top agrar-Serie
FACHWISSEN PFLANZENBAU

• Bodeneingriff
▶ **Natürliche Prozesse**

Nicht ohne Krümel!

Eine gute Boden- und Krümelstruktur ist für leistungsfähige Ackerböden das A und O. Neben natürlichen Prozessen kann auch der gezielte Einsatz von Bodenbearbeitung die Böden stabilisieren.

UNSERE AUTOREN
Dr. Ute Kropf, Fachhochschule Kiel und
Prof. Dr. Hansgeorg Schönberger, N.U. Agrar

Sollen sich nach der Saat schnell vitale Pflanzen etablieren, ist es wichtig, dass die Porenkontinuität im Boden schnell wieder hergestellt wird. Denn diese gewährleistet eine gute Durchwurzelung, Wasserführung, Belüftung und letztlich auch die Nährstoffversorgung der Pflanzen. Voraussetzung dafür ist eine gute Krümelstruktur. Jeder Bodenkrümel verfügt bereits über ein vernetztes System aus Grob-, Mittel- und Feinporen. Ziel der Bodenbearbeitung ist, diese Krümel nicht zu zerstören und sie durch Rückverfestigung nach einer Lockerung wieder zu einem Verbund zusammenzufügen.

@ *friederike.mund@topagrar.com*

Die Autoren der Serie „Fachwissen Pflanzenbau“ rufen zeitloses Fachwissen in Erinnerung und stellen Zusammenhänge im Pflanzenbau kurz und knackig (wieder) her. Der aktuelle Themenblock ist „Bodeneingriff“. Es folgen: „Pflanzenphysiologie“, „Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Kulturen“ sowie „Pflanzenschutz und Wachstumsregler“. Schon erschienen ist das Thema „Boden“. Alle Beiträge sammeln wir online für Sie: www.topagrar.com/wissen-pflanzenbau

SCHNELL GELESEN

Eine Krümelstruktur im Boden besteht aus Ton-Humus-Komplexen, die Wasser gut aufnehmen und Luft enthalten.

Regenwürmer und andere Bodenorganismen „lebendverbauen“ diese Komplexe zu kleinen bis 20 mm großen und regenstabilen Krümeln.

Natürliche Vorgänge wie Frostgare, Quellung und Schrumpfung können die Bildung einer Krümelstruktur unterstützen.

Eine Bodenbearbeitung soll die Krümelstruktur erhalten und weder zertrümmern noch Klumpen erzeugen.

Foto: Kropf

△ Wurzeln strukturieren die Krume, schaffen Porenkontinuität und unterstützen die Lebendverbauung.

KLEINSTE PARTIKEL

Vom Ton-Humus-Komplex zum Krümel

Die kleinsten Partikel in den Krümeln sind die sogenannten Kolloide. Dazu gehören Tonminerale, Huminstoffe und bodeneigene Oxide, z. B. Eisen- und Aluminium-Oxide bzw. Hydroxide. Die Kolloide sind nach außen negativ geladen und ziehen positiv geladene Nährstoffe an, wie z. B. Kalzium, Kalium und Magnesium, aber auch Natrium und Ammonium (siehe auch top agrar 9/2020, ab Seite 80). Zweiwertige Ionen wie Kalzium (Ca^{2+}) und Magnesium (Mg^{2+}) können durch die beiden Ladungen auch Tonminerale miteinander verbinden (Flockung) oder eine Bindung zu den ebenfalls negativ geladenen Humuspartikeln herstellen. Daraus bildet sich der Ton-Humus-Komplex (THK) wie Übersicht 1 auf Seite 82 zeigt.

Kalzium hat eine stärkere Bindungskraft als Magnesium. Eine gute Ca-Versorgung stabilisiert deshalb tonhaltige Böden. Ein zu hoher Gehalt an Magnesium lässt dagegen nassen Boden verschmieren, weil sich um das Magnesium-Ion eine große Wasserhülle bildet. Je niedriger die Ca-Belegung am Austauscher, desto deutlicher ist der Verschlämmungseffekt bei zu hoher Mg-Versorgung.

VOM KRÜMEL ZUM AGGREGAT

Die durch Kalziumbrücken verbundenen Ton- und Humuspartikel können durch Lebendverbauung zu regenstabilen Krümeln verkleben. Bodenbakterien bilden schleimige Polysaccharide, mit denen sie an Oberflächen von Wurzeln und Kolloiden anhaften und diese verkleben. Auch Wurzelausscheidungen produzieren solche Klebstoffe und bilden gleichzeitig Nährstoffe als Futter für die Bakterien. Die dadurch entstandenen Mikroaggregate sind kleiner als 0,5 mm. Feinwurzeln und Bodenpilze verbinden mit ihrem Geflecht mehrere Mikroaggregate zu größeren Aggregaten, den Makroaggregaten. Vor allem Regenwürmer vermengen dann die Partikel zusammen mit Schluff, Sand und organischen Resten durch ihre Verdauungstätigkeit zu witterungsstabilen Bodenkrümeln. ►

MAKROAGGREGATE

Krümel speichern Wasser und Luft

Entstehen Krümel, bleiben grobe Poren zwischen den Mikroaggregaten erhalten – deshalb ist das Krümelgefüge besonders reich an (kleinen!) Hohlräumen. Während sich die engen Grob-, Mittel- und Feinporen der Krümel mit Wasser sättigen können, bleiben die Hohlräume (Grobporen) weitgehend wasserfrei und mit Luft gefüllt. Sauerstoff und Wärme in den luftführenden Poren unterstützen die Mikroorganismentätigkeit (z. B. Stickstoffmineralisation) und die Wurzelatmung (Nährstoffaufnahme).

Solange diese Hohlräume (über 0,05 mm Durchmesser) eine vertikale Kontinuität aufweisen, kann Regenwasser infiltrieren. Stauwasser tritt auf, wenn diese Poren verstopft sind und dann weder Wasser durchlassen noch von Wurzeln erschlossen werden können. Folgende Ereignisse können diese kleinen Hohlräume und Grobporen verstopfen:

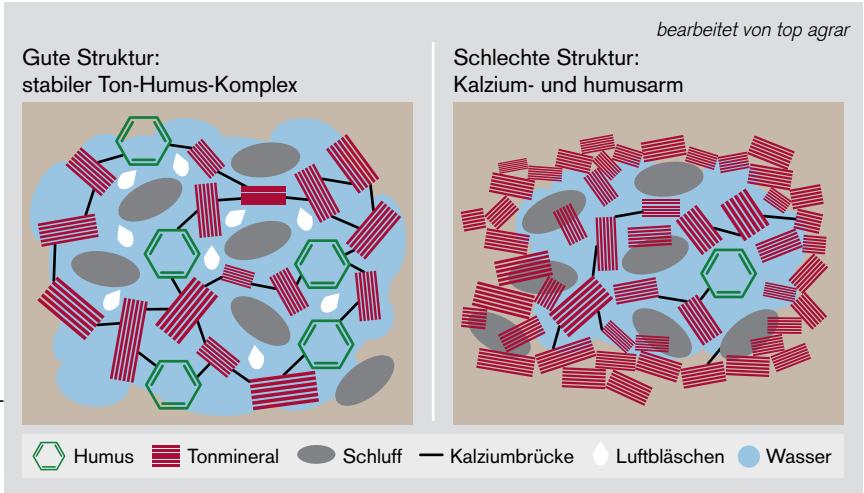
Einschlämmen von Feinerdepartikeln: Sind Ton- oder Schluffpartikel nicht durch Flockung oder im Ton-Humus-Komplex stabilisiert, erodieren sie schneller in kleinste Hohlräume. Diese Mikroerosion im Boden lässt sich nicht nur nach einer Lockerung und Einschwemmung durch Niederschläge auf blankem Boden beobachten. Auch unter einer stehenden Kultur können Niederschläge Feinerde innerhalb der Krume verlagern, vor allem wenn vorher Bodenrisse durch Trockenheit entstanden sind. Daher muss der Boden in niederschlagsreichen Regionen gelegentlich gewendet werden, um eingewaschene Feinerde wieder hochzuholen.

Verdichtung durch schwere Lasten: Überschreitet die Auflast der Maschinen die Tragfähigkeit des Bodens, verringert sich das Luftporen-Volumen des Bodens. In der Folge geht die vertikale Porenkontinuität verloren.

Bodenbearbeitungswerkzeuge setzen Poren zu: Wie beim Einstechen des Spatens in den feuchten Boden entsteht auch zwischen Metallscharen und Boden eine Schleifschicht. Dabei schmieren feine Partikel grobe Poren zu. Je großflächiger der Kontakt, desto umfangreicher das Ausmaß. Pflugschare haben die größte Kontaktfläche, schmale, scharfe und aufrechtstehende Grubberschare die geringste.

Dickenwachstum von Wurzeln: Rübenkörper oder auch Meliorationsrettich können den Boden zwischen den einzelnen Pflanzen durch das Dickenwachstum so stark komprimieren, dass Schadverdichtungen entstehen.

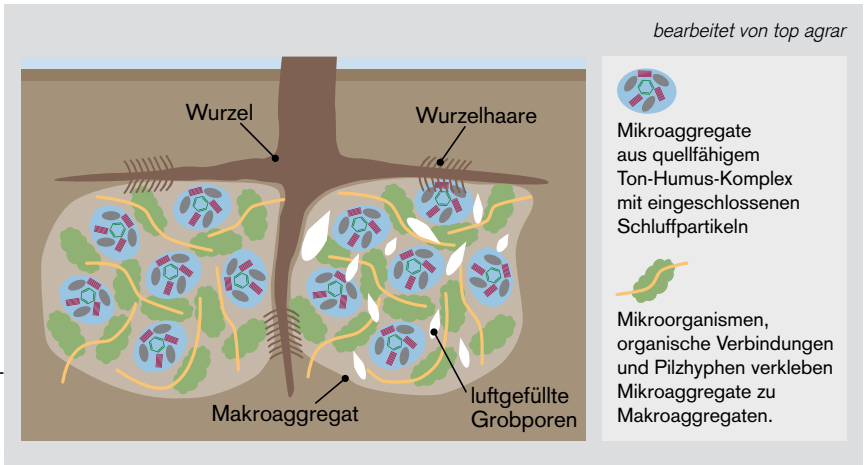
ÜBERSICHT 1: STRUKTUREN IM BODEN



Quelle: Kropf

△ Eine Bodenbearbeitung soll eine gute Struktur (Krümelstruktur) fördern bzw. erhalten. Bei Trockenheit bilden sich auf humus- und kalkarmen tonigen Böden bis zu faustgroße Klumpen.

ÜBERSICHT 2: DIE LEBENDVERBAUUNG IM DETAIL



Quelle: Kropf

△ Erst die Lebendverbauung durch Mikroorganismen wie Bakterien (z. B. Actinomyceten), Pilze und Regenwürmer stabilisiert die ton- und kalkhaltigen Mikroaggregate zu Bodenkrümeln.

REGENWÜRMER

Stabilität durch Lebendverbauung

Eine Krümelstruktur (Bodengare) entsteht durch das Zusammenwirken biologischer, chemischer und physikalischer Faktoren. Stabil werden Krümel durch die Lebendverbauung.

Im Verdauungstrakt des Regenwurms vermischen sich Ernterückstände mit Ton-Humus-Partikeln sowie Sand- und

Schluffbestandteilen. Schleim- und Klebstoffe stabilisieren die Makroaggregate. Daraus entsteht ein besonders regenstabiles Krümelgefüge (siehe Übersicht 2). Der Regenwurmkot enthält zudem Nährstoffe in höherer Konzentration als der umgebende Boden. Sogar Phytohormone (Cytokinine, Auxine) lassen sich darin nachweisen.

NATÜRLICHE PROZESSE

Auch das Wetter verbessert die Bodenstruktur

Um Strukturprobleme zu beseitigen, hilft eine maschinelle Bodenlockerung bedingt. Eine Verdichtung kann man zwar unterfahren oder aufreißen, doch dadurch entstehen grobe, immer noch verdichtete Trümmeraggregate und große Hohlräume. Statt die Struktur zu verbessern, trocknet der Boden so schneller aus, in den Hohlräumen kann Feinerde erodieren, die Wurzeln finden im überlockerten Horizont keinen Kontakt und reagieren mit Mangelsymptomen oder sterben ab. Hier können natürliche Prozesse wie Frostsprengung, Quellung und Schrumpfung des Bodens sowie Wurzelwachstum Abhilfe schaffen. Diese Prozesse sind aber langwierig und dauern umso länger, je tiefer die Verdichtung im Boden sitzt.

Die stärkste Sprengkraft hat Frost: Wasser dehnt sich beim Gefrieren um 9 % aus. Das Eis übt z. B. bei -5 °C einen Druck von 500 bar/cm² aus! Für eine Frostgare muss der Boden weitgehend mit Wasser gefüllt sein. Damit der Frost tiefer eindringen kann, müssen dennoch ausreichend luftgefüllte Poren vorhanden sein. Stark verdichtete Bereiche wie Pflugsohlen und Untergrundverdichtungen kann Frost nicht sprengen.

Dass ein Boden quellen kann, liegt an den Ionen, die an den Austauschern (Ton, Humus) gebunden sind. Um diese herum bilden sich quellend wirkende Wasserhüllen. Damit geht der Boden wie ein Teig auf, das Bodenvolumen nimmt zu und die Struktur lockert sich. Allerdings nur, wenn in der Umgebung noch genug Luftporen vorhanden sind, die den Quelldruck aufnehmen können. Wie gut ein Boden quellen kann, hängt von den Tonmineralen ab: Je höher die Kationenaustauschkapazität des Bodens, desto stärker kann er quellen. Stark verdichte Horizonte und tonarme Sand-

◁ △ Ein Acker zehn Tage nach der Rapsernte: Ohne Rückstände kaum sichtbare Aktivität – mit Ernteresten werden dagegen die Regenwürmer aktiv. Hier wäre schräges Striegeln besser als Grubbern.

◁ Dieser wenig bindige Boden zerfällt durch die Frostgare zum Einzelkorngefüge.

Fotos: Kropf

△ ▷ Bodenrisse nach Verschlämmung (oben) haben sich über den Acker verteilt. Nach Trockenheit (rechts) finden sich die Risse vor allem in den stark verdichteten Fahrgassen.

böden quellen nicht: In dem zu geringen Porenraum verdichteter Horizonte kann weder genug Wasser eindringen, noch ist genug Platz für die Ausdehnung.

Trocknet ein nasser Tonboden aus, entstehen Schrumpfungsrisse. Durch diese kann warme Luft eintreten (Mineralisation) und es bilden sich bei vorhandener Restfeuchte Wurzeln. Im Gegenzug trocknet der Boden tiefer aus und es können vergrabene Samen von Ackerfuchsschwanz und Ausfallgetreide nachlaufen. In stark verdichteten Böden bilden sich weniger, dafür größere Risse – typischerweise in Fahrgassen. Je garer der Boden, umso verästelter und zahlreicher sind die Risse.

EMPFEHLUNG I

So lassen sich strukturarme Böden aufwerten

In sandigen, schluffigen und humusarmen Böden sind die Voraussetzungen für eine gute Eigenstrukturierung und Lebendverbauung deutlich schlechter als in tonhaltigen und humosen Böden. Die gröberen Sand- und Schluffpartikel werden vor allem durch Kohäsionskräfte – die Bindungskraft zwischen Wasser und Partikel – mit den wenigen Kolloiden zusammengehalten. In diesem Fall spielen elektrostatische Anziehung und die van-der-Waals'schen Kräfte eine Rolle, die aber an das Vorhandensein von Wasser gebunden sind: Die Feuchtigkeit hält daher die wenig bindigen Böden zusammen. Mit trockenem Sand (Einzelkorngefüge) lässt sich keine Sandburg bauen. Die Bindung durch die Kohäsion ist jedoch sehr instabil. Ist der Boden wassergesättigt, verschwindet die Kohäsionswirkung (erhöhte Erosionsgefahr), genauso, als wenn sie trockenfallen (Winderosion).

Auch Bodenbearbeitung fördert den Zerfall der labilen Struktur in ein Einzelkorngefüge. Daher sollte man diese Böden möglichst nicht so intensiv bearbeiten. Vor allem muss man sie sofort wieder rückverfestigen, um den Zusammenhalt wiederherzustellen. Stabilisierend wirkt die Wurzelstruktur von Haupt- und Zwischenfrüchten, sowie das Ausbringen von qualitativ hochwertiger organischer Substanz. Aber Achtung: Durch einen Gülleschleier das Risiko von Winderosion zu verringern, ist nicht mehr zulässig.

EMPFEHLUNG II

Auch Wurzeln stabilisieren die Struktur

Die wachsende Wurzel strukturiert und stabilisiert die Bodenstruktur. Dabei sind die Seitenkräfte deutlich höher als das Durchdringungsvermögen in die Tiefe. Die konische Wurzelspitze benötigt immer eine kleine Öffnung, in die sie eindringen kann. Durch den ständigen Wechsel zwischen Dicken- und Längenwachstum kann die Wurzel Bodenkrümel seitlich verschieben und deren Verbundsystem verbessern. Dass Pfahlwurzler wie Raps und Ackerbohnen eine anscheinend gute Struktur hinterlassen, bedeutet nicht, dass sie mit den Wurzeln schlechte Strukturen erschließen oder gar aufbrechen können. Ganz im Gegenteil, die Pfahlwurzler haben deutlich höhere Ansprüche an die Bodenstruktur als Getreidearten wie Wintergerste oder Hybridroggen.

△ Auch in diesen Fahrgassen tragen Regenwürmer Stroh zusammen und verbauen es.

△ Während der Vegetation produzieren Regenwürmer regenstabile Wurmlosung.

Selbst eine Phacelia braucht eine gut erschließbare Krume, um mit ihrem Feinwurzelsystem die Krümelstruktur zu stabilisieren.

Nach einer tiefen und streifigen (nicht ganzflächigen!) Untergrundlockerung eignen sich tiefwurzelnde Kulturen mit langsam verrottenden und kräftigen Wurzeln, um die Bodenstruktur zu stabilisieren. Dazu zählen vor allem Pfahlwurzler wie Raps, Ölrettich als Zwischenfrucht, Ackerbohnen, Lupinen, Öllein und letztlich auch Zuckerrüben. Deren Ernte macht allerdings oft nicht nur den Erfolg der Tiefenlockerung zunichte, sondern kann die Strukturprobleme auch noch weiter in die Tiefe verlagern.

Treso®
syngenta

Bonusland®
Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden.
Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen.

www.syngenta.de
BeratungsCenter **0800/32 40 275** (gebührenfrei)
Jetzt auch per WhatsApp: 0173-46 91 328

®