



Winter 2019/2020



Bodenverdichtung in Fahrspuren auf einem feuchten Acker (Maike Siekmann/Thünen-Institut)

Im Fokus

Böden unter Druck – Bodenverdichtung in der Landwirtschaft

Die Bodenverdichtung nimmt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen weltweit eine große Rolle ein. Sie führt zur Bodendegradation und gehört zu den acht Hauptgefahren für Böden in Europa. Verdichtete Böden, können wichtige Funktionen wie den Wasser- und Lufttransport, beide stehen in direktem Zusammenhang mit der Lebensraumfunktion der Böden, nicht mehr erfüllen. Ertragsrückgänge sind die Folge. Um der Bodenverdichtung vorzubeugen und den Landwirtinnen

und Landwirten zukünftig nützliche Handlungsempfehlungen an die Hand geben zu können, entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im BonaRes-Verbundprojekt SOILAssist praktische Lösungen für den landwirtschaftlichen Bodenschutz bei der Befahrung von Ackerflächen.

Bodenverdichtung und Bodenschadverdichtung in der Landwirtschaft

Der Trend zu einer größeren Arbeitsproduktivität und Flächenleistung hat dazu geführt, dass landwirtschaftliche Maschinen in den letzten Jahren und Jahrzehnten immer größer und schwerer wurden. Spezialmaschinen sind zudem teuer und müssen entsprechend ausgelastet werden. Die Zeitfenster, in denen Äcker bodenschonend mit diesen Maschinen befahren werden können, sind jedoch zum Teil sehr klein, denn besonders im Frühjahr und Herbst führen ausgiebige Niederschläge häufig dazu, dass die Böden sehr feucht und damit besonders verdichtungsempfindlich sind. In diesen Fällen ist eine bodenschonende Befahrung oft nur eingeschränkt möglich. Kann auf die Befahrung nicht verzichtet beziehungsweise diese nicht verschoben werden, können Bodenschäden die Folge sein.

Ein Blick in die Praxis zeigt aber auch, dass landwirtschaftlich genutzte Böden ganz bewusst gelockert und auch verdichtet werden. Es ist also wichtig, zwischen bewusst herbeigeführter Bodenverdichtung oder Rückverfestigung und Schadverdichtungen zu unterscheiden. Bei der Weizenaussaat wird die Bodenoberfläche beispielsweise gezielt verdichtet („rückverfestigt“), um einen optimalen Feldaufgang der Frucht zu gewährleisten. Unter einer Bodenverdichtung versteht man also zuerst einmal die Erhöhung der Masse pro Volumeneinheit. Kritisch wird es, wenn der Boden über seine Belastungsgrenze hinaus verdichtet wird und sich dadurch das Porenvolumen im Boden soweit verändert, dass der Wasser- und Lufthaushalt oder auch die Durchwurzelbarkeit des Bodens geschädigt werden. Das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) spricht dann von einem Bodenschaden.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Ursachen und Steuergrößen der Bodenverdichtung

Druck- und Scherkräfte, wie sie unter Reifen bei der Feldebefahrung vorkommen, wirken auf den Boden ein und führen zu einer Zunahme der Dichte. Ob und in welchem Umfang ein Boden verdichtet wird, hängt von vielen Faktoren ab. Von großer Bedeutung ist beispielsweise der Bodenwassergehalt und die Tragfähigkeit des Bodens zum Zeitpunkt der Druckeinwirkung sowie die Krafteinwirkung durch die Maschine selbst. Wird der Boden infolge von Bewirtschaftung und Befahrung soweit verdichtet, dass die Wasser- und Luftdurchlässigkeit gestört sind, Kulturpflanzen sich nicht optimal entwickeln und der Niederschlag nicht im Boden versickern kann und oberflächlich abfließt, so spricht man von einer Bodenschadverdichtung. Bodenschadverdichtungen beeinträchtigen auch die Lebensraumfunktion des Bodens und wirken sich negativ auf die verschiedenen Bodenlebewesen, wie zum Beispiel Regenwürmer, aus.

Formen schädlicher Bodenverdichtung

Bodenverdichtungen können in vielen Bereichen des Bodens, zum Beispiel im Bearbeitungshorizont („Krumen“) zwischen 15 und 30 Zentimetern Tiefe, vorkommen. Eine Krumenverdichtung kann entstehen, wenn eine Befahrung oder Bearbeitung des Ackers bei zu feuchten Bodenbedingungen stattgefunden hat. Sie mindert vor allem die Nährstoffaufnahme und führt zum Wasserstau auf der Bodenoberfläche. Eine Krumbasisverdichtung, besser bekannt als Pflugsohlenverdichtung, entsteht hingegen durch die Druckeinwirkung des Pfluges und der Räder unterhalb der Bearbeitungstiefe in 30 bis 40 Zentimetern unter der Bodenoberfläche. Als Folge sind der Wasser- und Gasaustausch gehemmt und die Durchwurzelung vermindert. Eine weitere Form der Bodenverdichtung ist die Unterbodenverdichtung. Eine Schadverdichtung im Unterboden unterhalb von 40 Zentimetern ist besonders verheerend. Sie kann durch Ernte- und Transportarbeiten entstehen. Lockerungsmaßnahmen, wie Pflügen reichen kaum bis in diese Tiefe. Liegt also bereits eine Unterbodenverdichtung vor, kann diese nur sehr schwer und nur mit erheblichem zeitlichen und finanziellen Aufwand behoben werden.

Betroffene Gebiete

Bundesweite Messungen zum Ausmaß und der Verbreitung von Bodenverdichtung in Deutschland liegen nicht vor, sodass keine generellen Aussagen getroffen werden können. Einzelmessungen und Strukturuntersuchungen liegen jedoch für einige Bundesländer und Regionen vor und die Ergebnisse lassen vermuten, dass etwa 10 bis 20 Prozent der Ackerflächen durch bewirtschaftungsbedingte Verdichtung beeinträchtigt sind. In Norddeutschland sind besonders Böden aus Geschiebelehm und in Süddeutschland tonhaltige Böden betroffen.

Technische Entwicklungen und bodenschonendes Befahren

Entwicklungen in der Landtechnik haben zum Beispiel neue Fahrwerke, wie Bandlaufwerke und die Möglichkeit des spurversetzten Fahrens (Hundeganglenkung) hervorgebracht oder auch Trikes, die wie Dreiräder aufgebaut sind. Bandlaufwerke haben größere Aufstandsflächen auf dem Boden und können damit auch höhere Lasten bodenschonend abstützen. Die Hundeganglenkung ermöglicht ein spurversetztes Fahren der Hinterachse, wodurch Mehrfachüberrollungen minimiert werden und der Einsatz von Trikes verringert den Spurflächenanteil auf dem Feld. Auch bei den Reifen hat eine

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



fortlaufende Weiterentwicklung (Breitreifen und Terrareifen) dazu geführt, dass die Reifen durch einen niedrigen Reifeninnendruck eine große Aufstandsfläche haben und damit hohe Lasten optimal und bodenschonend abstützen können. Mit einer Reifendruckregelanlage kann der Reifeninnendruck angepasst werden, um vom Straßenbetrieb auf den Feldebetrieb zu wechseln. Weitere Maßnahmen, wie das Zusammenlegen von Arbeitsgängen, das Anlegen von Fahrgassen oder auch das Vergrößern der Arbeitsbreiten verringern die Anzahl an Überfahrten auf dem Feld und die befahrene Fläche. Um die Stabilität des Bodens zu verbessern, kann die Bearbeitungstiefe und die Bearbeitungsintensität verringert werden. Bei der sogenannten konservierenden Bodenbearbeitung wird der Boden ohne Pflug gelockert. Das wirkt sich nicht nur positiv auf die Bodenlebewesen aus, sondern konserviert auch die intakte Bodenstruktur.

Relevante Maschinenparameter

Um das Problem der Bodenverdichtung noch besser zu verstehen und praxistaugliche Lösungsansätze zu finden, ist es wichtig, die Zusammenhänge zwischen dem Lasteintrag durch die Maschine, dem entstehenden Druck auf den Boden, der Druckausbreitung im Boden sowie die dadurch entstehenden Veränderungen im Bodengefüge zu verstehen. Bei der Feldebefahrung sind unterschiedliche Maschinenparameter relevant. Durch ihr Gewicht verursacht die Maschine eine mechanische Bodenbelastung (Lasteintrag). Aus der Radlast und der Berührungsfläche zwischen Reifen und Boden ergibt sich der Kontaktflächendruck. Je größer die Kontaktfläche, desto niedriger ist der Kontaktflächendruck, da sich das Gewicht auf eine größere Fläche verteilt. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Überrollhäufigkeit in der Fahrspur. Sie verrät uns einerseits, wie oft ein Punkt auf dem Feld überrollt wurde. Andererseits gibt sie Auskunft darüber, an welchen Stellen der Boden besonders oft belastet wird (Hotspots auf dem Acker). Wird der Boden wiederholt mehrfach überrollt, steigt auch das Risiko für Unterbodenverdichtungen. Verwendet man beispielsweise ein Güllefass mit Tandem-Achse, verringern sich zwar Radlast und Kontaktflächendruck für jedes Rad. Gleichzeitig nimmt jedoch die Überrollhäufigkeit zu. Tandemachser eignen sich deshalb nicht so gut zum Schutz gegen Bodenverdichtung im Oberboden wie Fahrzeuge mit Breit- oder Zwillingsreifen. Durch eine größere Kontaktfläche bei gleichzeitig geringerer Überrollhäufigkeit können diese den Druck auf eine größere Fläche verteilen.

Kontaktfläche Reifen-Boden

Der Kontaktflächendruck ist direkt abhängig von der Radlast der landwirtschaftlichen Maschine. Die Radlast lässt sich mithilfe mobiler Waagen bestimmen. Da die Maschine beim Wiegen steht, erhält man aber nur einen statischen Wert. Für die Feldebefahrung ist jedoch die dynamische Radlast von Bedeutung. Diese kann um ein Mehrfaches größer sein als die statische Radlast, da sie vom Schlupf der Reifen oder der Hangneigung abhängig ist. Das schwierige daran ist, dass sich die Radlast ständig verändert – sie ist dynamisch. Bei Erntefahrzeugen nimmt sie beispielsweise kontinuierlich zu, bis der Bunker gefüllt ist. Bei einem Güllefass ist es umgekehrt und die Radlast nimmt bei der Gülleausbringung entsprechend ab. Um den Kontaktflächendruck für ein bodenschonendes Befahren zu verringern, kann man schon heute Reifendruckregelanlagen verwenden und den Reifeninnendruck der Maschinen manuell regeln. Auch wenn bereits einige Landwirte und Lohnunternehmer eine solche Anlage verwenden, sind bisher nur wenige landwirtschaftlichen Maschinen mit einer Reifendruckregelanlage ausgestattet. Durch den geringeren Innendruck wird die Kontaktfläche des Reifens größer und der Druck auf den Boden verteilt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



sich auf einer größeren Fläche – das Bodenverdichtungsrisiko nimmt ab. Bisher ist der Fahrer der Maschine der ausschlaggebende Faktor, da er den Reifeninnendruck manuell einstellen muss. Hierfür muss er nicht nur die aktuellen Bodeneigenschaften mit einbeziehen, sondern auch in zum Teil komplizierten Reifentabellen den optimalen Innendruck für seine Reifen finden. Im Projekt SoilAssist werden Sensoren entwickelt, die eine manuelle Reifendruckregelanlage zu einer automatischen Reifendruckregelanlage machen.

Zukünftige landtechnische Entwicklungen

Die Abplattung oder auch Einfederung eines Reifens steht in einem engen Zusammenhang mit der Radlast und dem Reifeninnendruck. Um die dynamische Radlast auch während der Fahrt bestimmen zu können, hat SoilAssist ein Sensorsystem entwickelt, das mit mehreren unterschiedlichen Sensoren ausgestattet ist. Ein Ultraschallsensor befindet sich beispielsweise in der Felge eines jeden Reifens unserer landwirtschaftlichen Messfahrzeuge und misst den Abstand zwischen der Felge und der Reifeninnenseite, also die Abplattung des Reifens. Über die Abplattung des Reifens lässt sich die dynamische Radlast während der Fahrt für jeden Reifen bestimmen. Mit den Werten für die Abplattung und die dynamische Radlast lässt sich der optimale und damit bodenschonende Reifeninnendruck bestimmen. Mithilfe dieser Parameter kann aus einer manuellen Reifendruckregelanlage eine automatische Reifendruckregelanlage werden, die während der Feldbefahrung dynamisch den für den Boden optimalen Reifeninnendruck einstellt. Gemeinsam mit den Firmen Grasdorf Rad, Steyr und TerraCare haben wir einen ersten Prototyp dieser Anlage entwickelt. Dieser wurde auf der Agritechnica 2019 auf dem Messestand des Partners Steyr an einem Traktor präsentiert. Mit dieser Technologie ist es zum Beispiel möglich, den geringstmöglichen Bodendruck bei der Befahrung zu realisieren. Unser Sensorsystem liefert während der Feldbefahrung kontinuierlich Daten. Diese Daten sind nicht nur relevant, um den Reifeninnendruck an die Bodenverhältnisse anzupassen. Eine wichtige Aufgabe von SoilAssist ist es, herauszufinden, in welchem Umfang diese maschinengestützten Daten Bodenverdichtungseffekte vorhersagen können. Weiterhin suchen wir nach optimierten Fahrwegen und Verfahrensketten auf dem Feld, die ganz spezifisch für den jeweiligen Standort dazu beitragen, die Bodenfunktionen zu erhalten und zu verbessern.

Forschungsergebnisse in der Praxis umsetzen

Ein Teil der SoilAssist-Forschungsarbeit liegt aber auch in der Beantwortung praxisrelevanter Fragen: Wie viel kostet den Landwirt der nachhaltige Feldverkehr? Welche ökonomischen Effekte sind auf dem Acker zu erwarten und von welchen Faktoren ist es abhängig, ob nachhaltiger Feldverkehr umgesetzt wird? Um diese und weitere praxisrelevante Fragestellungen zu beantworten, arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in SoilAssist eng mit Landwirten, Lohnunternehmern und Maschinenherstellern zusammen. Durch diese Kooperationen wird der Transfer der Ergebnisse in die Praxis sichergestellt.

Maïke Siekmann, Marco Lorenz, Joachim Brunotte (Thünen-Institut)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Maïke Siekmann studierte Geoökologie an der Universität Braunschweig und spezialisierte sich auf die Bereiche Klimatologie und Bodenkunde. Seit 2016 arbeitet sie als Wissenschaftlerin im Projekt SOILAssist und forscht dort zum Thema Einfluss schwerer landwirtschaftlicher Maschinen auf den Boden.

Marco Lorenz koordiniert seit 2015 das Bonares-Verbundprojekt SOILAssist am Thünen-Institut für Agrartechnologie in Braunschweig. Er studierte Umwelttechnik mit Schwerpunkt Bodenkunde an der Technischen Universität Berlin und spezialisierte sich in seiner Promotion auf Fragen der Bodendegradierung und des Bodenschutzes. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des physikalischen Bodenschutzes bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Böden, den Auswirkungen von Managementmaßnahmen auf bodenfunktionale Größen und den technischen Möglichkeiten zur Minderung schädlicher Bodenveränderungen.

Joachim Brunotte ist studierter Landwirt und Leiter des Arbeitsbereiches Umwelttechnologie Boden/Pflanze des Thünen-Instituts (ehemals Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft – FAL). Dort forscht er seit 1993 zum Thema Bodenschutz in der Landwirtschaft. Seit 2015 leitet er das Projekt SOILAssist.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung