearbeitung ist außerdem ziemlich zeitaufwendig und verbraucht viel Kraftstoff (zwischen 15 (Sandboden) und 40 (schwere Böden) Liter Diesel pro ha.

### Klassische Methoden der Bodenbearbeitung

Ein Pflug besteht aus einem Metallrahmen mit mehreren scharfen Klingen, die in den Boden eindringen und diesen umwälzen. Man pflügt in der Regel zwischen 15 und 25 cm tief.

Eine andere Maschine für die Grundbodenbearbeitung ist die Spatenmaschine. Die Spatenmaschine wird von der Zapfwelle angetrieben. Mit diesem Gerät arbeitet man langsamer als beim Pflügen aber es kann keine Pflugsohle entstehen.

## LITERATURTIPP:

### Bodenbearbeitung

Das FIBL hat ein sehr gutes Merkblatt über die reduzierte Bodenbearbeitung herausgegeben: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1652-bodenbearbeitung.pdf>

## Innovative Methoden der Bodenbearbeitung und Verzicht auf Grundbodenbearbeitung

Aus den genannten Gründen wollen immer mehr Gärtner und Landwirtinnen die Intensivität der Bodenbearbeitung verringern, das Bodenleben schonen und Kraftstoff sparen. So werden im Ackerbau Kulturen teilweise bereits in die Ernterückstände der Vorfrucht hineingesät, oder es wird mit Mischkulturen gearbeitet, und in der ganzen Fruchtfolge nur noch einmal, nämlich zum Kleeergrasumbruch gepflügt.

In Gärtnereien wird mit permanenten Beeten experimentiert, die gar nicht mehr gepflügt, gespatet oder gefräst werden, sondern von Hand abgeräumt oder nur ganz oberflächlich mithilfe eines Flachgrubbers oder eines Flügel-schargrubbers unterschritten werden.

## SELBSTLERNTIPP:

### Übungen auf dem eigenen Betrieb

#### Regenwürmer zählen:

Die Anzahl der Regenwürmer pro Quadratmeter ist ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Gesundheit eines Bodens. Grabe dazu ein Grube von 30 x 30cm und 80cm Tiefe, und lege den Aushub auf eine Plane oder in eine Schubkarre. Dann sortierst du die Regenwürmer von Hand aus und sammelst sie in einem großen Glas. Den Aushub wirfst du wieder in die Grube. Am Ende zählst du die Regenwürmer und multiplizierst das Ergebnis mit 11, um die Anzahl auf einen Quadratmeter hochzurechnen. Die Bewertung erfolgt nach folgender Tabelle:

Sehr schlecht	Keine Regenwürmer
Schlecht	Weniger als 40 Regenwürmer pro Quadratmeter
Ausreichend	Zwischen 40 und 100 Regenwürmer pro Quadratmeter
Befriedigend	Zwischen 100 und 200 Regenwürmer pro Quadratmeter
Gut	Zwischen 200 und 500 Regenwürmer pro Quadratmeter
Sehr gut	Zwischen 500 und 1000 Regenwürmer pro Quadratmeter

# Anhang

## 1. Krümelstabilitätstest – Krümelbox selber bauen

Benötigt wird:

- ein Sortimentskasten mit 16 Fächern
- 1 Meter PVC-Rohr mit 25mm Durchmesser
- ein Edelstahlsieb (12 x 12cm)
- eine Heißkleberpistole mit Heißkleber
- eine Blechschere
- eine Säge

Anleitung:

1. Säge das PVC-Rohr in 16 Stücke von jeweils 5cm Länge.
2. Säge die PVC-Stücke in die folgende Form (siehe Bild):
3. Schneide 16 Stücke von jeweils 3 x 3 cm aus dem Edelstahlsieb aus.
4. Klebe mithilfe der Heißkleberpistole die Siebe auf die PVC-Rohrteile und schneide sie zurecht.
5. Fertig!



## 2. Krümelstabilitätstest – Vorgehensweise und Bewertung

### Vorgehensweise

Mit dem Krümelstabilitätstest kann bewertet werden, inwieweit Bodenkrümel bei Wassereinwirkung / bei Nässe stabil bleiben, wie widerstandsfähig also der Boden gegen Erosion ist. Dies ist ein qualitativer Test, der mit Krümel durchgeführt werden muss, die ziemlich trocken sind. Wenn die Krümel sehr feucht sind, müssen sie zuerst im Raum getrocknet werden.

1. Sammle 16 Bodenkrümel. Wenn der Boden eine Kruste hat, sammle vorsichtig Stücke davon. Sei vorsichtig mit den Krümel: Achte darauf, dass sie nicht zusammengedrückt werden.
2. Nimm die Siebe aus der Krümelbox und fülle die Fächer bis knapp unter den Rand mit Leitungswasser.
3. Lege einen Bodenkrümel in jedes Sieb.
4. Platziere alle Siebe gleichzeitig in der Krümelbox und starte eine Stoppuhr.
5. Schon 5 Sekunden nach dem Eintauchen machst du die erste Beobachtung, (siehe Tabelle „Bewertung und Stabilitätsklassen“) Bewerte deine Beobachtungen und notiere die entsprechenden Zahlen 0-6.
6. Die zweite Beobachtung erfolgt nach 30 Sekunden.
7. Nach 5 Minuten ist die dritte Beobachtung dran.
8. Jetzt ist es Zeit zum Eintauchen: Nimm jedes Sieb fünfmal aus dem Wasser und tauche es erneut ein.
9. Befolge die Anweisungen auf dem Arbeitsblatt, um jeden Krümel zu bewerten und notiere das Ergebnis.
10. Die Krümelstabilität des Bodens ergibt sich aus dem Mittelwert aller Krümelbewertungen.

## Arbeitsblatt:

### Bewertung und Stabilitätsklassen:

Stabilitätsklasse	Beschreibung
<b>0 (sehr schlecht)</b>	Die Erde ist nicht stabil genug um Krümelproben zu entnehmen oder die Erde fällt schon in trockener Zustand durch den Sieb.
<b>1 (schlecht)</b>	<b>50 %</b> des Krümelns ist innerhalb von 5 Sekunden nach dem Eintauchen zerfallen .
<b>2 (mangelhaft)</b>	<b>50 %</b> des Krümelns ist zwischen 5 und 30 Sekunden nach dem Eintauchen zerfallen .
<b>3 (ausreichend)</b>	<b>50 %</b> des Krümelns ist zwischen 30 Sekunden und 5 Minuten nach dem Eintauchen zerfallen, ODER: Weniger als 10% der Erde bleibt nach fünfmaligem Eintauchen auf dem Sieb übrig.
<b>4 (gut)</b>	<b>10 - 25%</b> der Erde bleibt nach fünfmaligem Eintauchen auf dem Sieb übrig.
<b>5 (sehr gut)</b>	<b>25 - 75%</b> der Erde bleibt nach fünfmaligem Eintauchen auf dem Sieb übrig.
<b>6 (herausragend)</b>	<b>75 - 100%</b> der Erde bleibt nach fünf mal Eintauchen auf dem Sieb übrig.



	<b>1. Beobachtung (Stabilitäts- klasse) nach 5 Sek.</b>	<b>2. Beobachtung (Stabilitäts- klasse) nach 30 Sek.</b>	<b>3. Beobachtung (Stabilitäts- klasse) nach 5 Min.</b>
Krümelpro- be Nr.1			
Krümelpro- be Nr.2			
Krümelpro- be Nr.3			
Usw. bis 18			

Jedes Sieb wird separat bonitiert und die Stabilitätsklasse oben eingetragen. Die Krümelstabilität des Bodens ergibt sich aus dem Mittelwert der 16 Proben.



### 3. Beispiel einer Bodenanalyse

#### AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH

Breslauer Str. 60, 31157 Sarstedt, Germany  
 Tel.: +49 (05066) 90193-0, Fax: +49 (05066) 90193-35  
 eMail: sarstedt@agrolab.de www.agrolab.de

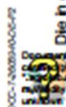


#### Auftrag 975917 Substrat, Bodenphysik

Analysennr.	Probenbezeichnung	Probenahme	Probenart
610569	Bodenuntersuchungen (Gärtnerei-Freiland)	19.11.2020	Mineralboden

Die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "N" gekennzeichnet.

Einheit	610569 Bodenuntersuchungen (Gärtnerei-Freiland)	Substanz
<b>Allgemeine Angaben zur Probe</b>		
Bodenart	humoser lehmiger Sand	OS
pH-Wert	6,4 *	TS
Salzgehalt	% 0,04 *	TS
Leitfähigkeit	µS/cm 70 *	TS
Organische Substanz	% 6,9 *	TS
<b>Nährstoffe Gesamtgehalte</b>		
Gesamt-Stickstoff	% 0,36 *	TS
<b>Pflanzenverfügbare Nährstoffe (CaCl2)</b>		
N lösl.	mg/100g 2,2 <sup>2</sup>	TS
Ammonium-N	mg/100g 0,74 <sup>2</sup>	TS
Nitrat-N	mg/100g 1,5 <sup>2</sup>	TS
Magnesium	mg/100g 24,5 *	TS
<b>Pflanzenverfügbare Nährstoffe (CAL)</b>		
Phosphor als P2O5	mg/100g 8,5 <sup>2</sup>	TS
Kalium als K2O	mg/100g 15,7 *	TS
<b>Pflanzenverfügbare Nährstoffe (CAT)</b>		
Eisen	mg/kg 97,5 *	TS
Mangan	mg/kg 48,4 *	TS
Kupfer	mg/kg 3,0 *	TS
Bor	mg/kg 0,26 *	TS
Natrium	mg/kg 6,9 *	TS
Zink	mg/kg 3,4 *	TS
<b>Schwermetalle</b>		
As (ges.)	mg/kg 10,1 *	TS
Blei	mg/kg 24,8 *	TS
Cadmium	mg/kg 0,28 *	TS
Chrom	mg/kg 31,0 *	TS
Nickel	mg/kg 19,1 *	TS
Quecksilber	mg/kg 0,22 *	TS
Thallium	mg/kg 0,18 *	TS
<b>Korngrößenfraktionen</b>		
Tonanteil (<0,002 mm)	% 15,9 *	TS
Schluffanteil (0,002-0,063 mm)	% 34,2 *	TS



AG Hildesheim  
 HRB 200557  
 UstVAT-ID-Nr.:  
 DE 198 696 523

Geschäftsführer  
 Dr. Paul Wimmer  
 Dr. Jens Radtke  
 Dr. Carlo C. Pelch



# AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH

Brestauer Str. 60, 31157 Sarstedt, Germany  
 Tel.: +49 (05066) 90193-0, Fax: +49 (05066) 90193-35  
 eMail: sarstedt@agrolab.de www.agrolab.de



## Auftrag 975917 Substrat, Bodenphysik

	Einheit	610569 <small>Berechnungswerte (Zusammenfassung)</small>	Substanz
<b>Korngrößenfraktionen</b>			
Sandanteil (0,063-2 mm)	%	50,0 *	TS
<b>Berechnete Werte</b>			
C/N-Verhältnis (Mineralboden)		11,1 *	TS
<b>Sonstige Untersuchungsparameter</b>			
Calcium/eff KAK	cmol+/kg	14,39 ↗	TS
Magnesium/eff KAK	cmol+/kg	2,57 ↗	TS
Kalium/eff KAK	cmol+/kg	0,30 ↗	TS
Natrium/eff KAK	cmol+/kg	0,06 ↗	TS
effekt. Kationenaustauschkapazität	cmol+/kg	19,45 ↗	TS
Basensättigung	%	89,05 ↗	TS

Die parameterspezifischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Analysenwerte beziehen sich auf die Originalsubstanz, bei den mit \* gekennzeichneten Parametern auf die Trockensubstanz.

Beginn der Prüfungen: 14.12.2020

Ende der Prüfungen: 14.01.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugswise Veröffentlichung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Agrar/Umwelt Jan Bröer, Tel. 05066/90193-55

E-Mail Jan.Bröer@agrolab.de

Kundenbetreuung

### Methodenliste

- DIN EN ISO 11885 : 2009-09 : As (ges.) Blei Cadmium Chrom Nickel
- DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01 : Thallium
- DIN EN 15936 : 2012-11 (Dumas) : Organische Substanz
- DIN EN 16168 : 2012-11 : Gesamt-Stickstoff
- DIN EN 16175-1 : 2016-12 : Quecksilber
- DIN ISO 11260 : 2018-11<sup>1)</sup> : Calcium/eff KAK Magnesium/eff KAK Kalium/eff KAK Natrium/eff KAK effekt. Kationenaustauschkapazität Basensättigung
- DIN ISO 11277 : 2002-08 : Tonanteil (<0,002 mm) Schluffanteil (0,002-0,063 mm) Sandanteil (0,063-2 mm)
- keine Angabe : C/N-Verhältnis (Mineralboden)
- VDLUF A I, A 10.1.1 : 2004 : Salzgehalt Leitfähigkeit
- VDLUF A I, A 5.1.1 : 2016 (CaCl2) : pH-Wert
- VDLUF A I, A 6.1.4.1 : 2002<sup>1)</sup> : N lös.
- VDLUF A I, A 6.1.4.1 : 2002 (mod.)<sup>1)</sup> : Ammonium-N Nitrat-N
- VDLUF A I, A 6.2.1.1 : 2012 (mod.)<sup>1)</sup> : Phosphor als P2O5
- VDLUF A I, A 6.4.1 : 2002 : Eisen Mangan Kupfer Bor Natrium Zink
- VDLUF A I, A6.2.1.1 : 2012 : Kalium als K2O
- VDLUF A I, A6.2.4.1 : 1991 : Magnesium
- VDLUF A I, D 2.1 : 1997<sup>1)</sup> : Bodenart

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "\*" gekennzeichnet.

4.



AG Hildesheim  
 HRB 200557  
 UstVAT-ID-Nr.:  
 DE 158 696 523

Geschäftsführer  
 Dr. Paul Wimmer  
 Dr. Jens Radtke  
 Dr. Carlo C. Felch



Seite 3 von 3

## 6. Tabellen Nährstoffbedarf Gemüse

Quelle: „Leitfaden für die Düngung im Garten - In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung“, Berichte der Bayerischen Gartenakademie, 2011 Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
Aubergine (Freiland)	17	3	40	8
Aubergine (Gewächshaus)	27	5	36	8
Batavia	15	5	30	3
Blumenkohl	22	10	36	3
Brokkoli	22	9	40	4
Buschbohne	11	3	16	3
Chicoree	12	4	21	3
Chinakohl	21	11	42	3
Eissalat	14	4	32	3
Endivien	19	5	42	3
Erbse	16	4	16	3
Eichblatt-Salat	14	5	29	3
Feldsalat	8	2	12	3
Fenchel	18	8	25	5
Grünkohl	20	6	21	4
Gurke (Freiland)	19	11	40	6
Gurke (Gewächshaus)	30	18	60	8
Kartoffeln	23	9	38	6
Kohl	27	8	35	5
Kohlrabi	23	8	30	7

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
Kopfsalat	15	6	30	3
Kräuter (pro Jahr)	12	4	20	2
Kürbis	23	12	47	9
Mangold	12	6	16	5
Meerrettich	4	2	10	1
Melone (Freiland)	19	11	40	7
Melone (Gewächshaus)	30	18	60	8
Möhren	13	7	40	3
Paprika (Freiland)	17	3	40	8
Paprika (Gewächshaus)	27	5	36	8
Pastinake	13	4	24	3
Petersilie (Wurzel)	13	4	24	3
Pflücksalat grün/rot (Lollo)	13	5	28	3
Porree	23	7	31	3
Radicchio	14	5	28	3
Radieschen	9	4	20	3
Rettich	15	8	35	3
Rhabarber	18	3	42	3
Romanasalat	14	5	30	3

## Impressum:

**Autorin:** Arjen Huese

**Redaktion:** Jakob Ganten

**Erscheinungsjahr:** 2024

„Bio:dynamic Topics“ ist eine Reihe von Themenheften für die biodynamische Ausbildung. Sie ist entstanden in Zusammenarbeit zwischen vier Einrichtungen:



Netzwerk Biodynamische Bildung, Deutschland  
[biodynamische-bildung.de](http://biodynamische-bildung.de)



Stanisław Karłowski  
Stiftung, Polen  
[www.juchowo.org](http://www.juchowo.org)



AMPI, Tschechien  
<https://www.asociaceampi.cz/english-version/>



Biodinamika LT,  
Litauen  
[www.demeter.lt](http://www.demeter.lt)

Im Rahmen des von der EU geförderten Projektes **Nr. 2022-1-CZ01-KA220-000088767EDEN - Education on Environment in farming** wurden 16 Hefte zu den grundlegenden landwirtschaftlichen und gärtnerischen Themen und ergänzende Filmbeiträge erstellt. Die Materialien sollen einen Einstieg für interessierte, Auszubildende oder Umsteller:innen in biologisch-dynamischen Landbau ermöglichen. Sie entstanden in den unterschiedlichen Ländern und liegen in allen vier Sprachen vor.



**Finanziert von der Europäischen Union**

## Liste aller Ausgaben der Reihe:

### I Einführung:

1. Hoforganismus

### II Boden:

2. Bodenkunde
3. Kompostwirtschaft und Düngung

### III Pflanzenbau:

4. Pflanzenkunde
5. Ackerbau und Bodenbearbeitung
6. Gemüsebau
7. Grünlandwirtschaft
8. Obstbau
9. Regenerative Landwirtschaft
10. Präparate

### IV Tierhaltung:

11. Milchvieh- und Rinderhaltung
12. Schweinehaltung
13. Bienenhaltung

### V Mensch:

14. Betriebswirtschaft
15. Agrarpolitik
16. Lebensmittelqualität

### VI Anwendung:

17. Methoden–Leitfaden Seminargestaltung

Als Projektpartner sehen wir uns den UN-Nachhaltigkeitszielen verpflichtet. Deshalb entstand das 17. Heft zur Ausbildungs- und Seminargestaltung, angelehnt an die Grundsätze der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

**Alle Hefte und Videos in der deutschsprachigen Version sind veröffentlicht unter:**

<https://biodynamische-ausbildung.de/biodynamic-topics/>

*Von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Europäischen Exekutivagentur für Bildung und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union noch die EACEA können dafür verantwortlich gemacht werden.*