



Transforming **U**nsustainable
management of soils in key
agricultural systems in EU and China

Developing an **i**ntegrated platform of
alternatives to reverse soil degradation

Verbesserung der Bodenstruktur um mehr Feuchtigkeit im Boden zu halten



This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation action under grant agreement No 101000224.

Kurzbeschreibung

Die Wasserspeicherung und der Wasserfluss in Böden hängen in hohem Maße von der Bodenstruktur ab, welche die Porosität des Bodens stark bestimmt. Die strukturelle Stabilität und die Wasserleitfähigkeit des Bodens sowie das Porensystem bestimmen die Infiltrationskapazität des Bodens und steuern den Abfluss. Es besteht eine starke Wechselwirkung zwischen der Bodenstruktur und den hydrophysikalischen Eigenschaften sowie zwischen dem Porensystem und den Abbauprozessen, deren Zusammenhänge komplex und multifaktoriell sind und noch nicht vollständig verstanden werden. Die Bodenstruktur lässt sich als Form, Größe und räumliche Anordnung einzelner, unterschiedlich stabiler Bodenpartikel charakterisieren.

Zielgebiet

Die Verschlechterung der Bodenstruktur ist ein weit verbreitetes Problem, das sich in allen Klimazonen auf die Ökosysteme und die Lebensgrundlagen der Menschen auswirkt. Nachhaltige Landwirtschaft kann dazu beitragen diese Auswirkungen abzumildern. Eine Verschlechterung der Bodenstruktur kann in allen Klimazonen auftreten, obwohl die Ursachen, der Schweregrad und die Formen der Degradation je nach regionalen Faktoren wie klimatischen Bedingungen, Bodenart, Landnutzung und landwirtschaftlichen Praktiken variieren kann. In Anbauflächen führt der Einsatz



schwerer Maschinen häufig zu einer Schädigung und schließlich zur Auflösung der Bodenstruktur im Oberboden und zur Verdichtung des Unterbodens. Unter trockenen Bedingungen ist die Bodenoberfläche mit geschädigter Struktur besonders der Winderosion ausgesetzt.

Problemidentifizierung

Das Problem der Verschlechterung der Bodenstruktur kann durch eine Bewertung der Bodenstrukturstabilität ermittelt werden.

Die Bewertung der Bodenstruktur wird durch die TUDI-App unter „Strukturmaßnahmen“ (dev-tudi.web.app) unterstützt.

Detaillierte Beschreibung der Verbesserungsstrategie

Die Verbesserung der Bodenstruktur ist entscheidend für die Förderung eines gesunden Pflanzenwachstums, die Verbesserung der Wurzelentwicklung und die Erhöhung der Wasserspeicherung. Die Bodenstruktur bezieht

sich auf die Anordnung von Bodenpartikeln (Sand, Schluff, Ton) und organischen Stoffen in einem größeren Aggregat. In einem gut strukturierten Boden können sich Luft, Wasser und Wurzeln frei bewegen, während ein

schlecht strukturierter Boden (wie verdichteter oder zu sandiger Boden) das Pflanzenwachstum hemmen kann. Die Bodenstruktur wird in erster Linie, aber nicht ausschließlich, durch die Bodentextur bestimmt, die ein Ausdruck der Korngrößenverteilung ist.

Bei sandigen, lehmigen Sandböden ist der Anteil feiner Partikel wie Ton so gering, dass sie die Bildung einer guten Bodenstruktur nicht unterstützen und oft strukturlos sind und einkörnig wirken. Ihre Porosität ist hauptsächlich durch Poren mit großem Durchmesser gekennzeichnet, was zu einer schnellen Infiltration von Niederschlägen, aber zu einer geringen Wasserverfügbarkeit für Pflanzen führt.

Bei schweren Lehmböden bleiben die für die Bodenbearbeitung günstigen Bodenbedingungen nur für einen kurzen Zeitraum von einem Jahr erhalten. Sowohl bei zu trockenen als auch bei zu nassen Böden schädigt die Bodenbearbeitung die Bodenstruktur. In trockenen Tonböden können sich an der Oberfläche bis zu fingerbreite Risse bilden, die zum Teil das tiefe Eindringen von Niederschlägen erleichtern, in Trockenzeiten



Abb. 1: Körnige Struktur des Lehmbodens im Oberboden (Tschernosem).



Abb. 2: Gut ausgeprägtes subanguläres Blockgefüge eines lehmigen Bodens (Tschernosem).

aber auch zu einer tieferen Austrocknung führen können. Aufgrund des sehr hohen Tonanteils ist der Anteil des stark gebundenen Wassers an der Oberfläche der Tonpartikel hoch, so dass in Trockenperioden nur sehr wenig Wasser für die Pflanzen zur Verfügung steht.

Die Korngrößenverteilung von Lehmböden ist ausgeglichen. Das Vorhandensein von Tonpartikeln mit einer großen Oberfläche fördert die Bildung von Bodenaggregaten (körnige oder blockige Struktur und deren Übergänge sind häufig), während sandgroße Partikel dazu beitragen, die Lockerheit des Bodens zu erhalten. Wenn keine wesentlichen Einschränkungen vorliegen (Mangel an organischer Substanz oder Bodenverdichtung, z. B. durch Maschinenverkehr), kann sich eine gute Bodenstruktur entwickeln und (im Vergleich zu den anderen strukturierten Böden) die größte Menge an pflanzenverfügbaren Feuchtigkeit liefern.

Extreme chemische Bedingungen können der Bodenstruktur schaden. Sowohl stark saure als auch stark alkalische Bedingungen führen zu einer schwachen Bodenstruktur.



Abb. 3: Säulenförmige Struktur eines Tonbodens (Solonetz).

Die Chemie der Bodenschicht wirkt sich auf die strukturelle Stabilität aus und bestimmt den Zustand der Pflanzen. Unter stark sauren Bedingungen kann das Fehlen von Ca-Ionen zu einer schwachen Bodenstruktur führen, während unter stark alkalischen Bedingungen (z. B. bei Solonetz-Böden) das Vorhandensein von Na-Ionen auf den Kolloidoberflächen (Ton) eine säulenartige Strukturentwicklung im Untergrund bewirkt, die mit einer Entmischung der Struktureinheiten einhergeht (seifiges Aussehen der Oberfläche bei Nässe).

Längere Staunässe kann sowohl natürliche (Topographie) als auch künstliche Ursachen

haben (z. B. Verdichtung des Unterbodens unter Ackerland). Eine ordnungsgemäße Entwässerung, d. h. die Ableitung von überschüssigem Wasser aus Ackerflächen, kann dazu beitragen, die Bodenstruktur zu erhalten, indem sie ihre Zersetzung durch Wasser verhindert.

Die Verbesserung der Bodenstruktur erfordert eine langfristige Bodenbewirtschaftungspraxis, die auf bessere Bodenbedingungen abzielt. Die gängigsten Praktiken zur Verbesserung der Bodenstruktur sind die Erhöhung des Gehalts an organischer Substanz im Boden, das Aufbringen einer Bodenbedeckung, die Verringerung von Prozessen, die zur Bodenverdichtung führen, und die Förderung der biologischen Aktivität im Boden. In einigen Fällen, z. B. bei schlecht entwässerten Böden (wie Lehm), können mechanische Zusätze wie die Einarbeitung von Sand, Perlit oder anderen entwässerungsfördernden Materialien den Boden auflockern und ein besseres Wurzelwachstum ermöglichen, was dazu beitragen kann, verdichtete Schichten zu lockern und die Luft- und Wasserbewegung zu verbessern, wodurch langfristig eine bessere Bodenstruktur erreicht wird.



Abb. 4: Ergebnisse des Bodenaggregatstabilitätstests (siehe die TUDI DST-App) unter Verwendung von Teesieb, Glas und Wasser. Die Stabilität der Bodenstruktur nimmt von links nach rechts ab.

Vor- und Nachteile der Technik, Hindernisse bei der Umsetzung

Eine grundlegende Praxis zur Verbesserung der Bodenstruktur ist die Einarbeitung von organischem Material wie Pflanzenresten, Mulch, Kompost und Deckfrüchten, die zur

Bildung stabiler Aggregate beitragen. Bei der Aussaat direkt in eine dick gemulchte Bodenschicht sollte darauf geachtet werden, dass das Saatgut guten Kontakt zum Boden hat.

Auswirkungen

Die Zugabe von organischen Stoffen wie reifem Kompost oder tierischem Dünger (z. B. Kuh- oder Pferdedünger) verbessert die Durchlüftung des Bodens, den Wasserrückhalt, fördert nützliche Mikroorganismen, fügt Nährstoffe hinzu und verbessert die Bodenaggregation. Gründünger sind Pflanzen, die angebaut und in den Boden eingearbeitet werden können, um den organischen Gehalt zu erhöhen und Erosion zu verhindern. Das Aufbringen von Mulch auf die Bodenoberfläche verbessert die Feuchtigkeitsspeicherung und verringert die Erosion, während es sich allmählich zersetzt und die Bodenstruktur verbessert.

Bei intensiver Bewirtschaftung und schwerem Maschineneinsatz kann die Bodenbearbeitung die Bodenaggregate aufbrechen und die tieferen Schichten verdichten (z. B. Pflugschar mit plattiger Struktur), was zu schlechten Wasserinfiltrationsbedingungen, eingeschränkter Drainage und Wasseransammlungen an der Oberfläche führt. Eine reduzierte Bodenbearbeitung und die Vermeidung von schwerem Maschineneinsatz, insbesondere auf nassen Böden, verhindern die Bodenverdichtung und erhalten die natürliche Bodenstruktur.

Das Aufbringen von organischem Mulch (z. B. Holzspäne, Stroh) auf die Bodenoberfläche hilft, Feuchtigkeit zu speichern, Temperaturextreme zu reduzieren und den Boden allmählich mit organischen Stoffen anzureichern. Deckfrüchte tragen dazu bei, den Boden vor Erosion zu schützen und Nährstoffverluste zu verhindern, und ihre Wurzeln durchdringen den Boden und bewahren die Bodenstruktur. Lebende Wurzeln setzen organische Verbindungen wie Polysaccharide und Proteine frei, die als Bindemittel wirken und dazu beitragen, dass Bodenpartikel zusammenkleben und Aggregate bilden. Beide Anwendungen fördern auch das Wachstum der Mikro- und Mesofauna im Boden.

Weiterführende Literatur

Peoplau et al. 2024. DOI: [10.1111/ejss.13549](https://doi.org/10.1111/ejss.13549)

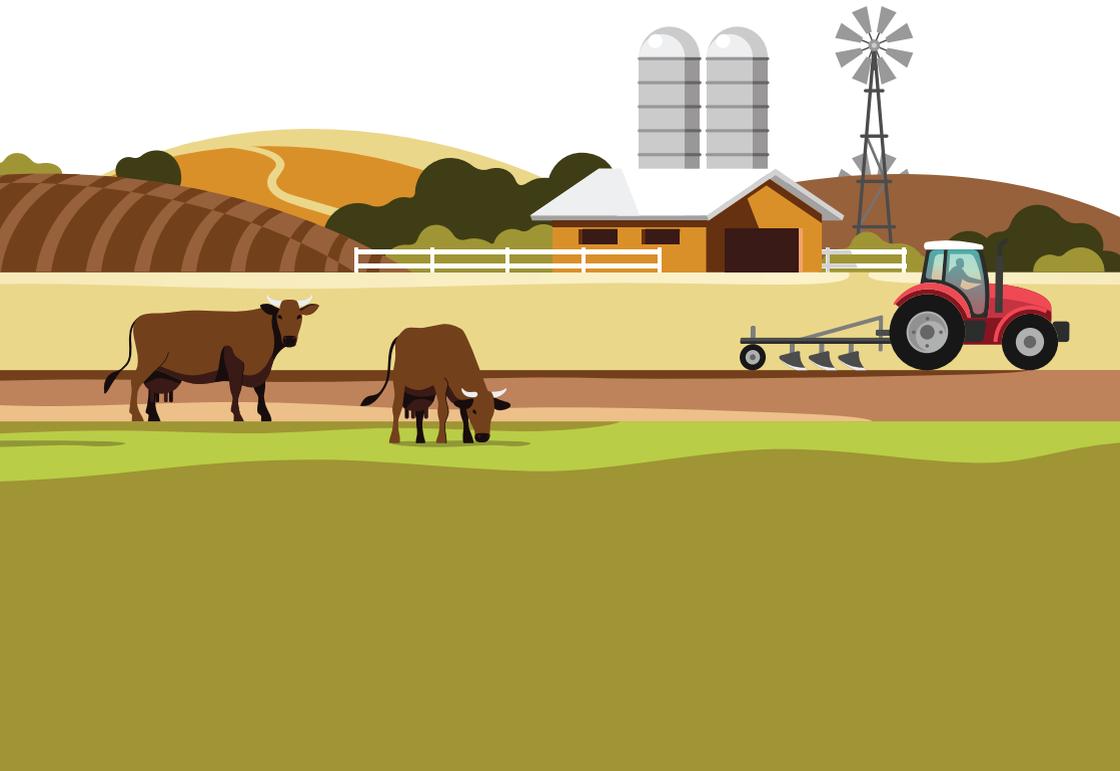
Tobiasová et al. 2023. DOI:[10.3390/su151411047](https://doi.org/10.3390/su151411047)



Zusammenfassung

Die Bodenstruktur wird dadurch beeinflusst, wie feste kleine Bodenteilchen zu größeren Klumpen, den sogenannten Bodenaggregaten, zusammengefügt werden. Auch der Gehalt an organischer Substanz im Boden und die Bodenbearbeitung haben einen großen Einfluss auf die Struktur. Die Bodenstruktur steuert die Porengrößenverteilung, die Luftdurchlässigkeit und das Wasserhaltevermögen des Bodens. Die Größe und Stabilität der Bodenaggregate bestimmen die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen unterschiedliche Feuchtigkeitsbedingungen. Die Folge einer schlechten Bodenstruktur ist eine Verringerung der Wasserhaltekapazität des Bodens, was bedeutet, dass die Böden weniger in der Lage sind, Pflanzen mit Feuchtigkeit zu versorgen.

Bodensanierungsmaßnahmen, die dem Boden organische Substanz zuführen oder deren Abbau verhindern (z. B. Einarbeitung von Ernterückständen, Mulchen, Deckfruchtanbau), das Bodenleben fördern (Anwendung einer nachhaltigen Fruchtfolge, organische Düngung) und die mechanische Belastung verringern (z. B. nicht invasive Bodenbearbeitung, Direktsaat oder Planung der Verkehrshäufigkeit bzw. Kontrolle des Schwerverkehrs), tragen zur Erhaltung oder Verbesserung der Bodenstruktur bei. Die Verbesserung der Bodenstruktur schafft günstigere Wachstumsbedingungen für Pflanzen, verbessert die Wasserrückhaltung und verringert die Oberflächenerosion.



Zusammenfassende Tabelle

	Bewertung	Kommentare
Gesundheit des Bodens insgesamt	***	
Wasserhaushalt	**	
Struktur des Bodens	***	
Erosivität	**	
Nährstoffhaushalt	***	
Leben im Boden	*	
Praktikabilität	-	
Wirtschaftlichkeit	-	



Consortium

Agrisat; Beijing Forestry University; Beijing Normal University; Centre for Agricultural Research; China Agricultural University; Czech Technical University in Prague; Lincoln University; New Bulgarian University; Northwest A&F University; Northwest UNIVERSITY; Pensoft Publishers; Spanish National Research Council; University of Lancaster; BOKU University, Vienna; University of Turin; Federal Agency for Water Management, Austria

Project coordinator

José A. Gómez

Institute of Sustainable Agriculture of the Spanish Council for Scientific Research
joseagomez@ias.csic.es

Duration

July 2021 – June 2025

Follow TUdi

 @Project_TUdi

 TUdi Project

 TUdi Horizon 2020

 tudi-project.org