



BODEN

DAS WERTVOLLSTE GUT DER LANDWIRTSCHAFT

WHEN FARMING MEANS BUSINESS

Optimierte Ertragskraft, nachhaltiges Betriebswachstum, gesunde Tier- und Pflanzenbestände – hier liegt das Potential landwirtschaftlicher Betriebe. Gesteigerte Produktivität und Rentabilität sind das Ziel. Den Grundstein dafür bildet eine starke und engagierte Betriebsführung in Kombination mit der Fokussierung auf effizienten Einsatz von Betriebsmitteln und Maschinen.

Erfolg entsteht durch die Erfahrung, auf die richtige Mechanisierung zu setzen, Investitionen in Zukunftstechnologien und eine klare Zielsetzung. Überzeugende Ernteergebnisse erfordern passgenaue Strategien und das richtige Arbeitsgerät. Eine optimale Arbeitserledigung beginnt mit der richtigen Organisation und cleveren Konzepten zur Arbeitserleichterung – für ein profitableres Arbeiten. Landwirte benötigen Lösungen, die selbst schwere und anspruchsvolle Bedingungen gut händelbar machen.





Der Boden war schon immer das wertvollste Gut in der Landwirtschaft. Er ist die Grundvoraussetzung für jeden Landwirt, um Pflanzen anzubauen und schließlich Nahrung für alle Menschen zu produzieren.

Das Wissen über die Zusammensetzung der verschiedenen Bodenarten sowie deren Funktion wird aufgrund des abnehmenden Flächenangebots und einer größeren Nachfrage nach Lebensmitteln immer wichtiger. Deshalb braucht es Wissen über moderne landwirtschaftliche Verfahren und ihren Einfluss auf den Boden.

Diese Broschüre soll ein grundlegendes Verständnis zur Bodenzusammensetzung sowie zur Bodenstruktur und -diagnostik aufzeigen. Zudem sollen positive und negative Auswirkungen landwirtschaftlicher Verfahren verdeutlicht werden.



- 5 Einleitung
- 8-9 Bodenarten
- 10-11 Bodenzusammensetzung
- 12-13 Organische Substanz
- 14-15 Mikroorganismen
- 16-17 Aerober und anaerober Boden
- 18-19 Bodenprofil
- 21-22 Wasser- und Nährstoffe in Bewegung
- 22-23 Bodenstruktur
- 24-25 Bodendiagnostik
- 26-27 Risikomanagement
- 30-31 Kverneland Ackerbauverfahren

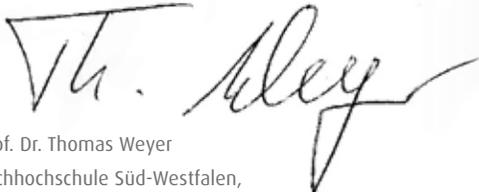
LIEBER LESER, BÖDEN SIND EIN KNAPPES GUT

Böden sind eine knappe Ressource. Sie stellen uns Biodiversität, Lebensmittel, Tierfutter, Kleidung, Lebensraum und Energie zur Verfügung. Böden speichern und filtern Wasser, erhalten Nährstoffkreisläufe, speichern Kohlenstoff und bieten Lebensraum für 25 % all unserer Lebewesen.

Um alle diese Funktionen zu erfüllen, ist Bodengesundheit entscheidend. Lebendige Böden profitieren besonders von organischer Substanz, seien es Erntereste oder Zwischenfrüchten als Gründüngung. Wenn Bewirtschaftungssysteme den Humusgehalt erhöhen, dann können auch Ton-Humuskomplexe gebildet werden, und der Lebensraum für die Bodenlebewelt verbessert sich gleichzeitig durch biologische Prozesse. Deshalb ist ein vielfältiges und artenreiches Bodenleben der Schlüssel für nachhaltig gesunde Böden, die den Anforderungen leistungsfähiger landwirtschaftlicher Systeme gewachsen sind.

Beinahe alle Probleme, denen wir in der Landwirtschaft begegnen, wie Verunkrautung, Pflanzenkrankheiten, Schadinsekten, Bodenfruchtbarkeitsprobleme etc., haben ihre Ursachen in Problemen mit ökosystemaren Prozessen. Wir müssen die zerstörerischen Einflüsse wendender Bodenbearbeitung auf Boden- und Wasserhaushalt sowie auf die mangelnde Artenvielfalt genauer betrachten. Böden sollten ein Kohlendioxid-Speicher sein, anstatt einer Quelle seines Verlustes. Die Aufrechterhaltung stark oxidierender Prozesse durch wendende Bodenbearbeitung hat in den letzten Jahrzehnten zu einem dramatischen Anstieg des CO₂-Verlustes aus Böden geführt. Vielfältige Fruchtfolgen bieten dabei den besten Schutz vor Artenrückgang und Resistenzbildung. Mehrjährige Kulturen sind besonders geeignet, um in den Aufbau nachhaltiger Anbausysteme einzusteigen. Höhere Artenvielfalt sowie die Ansprüche intensiver Produktion, können nur dann ausgewogen und profitabel sein, wenn vorher die Bodengesundheit verbessert wurde.




Prof. Dr. Thomas Weyer
Fachhochschule Süd-Westfalen,
Soest

Die Landwirte nutzen dabei alle Möglichkeiten, um Krümelgefüge im Oberboden, kontinuierliche Bodenporen und an die Bodenart angepasste pH-Werte in Abhängigkeit ihrer Bodenart aufzubauen und auch den Humusgehalt zu steigern. Wir können zunehmend klima-resiliente Agrarsysteme mit konservierenden Bewirtschaftungsverfahren aufbauen. Dazu brauchen wir mehr Innovation, stärkeren Wissenstransfer und schnellere Umsetzung in den landwirtschaftlichen Betrieben.



WARUM BENÖTIGEN WIR EINE GUTE BODENSTRUKTUR? DAS POTENZIAL ZUR RENDITEMAXIMIERUNG

Gute Pflanzen- und Wurzelentwicklung

Das Ertragsergebnis hängt direkt von einer guten oder schlechten Bodenstruktur ab. Kulturen mit empfindlichen Wurzelsystemen wie z.B. die Kreuzblütler sind extrem anfällig bei Verdichtungen und Trockenheit, während Getreide stark von Pflanzenrückständen der Vorfrucht innerhalb des Bodenprofils beeinflusst wird.

Vorteile des Boden-Ökosystems

Eine gute Bodenstruktur enthält einen erhöhten Anteil an organischer Substanz in Verbindung mit einem höheren Volumen an Mikro- und Großorganismen, die wertvolle Pflanzennährstoffe liefern.

Auswirkungen auf die Umwelt – Verdichtung & Erosion

Bodenverdichtung hemmt das Wurzelwachstum und begrenzt das Eindringen von Wasser und Luft in die Bodenstruktur. Ebenso kann dieses zu ungewollter Bodenbewegung bis hin zur Erosion des Oberbodens und zum Auswaschen von Nährstoffen und Pestiziden in das Oberflächenwasser führen.

Fähigkeit zum Risikomanagement

Extremere Wetterlagen und gesetzliche Regelungen sorgen dafür, dass der Bedarf an vielfältigeren Pflanzensorten und Fruchtfolgen größer geworden ist. Eine gute Bodenstruktur ist die Basis, um hohe Erträge zu gewährleisten.

Optimales Pflanzenwachstum hängt von der komplexen Struktur der physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften ab.

BODENARTEN

UNTERSCHIEDEN SICH DURCH PARTIKELGRÖSSE UND PORENVOLUMEN



Sandboden – (Leichte Böden)

- Höherer Säure- und geringerer Nährstoffgehalt.
- Leichtes spezifisches Gewicht mit hohem Sandanteil und weniger Ton.
- Gute Entwässerung, schnelles Aufwärmen und Abtrocknen.
- Im Frühjahr ist die Arbeit nicht so anspruchsvoll wie auf Lehmböden, neigt aber im Sommer zum schnelleren Austrocknen.
- Erosionsanfällig ohne Vegetationsschicht.
- Zusätzliches organisches Material kann helfen, den Nährstoffgehalt zu erhöhen, sodass die Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität des Bodens verbessert wird.



Tonboden – (Schwere Böden)

- Tonböden profitieren von höheren Nährstoffgehalten.
- Der PH-Wert wird mittels Kalken beeinflusst.
- Im Winter kann Feuchtigkeit gespeichert werden. Im Frühjahr erwärmt sich der Tonboden erst spät. Schnelles abtrocknen im Sommer.
- Hohes spezifisches Gewicht, über 25 % Tonanteil mit hohem Wasserhaltevermögen.
- Langsameres drainieren und längere Erwärmung speziell im Frühjahr.
- Aufmerksamkeit sollte auf eine ausreichende Drainage und ein optimales Bearbeitungsmanagement liegen (Verdichtung).
- Anfällig für Rissbildung im Sommer und Staunässe im Winter. Anspruchsvoller witterungsabhängiger Boden.



Schluffboden – (Leicht bis mittel mit hoher Fruchtbarkeit)

- Mittelgroße Aggregate, die gut entwässern aber auch Feuchtigkeit zurückhalten.
- Feine Bodenaggregate, die sich leicht verdichten lassen.
- Anfällig für Wassererosion.
- Durch die Zugabe von organischer Substanz können die Schluffpartikel in stabilere Abschnitte eingebunden werden.
- Trockenheit nach Regenfällen kann zu einer Verkrustung der Oberflächen führen.
- Geringer Verschleißeffekt auf Metall.
- Effektive Wasserversorgung der Pflanzen in allen Bodenschichten.



Kreideboden – (Leicht oder schwer)

- Hoher Alkaligehalt durch Kalziumkarbonat oder Kalk in der Struktur.
- Flachgründige Böden, die in der Regel weniger als 30 cm tief sind.
- Hoher Kalkgehalt auf Basis von Kalkstein oder Kreidegestein.
- Normalerweise gering im Gehalt an organischer Substanz und Nährstoffen.
- Gute Entwässerung mit geringerem Feuchtigkeitsgehalt.
- Hoher Verschleißeffekt auf Metall.



Lehmboden – (Hohe Bodenfruchtbarkeit; Mischung aus Sand, Schluff und Ton)

- Ideale Mischung aus 40 % Sand, 40 % Schluff, 20 % Ton.
- Gute Drainagefähigkeit und Feuchtigkeitsspeicherung.
- Je nach Sand- und Schluffgehalt kann die Mischung als sandiger oder tonhaltiger Lehm bezeichnet werden.
- Das Gleichgewicht der Bodenaggregate bietet ideale Anbau- und Wachstumsbedingungen.
- Hoher Gehalt an organischer Substanz und Nährstoffen.
- Besteht sowohl aus leicht verfügbaren Stoffen als auch aus nicht verfügbare Bodenaggregaten.



Anmooriger Boden – (Hohe Fruchtbarkeit vor allem im Oberboden)

- Der Gehalt an organischer Substanz kann 20 % übersteigen.
- Hoher Gehalt an zersetztem Pflanzenmaterial.
- Anfällig für Winderosion in trockeneren Regionen.
- Anspruchsvoll bei der Bearbeitung.
- Natürlich gesättigte, hohe Wasserrückhaltefähigkeit.

Große Bodenvielfalt für unterschiedliche Anforderungen.

BODENZUSAMMENSETZUNG

WORAUS BESTEHT UNSER WICHTIGSTES GUT?

Boden besteht im allgemeinen zu etwa 50 % aus Mineralien, Wasser, organischen Stoffen, Gasen und Mikroorganismen. Der Rest ist Porenraum mit 40-60 %.

Mineralien

Das Schlüsselement der Bodentextur ist die organische Substanz, die die Bodenart bestimmt. Zudem wird der Anteil der relativen Mineralstoffmenge wie Ton, Schluff und Sand zur Bestimmung der Bodenart genutzt.

Feuchtigkeit/ Wasser

Wasser ist lebensnotwendig und wichtig für die Nährstoffverteilung und den Abbau von organischem Material.

Organisches Material

Aus zersetzten Rückständen von Pflanzen und nährstoffliefernden Tieren bestehend, hat das organische Material auch eine sehr hohe Wasserrückhaltekapazität.

Luft

Die im Bodenprofil enthaltene Luft enthält natürliche Gase wie Stickstoff, Kohlendioxid und Sauerstoff, von denen letzterer die Atmung von Pflanzen und Organismen im Boden ermöglicht.

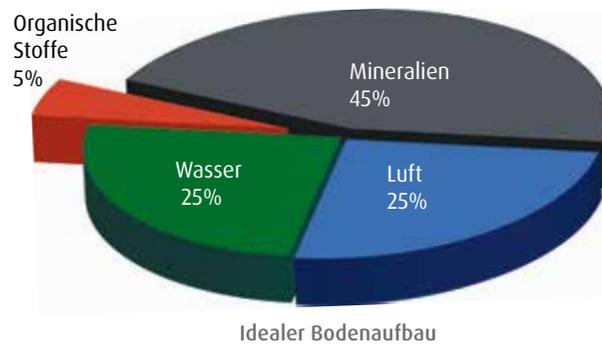
Die richtige Zusammensetzung ist entscheidend.

Mikroorganismen

Der Boden kann eine sehr hohe Anzahl von Mikroorganismen enthalten, die von Regenwürmern bis hin zu Pilzen reichen, aber nicht mehr als 1 % des Bodenvolumens ausmachen. Sie verbrauchen und recyceln organische Stoffe und sorgen so für verfügbare Pflanzennährstoffe und eine Verbesserung des Bodenzustandes.

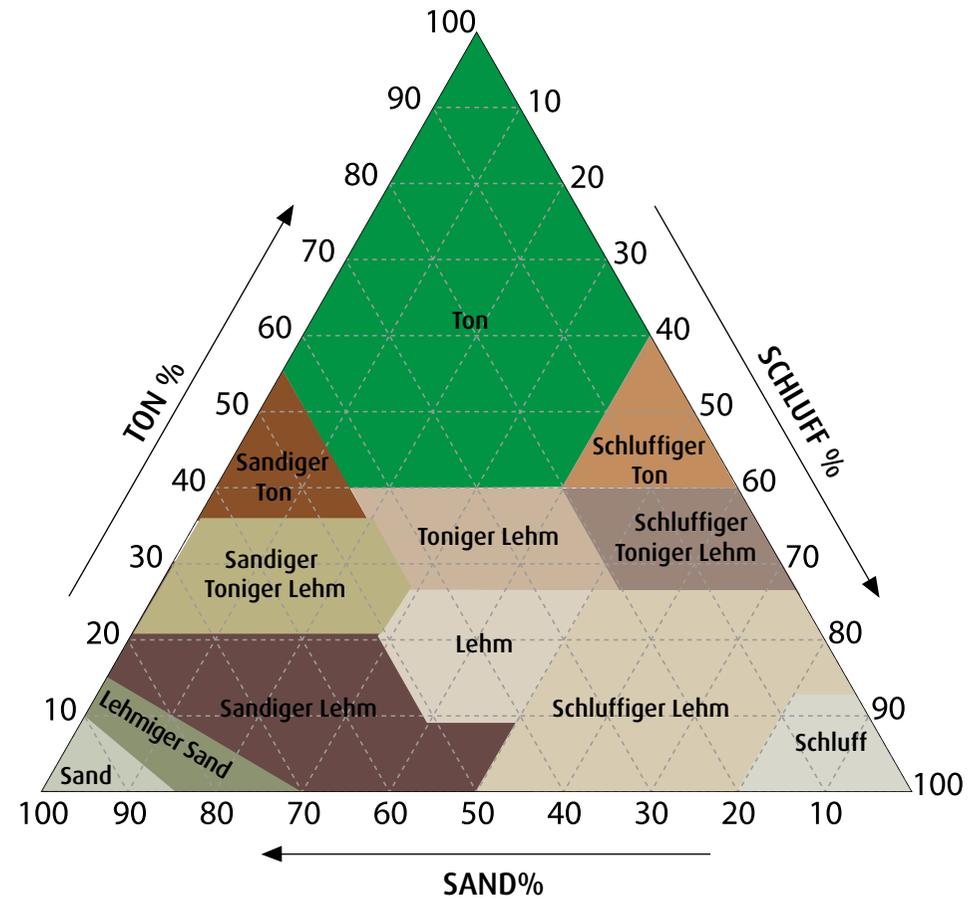
*Ein gesunder Boden besteht aus
50 % Feststoffen und
50 % Porenvolumen.
50 % bis 75 % des Porenvolumens
sollten mit Wasser gefüllt sein.*

Quelle: Kahnt



Textur	Nährstoffkapazität	Wasserinfiltration	Wasserhaltevermögen	Gasaus-tausch	Bearbeitungs-fähigkeit
Ton	Gut	Schlecht	Gut	Schlecht	Schlecht
Schluff	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Sand	Schlecht	Gut	Schlecht	Gut	Gut
Lehm	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel

Quelle: USDA



Die Bodentexturkarte hilft zu bestimmen, welche der 12 Bodenarten innerhalb des Bodendreiecks eine bestimmte Probe repräsentiert. In diesem Fall würde eine Probe mit 13 % Schluff, 21 % Ton und 66 % Sand ein tonig-schluffiger Sandboden sein.

ORGANISCHE SUBSTANZ

DIENT ALS NÄHRSTOFF- UND WASSERSPEICHER

Von allen Komponenten des Bodens ist die organische Substanz wahrscheinlich die wichtigste und am meisten missverstandene. Organische Stoffe dienen als Vorratsbehälter für Nährstoffe und Wasser im Boden, helfen bei der Reduzierung von Verdichtungen sowie Oberflächenverkrustungen und erhöhen die Wasserinfiltration in den Boden. Die organische Substanz wird dabei oft ignoriert und vernachlässigt. Lassen Sie uns die Vorteile der organischen Substanz des Bodens in den Fokus rücken und schauen, wie man sie erhält oder vermehrt.

Was ist organische Substanz?

Oftmals denken wir beim Begriff "organische Substanz" an pflanzliche und tierische Rückstände, die wir in den Boden einbringen. Wir sehen die Ernterückstände, Gülle, Mist oder Pflanzenteile und denken: "Wow! Ich füge dem Boden viel organische Substanz hinzu." Dabei handelt es sich im eigentlichen Sinne um organisches Material und nicht um organische Substanz.

Worin besteht der Unterschied zwischen organischem Material und organischer Substanz? Organisches Material ist alles, was lebendig war und sich jetzt im oder auf dem Boden befindet. Damit es zu organischer Substanz wird, muss es in Humus zerlegt werden. Humus ist ein organisches Material, das von Mikroorganismen in einen resistenten Zersetzungszustand versetzt wurde. Organisches Material ist im Boden instabil und verändert während des Zersetzungsprozesses kurzfristig Form und Volumen. Bis zu 90 % des Materials zersetzen innerhalb kürzester Zeit.

Organische Substanz sorgt für Bodenstabilität.

Organische Substanz ist im Boden stabil. Sie wurde zersetzt und hat den Endpunkt der Zersetzung erreicht. Normalerweise mineralisieren nur etwa 5 % davon jährlich. Diese Rate steigt, wenn Temperatur-, Sauerstoff- und Feuchtigkeitsbedingungen für die Zersetzung begünstigt werden, was auch bei übermäßiger Bodenbearbeitung auftreten kann. Es ist die stabile organische Substanz, die auch bei Bodenuntersuchungen analysiert wird.

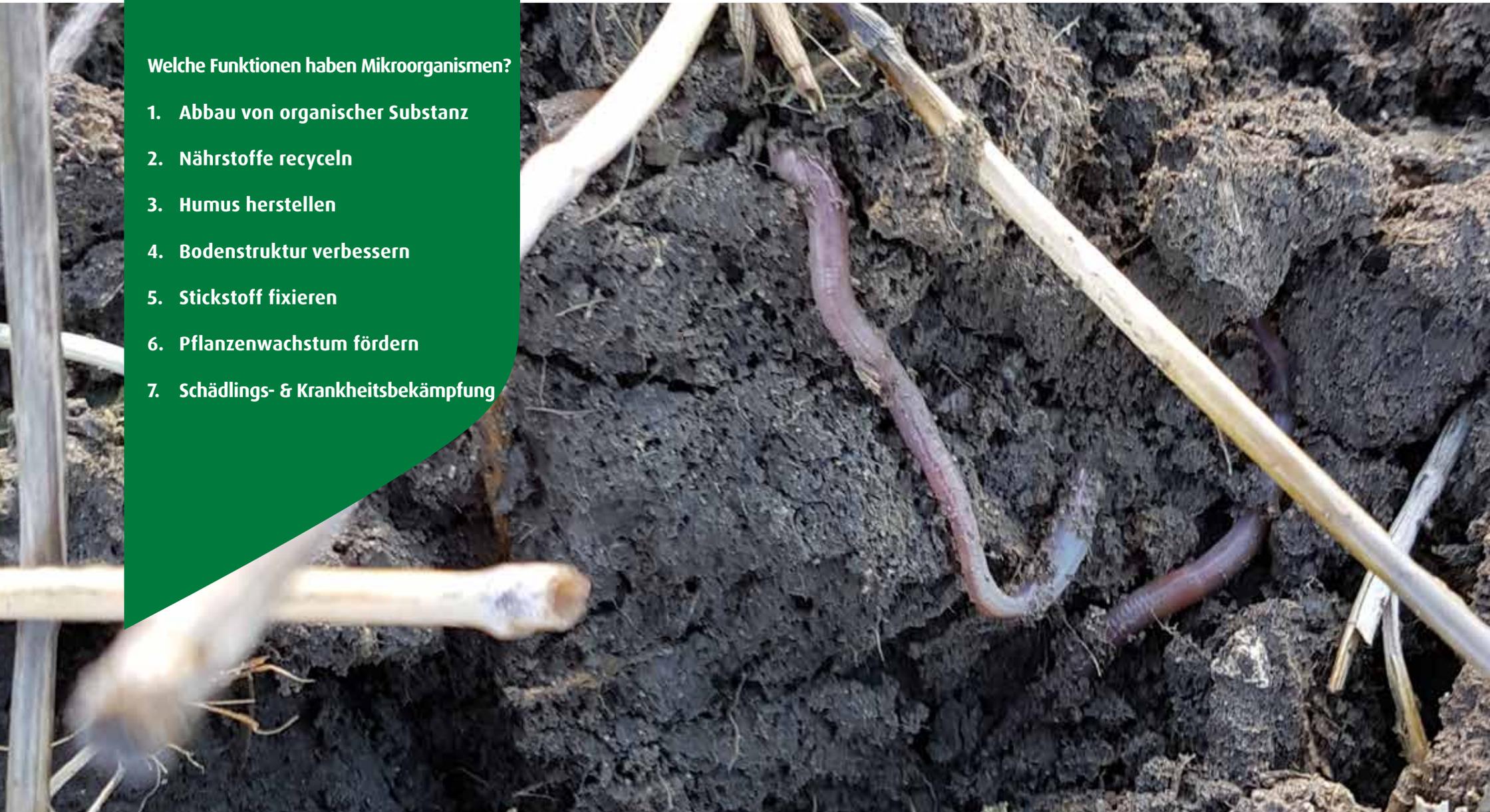


Vorteile der organischen Substanz?

- 1. Hohe Wasserhaltekapazität**
- 2. Aggregataufbau der Bodenstruktur**
- 3. Erosionsschutz**
- 4. Schnellere Bodenerwärmung**
- 5. Lebensgrundlage für Bodenlebewesen**

Welche Funktionen haben Mikroorganismen?

1. Abbau von organischer Substanz
2. Nährstoffe recyceln
3. Humus herstellen
4. Bodenstruktur verbessern
5. Stickstoff fixieren
6. Pflanzenwachstum fördern
7. Schädlings- & Krankheitsbekämpfung





MIKROORGANISMEN DER BODEN LEBT

Lebende Organismen, groß und klein, die im Boden enthalten sind, wie Regenwürmer, Nematoden, Bakterien und Pilze, spielen eine wichtige Rolle bei der Gewährleistung einer guten Bodengesundheit.

Milliarden von Organismen, die im Boden enthalten sind, tragen dazu bei, verfügbare organische Stoffe und Nährstoffe zu mineralisieren, sodass sie leicht von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und entsprechend genutzt werden können.

Es wird geschätzt, dass 70 bis 80 % der Bodenorganismen in den oberen 4 bis 6 cm des Bodenprofils angesiedelt sind. Neben der Erhaltung der Bodengesundheit kann der Boden noch schneller erwärmen, was vor allem im Frühjahr während der Bearbeitungs- und Wachstumsperiode von Vorteil ist.

70 bis 80% der Mikroorganismen sind aktiv im oberen Bodenhorizont.

Anbaumethoden, die sich auf die Verbesserung der Bodenstruktur, des Gehalts an organischer Substanz und die Verringerung der Erosion konzentrieren, tragen dazu bei, das Niveau der Organismen im Boden und ihre Fruchtbarkeit zu erhöhen, welches wiederum zu höheren Erträgen führen kann.

Der Boden muss als ein lebender Organismus betrachtet und behandelt werden. Dabei steht die Gesundheit der Pflanzen im Vordergrund. Nur ein gesunder Boden kann gesunde Pflanzen wachsen lassen.



LUFTZIRKULATION IM BODEN

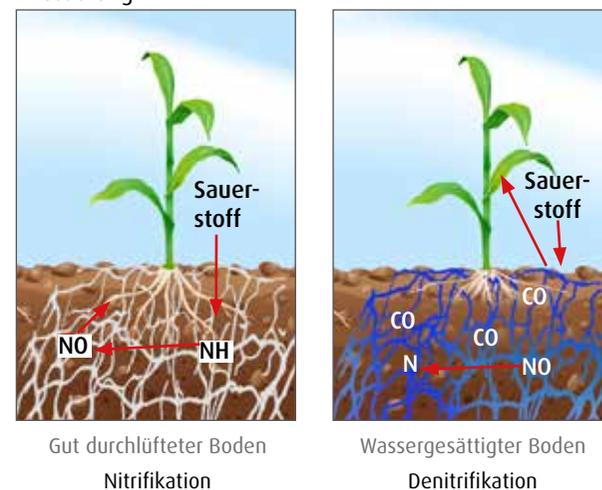
AEROBE UND ANAEROBE BÖDEN

Die meisten Böden sind aerob. Dies ist wichtig, da die Pflanzenwurzeln Sauerstoff und Nährstoffe aufnehmen und dabei Kohlendioxid freisetzen. Es muss genügend Luft – insbesondere Sauerstoff – im Boden vorhanden sein, um die meisten Formen der Bodenlebewesen zu unterstützen.

Anaerobe Bedingungen entstehen meist durch Staunässe oder durch das Vorhandensein von Wurzelfäuleorganismen und werden nicht allein durch die Bodentiefe verursacht. Wenn Wasser nicht in der Lage ist, aus dem Boden zu gelangen, kann kein frischer Sauerstoff zugeführt werden. Dies führt dazu, dass die biologischen Funktionen des Bodens, der Abbau von organischer Substanz und Baumwurzeln den gesamten verfügbaren Sauerstoff verbrauchen. (Dies unterscheidet sich von sauerstoffarmen Böden, bei denen Wasser zu langsam aus dem Boden abfließt). Daher können in jeder Bodentiefe anaerobe Bedingungen auftreten. Wurzeln benötigen in der Regel etwa 10 % Sauerstoff, um zu wachsen. Die Schaffung eines Pflanzbereichs auf gesundem, leicht verdichtetem Boden mit ausreichender Drainage sollte das Risiko für anaerobe Bedingungen unabhängig von der Tiefe reduzieren. Dadurch entsteht eine Einschränkung des Sauerstoffgehalts im Boden. Es gibt verschiedene Gründe dafür, u.a. eine schlechte Entwässerung oder Überbewirtschaftung, stark strukturierte Böden, Verdichtung und starke Niederschläge bei gleichzeitig schlechter Entwässerung.

Eine gute Wasserinfiltration sorgt für aerobe Bedingungen.

Anaerobe Bedingungen beeinflussen die Pflanzenproduktivität sowie die Dynamik der organischen Substanz und der Nährstoffe im Boden. Zudem werden die Pflanzenwurzeln stark beeinträchtigt und schränken das Pflanzenwachstum ein, indem das Blatt- und Sprosswachstum verlangsamt ist. Der Blattapparat vergilbt und welkt frühzeitiger. Außerdem erhöht sich der Krankheitsdruck aufgrund eines höheren Anteils bodenbürtiger Erreger, was schließlich zu Ertragseinbußen führt. Anaerobe Böden haben eine hohe Population von faulenden Mikroben, die reduktiv sind und Toxine produzieren.



BODENPROFIL



Sand



Ton



Schluff

BODENPROFILE UND IHRE EIGENSCHAFTEN

Ein gut strukturierter Boden ermöglicht einen ungehinderten Austausch von Luft, Wasser und Nährstoffen durch Risse zwischen den Struktureinheiten. Eine gute Bodenstruktur ist für das Risikomanagement unerlässlich, z.B. bei der Feuchtigkeitsaufnahme in trockeneren Perioden und bei häufigeren Überfahrten.

Die verschiedenen Prozesse der Bodenbildung führen dazu, dass die Böden nicht in ihrer gesamten Tiefe gleichmäßig strukturiert sind, sondern in mehr oder weniger oberflächennahe parallele Horizonte unterteilt sind.

Jeder Bodentyp hat spezifische Eigenschaften

Mutterboden O und A-Horizont:

Der Mutterboden ist in der Regel die oberste dunkelste Bodenschicht mit dem größten Anteil an organischer Substanz und damit der höchsten biologischen und mikrobiellen Aktivität.

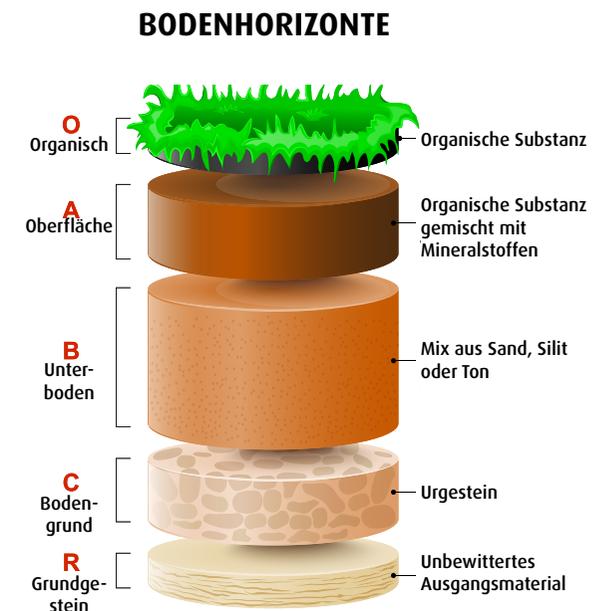
Unterboden B-Horizont:

Diese Schicht enthält mehr Mineralien und Wasser als der Mutterboden und weniger organisches Material.

Grundgestein C und R-Horizont:

Weiter unten diffundiert das Bodenprofil in der Regel in den unbewitterten Boden- oder Grundgesteinshorizont. Ihre physikalischen Eigenschaften, wie z.B. der Mineralgehalt und die Aggregatgröße sowie die chemischen Eigenschaften, wie z.B. die Witterungsstabilität, beeinflussen die Bodenbildung.

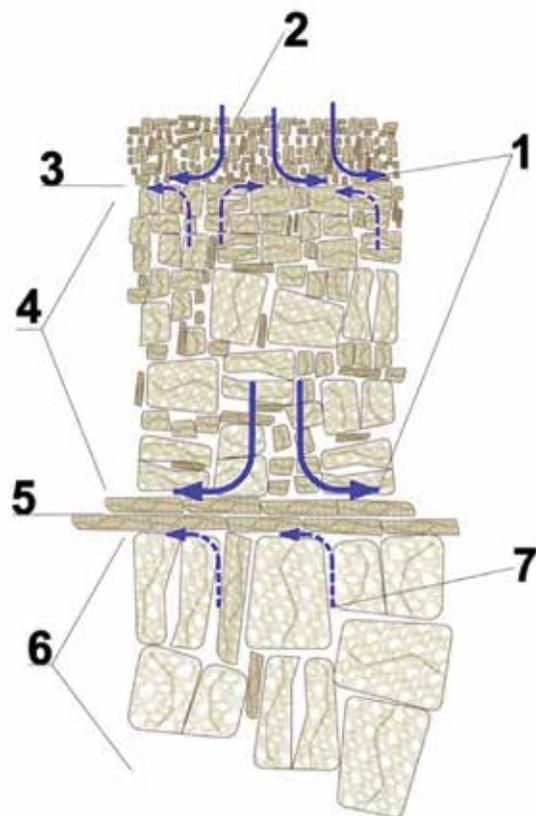
Die Bodenhorizonte, die sich im Laufe der Bodenentwicklung ausgeprägt haben, bilden zusammen ein charakteristisches Bodenprofil. Böden mit weitgehend identischen Profileigenschaften werden zu einer Bodenart zusammengefasst.





Feuchtigkeit, die nach dem Einsatz des Kverneland Tiefenlockerers Flatliner mit DD-Nachläuferwalze in den Boden gelangt.

WASSER- UND NÄHRSTOFFFLUSS BEI LEICHTEN UND SCHWEREN BÖDEN



Barrieren gegen den Wasser-, Luft- und Nährstoffaustausch entstehen durch verdichtete Schichten (Sohlen) sowie Schichten zwischen Krümelstrukturen mit unterschiedlicher Porengröße.

- Der Wasserfluss (1) durch Veränderung der Schüttgutedichte oder Krümelungsgröße verbessert den Kapillareffekt. Es sei denn, der Boden ist gesättigt, sodass die Schwerkraft greift.
- Krümelung (2) mit kleineren oder größeren Poren wird oft durch die Bodenbearbeitung beeinträchtigt. Die Schichten 1 bis 4 stellen ein traditionell gepflühtes, mit einer Kreiselegge bearbeitetes Profil dar, das viele Bodenarten aufweist.
- Der Wasserfluss (3) von den kleinen zu den großen Poren ist im ungesättigten Zustand sehr langsam (Eagleman, 1962), da der Kapillardruck, der das Wasser hält, in kleinporigen Krümelungen höher ist.
- Die Zonen (4) können daher unterhalb solcher Schichten eingeschränkte Wasservorkommen (z. B. Wasseransammlungen) aufweisen.
- Verdichtete Schichten (5) mit hoher Schüttgutedichte schränken außerdem den Wasser-, Luft- und Nährstoffaustausch ein.
- Die Zonen (6) unterhalb der verdichteten Schichten sind für Wurzeln schwer zugänglich. In trockenen Sommermonaten kann die Hülsen- oder Kornfüllung daher eingeschränkt sein, was zur Notreife und dadurch zu geringeren Erträgen, schlechter Qualität und verminderter Keimfähigkeit führt.
- Die Aufwärtsbewegung von Wasser bzw. Luft (7) ist ferner durch Sohlen oder Veränderungen der Krümelstruktur begrenzt. Dies kann in der Trockenperiode erhebliche Auswirkungen auf Saaten mit flachen Wurzelgeflechten haben, die von dem Aufwärtsfluss des Wassers durch die Kapillarkapillare profitieren. Deshalb ist bei der Bodenbearbeitung stets zu überlegen, inwiefern die Bodenstruktur optimiert werden muss; starke Veränderungen der Krümelstruktur sind zu vermeiden.

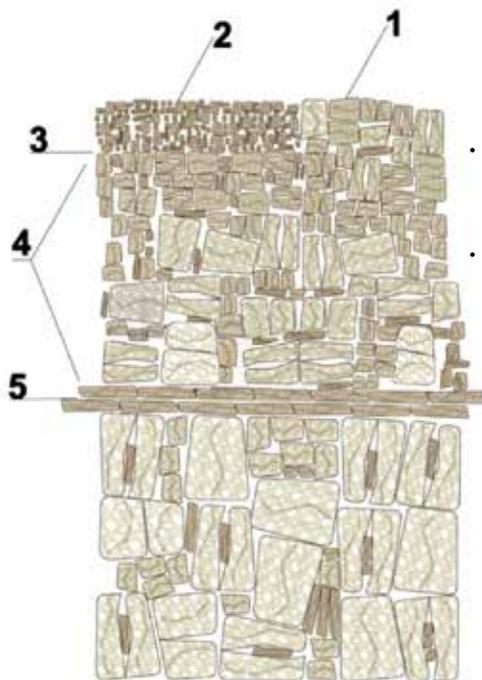
MERKMALE DER BODENSTRUKTUR

LEICHTE UND SCHWERE BÖDEN

Das wichtigste Hilfsmittel für das Ansprechen der Bodenstruktur ist der Spaten. Denn ohne das Ausgraben von Bodenprofilen zur Begutachtung der vorhandenen Struktur kann nicht ermittelt werden, ob und welche Probleme zu beheben sind. Außerdem können sämtliche Maßnahmen nur dann von Erfolg gekrönt sein, wenn der Boden sich zum Zeitpunkt der Bearbeitung in einem geeigneten Zustand befindet.

SCHWER: SCHLECHTE STRUKTUR:

- Oberfläche (1) ist rau und klumpig, wenig abgesetzte Feinerde zur Keimung der Saat, oder Oberfläche (2) ist zu fein, neigt zu Verschlammung und Erosion und zeigt eine klare Abgrenzung (3) zwischen den Zonen. Solche Schichten bilden eine Barriere gegen den Feuchtigkeits- und Luftaustausch.
- Die Schichten (4) unter der Oberfläche sind dicht und geschichtet, Risse und Spalten verlaufen allgemein horizontal.
- Durch Pflügen oder andere Bodenbearbeitung gebildete Verdichtungshorizonte (5) treten häufig auf und bilden Barrieren für Wurzeln, Wasser, Luft und Nährstoffe. Wird über solchen Schichten Stroh untergepflügt, ist diese Schicht oft anaerob, was für zusätzliche Barrieren gegen das Wurzelwachstum sorgt. Wird eine Probe dieser Strukturen entnommen, die sich in einem verdichteten Zustand, d. h. nahe an der unteren Grenze der Plastizität befindet (siehe Seite 24), kann die Erdmasse oft nicht ohne Weiteres von Hand aufgebrochen werden; auch nicht, indem man sie 2 oder 3 Mal aus einem Meter Höhe auf festen Boden fallen lässt.



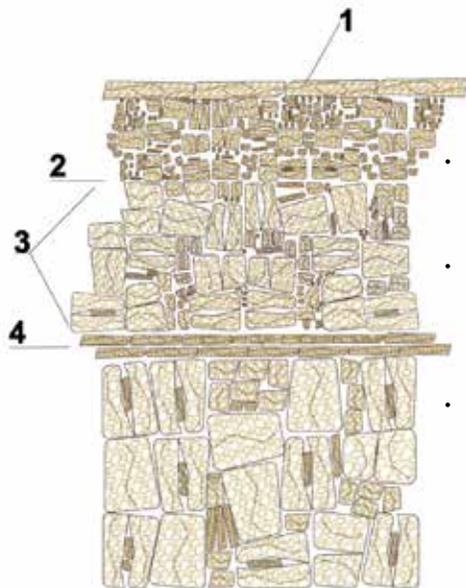
SCHWER: GUTE STRUKTUR:

- Oberflächenhorizonte (6) mit einer Kombination aus größeren Klumpen und Feinerde, vermischt mit organischer Substanz – geeignet für eine gute Saatgut-Erde-Haftung sowie Feuchthaltung und Wetterfestigkeit.
- Es gibt einen allmählichen Übergang (7) zu größeren Klumpen in der Tiefe, wobei die Struktur offene Poren verschiedener Größe aufweist. In diesen Poren können Wasser, Luft und Nährstoffe aufgenommen werden und die Wurzeln haben freien Zugang durch das gesamte Bodenprofil. Unterschiede zwischen den Schichten sind nicht festzustellen. Risse und Spalten verlaufen allgemein vertikal, was darauf hindeutet, dass Wasser, Luft und Wurzeln ohne Weiteres durch das Profil in die Tiefe gelangen. Derartige Spalten werden im Allgemeinen durch Wurmkanäle ergänzt. Wird eine Probe dieser Strukturen entnommen, kann die Erde leicht von Hand aufgebrochen werden. Alternativ dazu können Sie den ausgegrabenen Erdklumpen aus einem Meter Höhe auf festen Boden fallen lassen, dabei zerfällt die Erde in unterschiedliche Krümelgrößen.

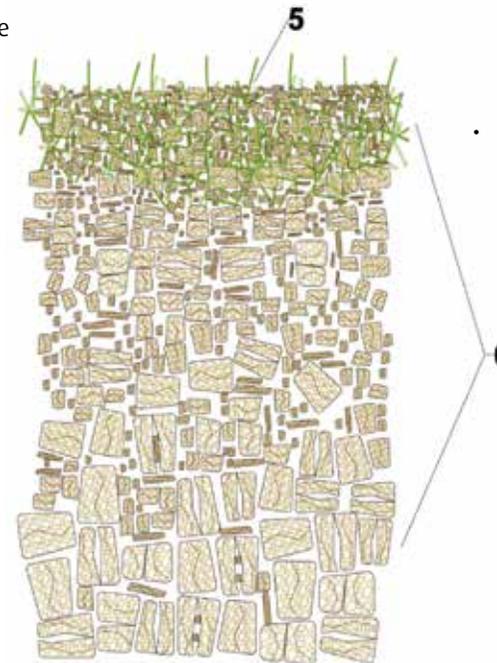


LEICHT: SCHLECHTE STRUKTUR:

- Oberfläche (1) ist blank und ohne Struktur, mit einer Kruste gegen aufkeimende Pflanzen; Erosion und Abschwemmung werden begünstigt. Derartige Barrieren und Verkrustungen verhindern auch die Trocknung der oberen Schichten nach Regen bzw. im Frühjahr. Dies kann zu Verzögerungen bei der Aussaat führen oder zusätzliche Bearbeitungsgänge erfordern, um die Oberfläche zu lockern und das Abtrocknen zu ermöglichen. Bei diesen zusätzlichen Bearbeitungsschritten besteht die Gefahr der Bodenverdichtung durch die Traktorräder wie auch des Austrocknens bei folgender Trockenheit.
- Eine klare Abgrenzung (2) zwischen den Zonen ist erkennbar. Solche Schichten bilden eine Barriere gegen den Feuchtigkeitsaustausch.
- Die Schichten (3) unter der Oberfläche können dicht und geschichtet sein, was zu dürrtigem Wurzelwachstum und Wasser-/Nährstoffzugang führt. Risse und Spalten verlaufen oft horizontal statt vertikal.
- Durch Bodenbearbeitung verursachte Verdichtungshorizonte (4) treten häufig auf und bilden Barrieren für Wurzeln, Wasser, Luft und Nährstoffe. Wird bei ungünstigen Bedingungen Stroh untergepflügt, ist diese Schicht oft anaerob, was für zusätzliche Barrieren gegen das Wurzelwachstum sorgt.

**LEICHT: GUTE STRUKTUR**

- Oberflächenhorizonte (5) sind eine Kombination aus stabiler Krümelung und organischen Substanzen – geeignet für eine gute Saatgut-Erde-Haftung. In Böden, die zur Verkrustung neigen, sorgen die organischen Substanzen für Porosität.
- Es gibt einen allmählichen Übergang (6) zu größeren, nicht zu stark verdichteten Klumpen in der Tiefe, wobei die Struktur offene Poren verschiedener Größe aufweist, in denen Wasser, Luft und Nährstoffe aufgenommen werden, und die Wurzeln durch das Profil hinweg Zugang zu denselben haben. Es sind keine Unterschiede zwischen den Schichten feststellbar; Wurzeln und Wurmkanäle sind weit und bis in die Tiefe verzweigt. Risse und Spalten verlaufen generell vertikal. Es gelten die gleichen Grundsätze hinsichtlich der Festigkeit der Strukturen wie bei den schweren Böden.



BODENDIAGNOSTIK

WANN IST DER IDEALE BEARBEITUNGSZEITPUNKT

Eine einfache „Bauernmethode“ zur Erkennung des Bodenzustands relativ zur unteren Plastizitätsgrenze besteht darin, ein Stück der bearbeiteten Erde wie in den Bildern seitlich dargestellt zu kneten und zu rollen.

Wenn es leicht fällt, einen langen Strang aus der Erde zu rollen (siehe unten), liegt die Bodenfeuchtigkeit unter der Plastizitätsgrenze; das Befahren mit Fahrzeugen führt in diesem Fall zu Verdichtungen – selbst bei Bodendrücken von nur 6 bis 12 psi (40 bis 80 kPa). Bei einer Kultivierung in diesem Zustand sind lehmhaltige Böden höchst schadanfällig. Wenn das Rollen zu einem Strang nicht klappt, aber die Erde leicht schmiert, liegt die Bodenfeuchtigkeit unter der Plastizitätsgrenze; das Befahren und Bearbeiten des Bodens führt auch in diesem Fall zu Schäden. Kann der Erdbrocken so gerollt werden, dass er nicht – aber fast – krümelt, ist die Plastizitätsgrenze nahezu erreicht (Abb. unten rechts). In diesem Zustand kann das Erdreich als „bröckelig“ bezeichnet werden. Die Bearbeitung ist dann in der Regel effektiv; jedoch kann der Boden durch einen Bodendruck von über 15 psi (100 kPa) in gewissem Maße auch verdichtet werden.



Die Bodenplastizität ist ein Indikator für die ideale Anbauzeit

Die Kultivierung ist dann in der Regel effektiv; jedoch kann der Boden durch einen Bodendruck von über 15 psi (100 kPa) in gewissem Maße verdichtet werden. Wenn die Erdprobe nicht gerollt werden kann, sondern bröckelt und in harte Krumen zerfällt, liegt die Bodenfeuchtigkeit unter der Plastizitätsgrenze; eine Verdichtung durch normale landwirtschaftliche Bearbeitung ist dann eher unwahrscheinlich. Bei stark ausgetrockneten Böden ist darauf zu achten, dass die Bodenbearbeitung (z. B. Saatbettbereitung) nicht zu teuer wird, da sich Klumpen bilden, die sich erst bei zunehmender Bodenbefeuchtung zerkleinern lassen. Bei leichten Böden, die zum Versanden neigen, kommt hinzu, dass bei Trockenheit kein effektives Arbeiten möglich ist; außerdem verursacht die Versandung des Bodens Schäden, u. U. auch Erosion durch Wind bzw. Wasser.





Überprüfen Sie Ihren Boden:

- 1. Struktur der Oberfläche**
- 2. Durchwurzelung des Bodens**
- 3. Makroporen und Bioporen**
- 4. Bodengefüge und Verfestigung**
- 5. Organische Reststoffe**
- 6. Farbe und Geruch**



RISIKO MANAGEMENT

EINE GUTE BODENSTRUKTUR ERHALTEN

Eine gute Bodenstruktur verringert die Auswirkungen extremer Einflüsse wie Wetter und häufige Überfahrten und erhöht die Fähigkeit zur Feuchtigkeitsaufnahme.

1. Trockene Bedingungen:

- Ausreichendes Wurzelwachstum nur mit Wasser möglich
- Optimale Feuchtigkeitsregulierung ist nur durch eine gute Bodenstruktur gegeben
- Der Nährstofftransport wird eingeschränkt
- Organische Substanz und der Aggregationszustand

2. Nasse Bedingungen:

- Anaerobe Prozesse fördern die Denitrifikation
- Ungleichgewicht von Luft/Wasser sorgt für Toxizität, langsameren Gastransport & Ansammlung von CO₂
- Ungewollte Nährstoff-/Mineralienverlagerung. Erosion in der Krume

Die richtige Balance ist der Schlüssel zum Erfolg

Stabile Bodenstruktur sorgt für:

- Witterungsbeständigkeit
- Pufferung gegen Extreme
- Flexibilität im Anbauverfahren
- Möglichkeiten der Fruchtfolge





Wie kann die Bodenstruktur beeinflusst werden?

- Drainage
- Fruchtfolge
- Strohmanagement
- Anbauverfahren und -einstellungen

WIE KÖNNEN WIR DIE BODENSTRUKTUR BEEINFLUSSEN? PARAMETER, DIE EINFLUSS HABEN

Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit sind immer langfristig zu betrachten. Es ist wichtig, dass das gesamte Managementsystem von Boden, Anbauverfahren und Maschineneinsatz berücksichtigt wird. Nur so können die gewünschten Auswirkungen im Sinne der Nachhaltigkeit erzielt werden.

Drainage

Eine gute Drainage ist nach wie vor unerlässlich, um anaerobe Bedingungen speziell nach Niederschlägen zu vermeiden und den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens zu erhalten. Um eine gute Bodenstruktur zu erhalten, ist es wichtig, das Anbauverfahren zu überdenken, so dass schließlich Nährstoffe effizient genutzt werden können.

Fruchtfolge

Die Wahl der Fruchtfolge und der richtige Zeitpunkt der Bodenbearbeitung beeinflussen signifikant die Bodenstruktur. Der richtige Zeitpunkt, der Anbau von Zwischenfrüchten sowie die richtige Wahl des gesamten Anbauverfahrens von der tiefen Lockerung bis zum Pflanzenschutz sind Schlüsselfaktoren für die Bodenstruktur.

Strohmanagement

Das Gleichgewicht zwischen abgefahrenen oder in der das Bodenprofil eingelagerte Ernterückständen wie z.B. Stroh wirkt sich stark auf die Bodenstruktur aus. So können Verdichtungen durch vermehrte Überfahrten oder Barrieren im Boden entstehen. Ergänzt wird dies durch notwendige ackerbauliche Verfahren.

Anbauverfahren und -einstellungen

Die Wahl des Anbauverfahrens, das Zeitmanagement, die Auswahl der Bearbeitungsschritte und die entsprechenden Einstellungen können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf den Boden haben. Deshalb muss bei jedem Eingriff in den Boden auf die Details geachtet werden.

KVERNELAND

INTELLIGENTE ACKERBAUSYSTEME

Sie suchen das beste Bodenbearbeitungsverfahren für Ihren Standort, um hohe Erträge zu erzielen und zudem nachhaltig zu wirtschaften? Alles beginnt mit dem richtigen Ackerbausystem. Ihre Wahl hängt von verschiedenen Faktoren ab und muss zu den standortspezifischen Gegebenheiten wie Bodenstruktur, Fruchtfolge, Strohmanagement sowie betrieblichen Aspekten wie Wirtschaftlichkeit und umweltrechtlichen Auflagen passen.

Sie entscheiden!

Von konventionellen Methoden bis hin zur konservierenden Bodenbearbeitung. Zum richtigen Zeitpunkt muss nachhaltig ressourcenschonend gewirtschaftet werden, um langfristig hohe Erträge bei minimalem Energie-, Zeit- und Investitionsaufwand zu erzielen. Hierzu bietet Kverneland ein umfassendes Maschinenprogramm, um intelligente Ackerbausysteme zu realisieren.

KONVENTIONELL

Konventionelle Bodenbearbeitung

- **Intensive** Anbaumethode
- Bodenwendende Bearbeitung z.B. mit einem Pflug („reiner Tisch“)
- Weniger als 15-30 % Ernterückstände verbleiben auf der Bodenoberfläche
- Saatbettbereitung aktiv durch Kreiselegge oder passiv mittels Saatbettegge
- Hohe phytosanitäre Wirkung durch verringerten Druck von Unkraut- und Pilzkrankheiten – weniger Herbizide und Fungizide erforderlich
- Bessere Frostgare, Abtrocknung und schneller Anstieg der Bodentemperatur für bessere Nährstoffaufnahme

KONSERVIEREND

Mulch-Bodenbearbeitung

- **Reduziertes** Verfahren in Bezug auf Bearbeitungstiefe und -häufigkeit
- Mehr als 30 % der Ernterückstände verbleiben auf der Bodenoberfläche
- Verlängerte Ruhezeit des Bodens
- Grubber und/oder Scheibeneggen belassen die Ernterückstände innerhalb der oberen 10 cm des Bodenhorizontes und verbessern so die Tragfähigkeit
- Bodenbearbeitung der gesamten Fläche – Saatbettbereitung und Aussaat in einem Arbeitsgang
- Erosionsschutz des Bodens zur Verbesserung der Bodenfeuchtigkeit

Strip Tillage

- **Streifenweise** Lockerung vor oder während der Aussaat von bis zu 1/3 der Fläche (Loibl, 2006). Bis zu 70 % der Bodenoberfläche bleibt unberührt
- Strip-Till kombiniert die bodentrocknenden und wärmenden Vorteile der konventionellen Bodenbearbeitung mit den bodenschonenden Vorteilen der Direktsaat, indem nur der Bereich des Bodens bearbeitet wird, auf dem das Saatgut platziert wird
- Gezieltes Düngerdepot
- Bodenschutz gegen Erosion und Trockenheit

Vertikale Bodenbearbeitung

- **Extensive** Bearbeitungsmethode
- Vertikale Bodenbearbeitungsverfahren verhindern zusätzliche horizontale Schichten oder Dichteänderungen
- Zunehmende Wasserinfiltration, Wurzelentwicklung und Nährstoffaufnahme
- Pflanzenwurzeln haben großen Einfluss auf den Gesundheitszustand der Pflanze, da sie für die Nährstoff- und Wasserversorgung zuständig sind und somit zu einem höheren Ertrag beitragen
- Ein starkes Wurzelwerk macht Pflanzen widerstandsfähiger gegen Wind und Trockenheit
- Indirekte Energiezufuhr

ACKERBAUVERFAHREN		KVERNELANDS INTELLIGENTE ACKERBAUVERFAHREN							
		Methode	Tiefe Lockerung (Option)	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Aussaat	Düngung	Pflanzenschutz	
KONSERVIEREND	extensiv	Bodenbedeckungsgrad nach der Aussaat > 30%	Strip Till streifenweise Lockerung						
			Mulch nicht wendend						
			Reduziert nicht komplett wendend						
			Konventionell Boden wendend (Pflug)						
KONVENTIONELL	intensiv	Bodenbedeckungsgrad nach der Aussaat 15 - 30%	Vertical Tillage flache Bearbeitung						
			Tiefe Lockerung (Option)						

KLASSIFIKATION DER BODENBEARBEITUNGSVERFAHREN VON KVERNELAND (Quelle: adaptiert von KTBL)

WHEN FARMING MEANS BUSINESS

kverneland.de