

Winter 2019/2020



Bodenverdichtung von oben (pascvii/pixabay.com)

Editorial

## Forschungsfeld Bodenverdichtung

Verdichtete Böden speichern weniger Wasser, sie sind schlechter durchlüftet und der Regen kann nicht ungehindert versickern. Damit fließt mehr Wasser oberflächlich ab und führt zur Erosion der wertvollen oberen Bodenschicht. Außerdem behindern verdichtete Böden das Wurzelwachstum und bieten weniger Lebensräume für Bodenorganismen. Insgesamt können damit die vielfältigen Bodenfunktionen nicht mehr oder nur unzureichend erfüllt werden, insbesondere wird auch

die Bodenfruchtbarkeit stark beeinträchtigt. Für die Landwirtschaft bedeutet das geringere Erträge oder gar komplette Ernteausfälle.

Eine Hauptursache für schädliche Bodenverdichtungen ist das Befahren von Ackerflächen mit schweren Maschinen. Vor allem dann, wenn die Tragfähigkeit des Bodens bei hohen Bodenwassergehalten und einer schlechten Bodenstruktur gering ist. Damit Landwirtinnen und Landwirte das tatsächliche Verdichtungsrisiko ihrer Standorte besser beurteilen und entsprechend handeln können, braucht es neue praxistaugliche Technologien und standortbezogene Handlungsanweisungen für die bodenschonende Bodenbearbeitung.

Darüber hinaus bedarf es neuer kostengünstiger Methoden, mit denen Landwirtinnen und Landwirte bereits durch Bodenverdichtung beeinträchtigte Bereiche auf ihren Flächen erkennen können, um ganz gezielt Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Die Entwicklung solcher Strategien und Technologien ist die zentrale Aufgabe des BonaRes-Verbundprojektes SOILAssist. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler legen dabei großen Wert auf eine enge Zusammenarbeit mit Landwirtinnen und Landwirten und Landtechnik-Unternehmen. Mehr über das Projekt, aktuelle Forschungsfragen zur Bodenverdichtung, bisherige Ergebnisse und zukünftige Herausforderungen erfahren Sie in dieser Ausgabe des BonaRes-Newsletters.

Ich wünsche Ihnen eine angenehme Lektüre!

Hans-Jörg Vogel

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Hans-Jörg Vogel ist Koordinator des BonaRes-Zentrums für Bodenforschung. Er studierte Agrarwissenschaften an der Universität Hohenheim. Seit 2005 leitet er das Department Bodensystemforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ in Halle-Leipzig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Modellierung von Böden als komplexe Systeme sowie des Einflusses der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf die Bodenfunktionen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



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.

### Ursachen und Steuergrößen der Bodenverdichtung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



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 Krumenbasisverdichtung, 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 fortlaufende Weiterentwicklung (Breitreifen und Terrareifen) dazu geführt, dass die Reifen durch einen niedrigen Reifeninnendruck eine große Aufstandsfläche haben und damit hohe Lasten optimal und

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



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 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

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



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.

Maike 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



Joachim Brunotte im Einsatz (Vosshenrich/Thünen-Institut)

Sichtweise

## Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Vermeidung von Bodenverdichtung

**PD Dr. Joachim Brunotte ist studierter Landwirt und forscht seit 1993 am Thünen-Institut (ehemals Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft – FAL) rund um das Thema Bodenschutz in der Landwirtschaft. Seit 2015 leitet er das Projekt „SOILAssist“. Sandra Ledermüller hat ihn gefragt, wie er zu dem Thema Bodenverdichtung kam, was die größten Errungenschaften in den letzten Jahrzehnten waren und wo die Entwicklung hingeht.**

Herr Brunotte, als Landwirt und Wissenschaftler beschäftigt Sie das Zusammenspiel von Maschine und Boden schon seit vielen Jahren – aus praktischer wie aus wissenschaftlicher Sicht. Erinnern Sie sich noch, was Sie dazu veranlasst hat, sich intensiv mit dem Thema Bodenverdichtung zu befassen?

In den 1980er Jahren war die Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Flächen ein großes Thema. Damals gelang es uns in kurzer Zeit klare Handlungsempfehlungen für die Vermeidung von Bodenerosion zu geben, welche auch innerhalb weniger Jahre in der Praxis umgesetzt wurden. Da die Wirksamkeit der Maßnahmen, insbesondere der pfluglosen Bodenbearbeitung, direkt an der Bodenoberfläche sichtbar waren, wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen von den Landwirten schnell akzeptiert. Zusätzliche Förderprogramme überzeugten auch die letzten Skeptiker. Beim Thema Bodenverdichtungen ist das schwieriger. Die Bodenverdichtung hängt zwar indirekt mit der Bodenerosion zusammen: Einerseits lässt verdichteter Boden weniger Wasser versickern, was Bodenerosion begünstigt. Andererseits stärkt die nichtwendende Bodenbearbeitung (Mulchsaat) das Bodengefüge und damit die Fähigkeit des Bodens, hohe Lasten zu tragen. Das Problem ist, dass Verdichtungen im Boden passieren und im Gegensatz zur Bodenerosion mehr oder weniger unsichtbar sind. Selbst wenn man gezielt nach bestimmten Parametern sucht, lassen sich Bodenverdichtungen nur sehr schwer einschätzen – für den Landwirt ist dies natürlich noch schwieriger als für den Wissenschaftler.

Was waren aus Ihrer Sicht die bedeutendsten Fortschritte oder Errungenschaften mit Blick auf die Bodenverdichtung in den letzten 25 Jahren?

Dank einer Zeitreihe von Bodenuntersuchungen kam die Forschung zunächst zu einer wichtigen Erkenntnis: Wir können das Problem Bodenverdichtung in Krume und Unterboden quantifizieren. Die 1952 und 1982 von Eduard Ruhm an der damaligen Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) durchgeführten und von meinen Kollegen und mir im Jahr 2002 wiederholten Stuserhebungen in Südniedersachsen ergaben, dass von 1952 bis 1982 eine Krümmenvertiefung stattgefunden hatte, um die Erträge zu steigern. Weil damals noch nicht auf Bodenschonung geachtet und oft bei hoher Bodenfeuchte

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



mit viel Schlupf gepflügt wurde, bildete sich eine massive Krumenbasisverdichtung oder Schlepperradssole aus.

Von 1982 bis 2002 kam es dann zu einer Entspannung im Bereich der Krumenbasisverdichtung. Aufgrund hoher Energiekosten wurde flacher gearbeitet und der Anteil nichtwendender Bodenbearbeitung mit Fahren auf der Bodenoberfläche stieg auf 50 Prozent an. Aber auch in der Technik gab es entscheidende Fortschritte. So wurden die Maschinen zwar größer und schwerer, doch neue Reifentechnologien erlauben es, dass heute zwei bar Reifennennendruck ausreichen, um 12 Tonnen Radlast abzustützen. Hinzu kommen Fahrwerksentwicklungen wie die 3-Rad- und Hundeganglenkung, die die Überrollhäufigkeit reduzieren. Eine hohe Leistungsfähigkeit der Maschinen erlaubt es außerdem, günstige Bodenzustände besser auszunutzen zu können. Die bahnbrechendste technologische Errungenschaft war die Adaption eines Ultraschallsensors in der Felge eines Reifens durch meinen Elektroingenieurkollegen Klaus Nolting, mit dem die aktuelle Reifeneinfederung sowie die dynamische Radlast während des Fahrens gemessen werden kann. Dadurch ist es möglich, das Potential eines Reifens zur Bodenschonung auszunutzen, ohne den Reifen zu schädigen.

**Es macht den Anschein, dass die praktische Umsetzung noch vorangetrieben werden muss. Wo hakt es noch?**

Bei der zuletzt genannten Entwicklung hakt es noch daran, den Regelparameter „Reifeneinfederung“ mit der Reifendruckverstellanlage zu verknüpfen, um dem Landwirt oder der Landwirtin ein vollautomatisches System liefern zu können, mit dem immer die maximale Bodenschonung realisiert werden kann. Die Landmaschinenindustrie sollte den von uns entwickelten Prototypen einer „vollautomatischen Reifendruckregelanlage“ aufgreifen, in Serie produzieren und am Markt anbieten. Die Agritechnica 2019 zeigte bei einigen Herstellern die Umsetzung dieser Innovation. Bei den Verfahrensketten hakt es daran, den Kosten für bodenschonende Technik den monetarisierten Nutzen gegenüberzustellen. Ein Beispiel: Bei der Silomaisenernte ist die Umladung des Erntegutes von Feld- auf Straßentransportfahrzeuge ein enormer Beitrag zur Bodenschonung. Die Kosten hierfür belaufen sich auf 1 bis 1,50 Euro pro Tonne, also 60-80 Euro pro Hektar. Da Landwirte nicht beurteilen können, ob sich die höheren Kosten durch positive Effekte auf dem Acker auszahlen werden, sind sie kaum bereit, die teure bodenschonende Maßnahme durchzuführen.

**Wie kann diese ökonomische Hürde Ihrer Meinung nach überwunden werden?**

Hier ist die Forschung gefragt. Es muss uns gelingen, den Nutzen bodenschonender Maßnahmen für den Acker – und damit für den Landwirt – monetär zu bewerten. Mögliche Parameter sind, zum Beispiel, der Aufwand bei der nachfolgenden Bodenbearbeitung durch Pflug oder Grubber oder der Mehrertrag der Folgefurcht durch bodenschonendes Befahren.

**Sie haben darauf hingewiesen, dass die höheren Kosten Landwirtinnen und Landwirte häufig davon abhalten, bodenschonende Bearbeitungsmaßnahmen zu ergreifen. Müssen finanzielle Anreize geschaffen werden, damit Handlungsempfehlungen konsequenter umgesetzt werden?**

Natürlich würde eine Teilbezuschung der automatischen Reifendruckregelanlagen, beispielsweise in Höhe von 50 Prozent, die Investitionsbereitschaft bei Landwirten und Lohnunternehmen enorm steigern. Dass das funktioniert, wissen wir zum Beispiel durch die erfolgreiche Förderung von Mulchsaat-

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Bestellkombinationen in der Vergangenheit. Es ist außerdem denkbar, in der 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) Gelder für das Überladen von Silomais am Feldrand bereitzustellen, damit diese Maßnahme im Sinne der Bodenschonung akzeptiert und realisiert wird.

Wenn Sie an die Zukunft denken, wie stellen Sie sich ein System vor, dass sowohl bodenschonende als auch ökonomische Aspekte bei der Landbewirtschaftung berücksichtigt?

Bodenschonung ist nicht zu realisieren, wenn spezialisierte Erntemaschinen an der Grenze ihrer Auslastung gefahren werden, ohne kritische Bodenzustände zu berücksichtigen. Jeder Boden reagiert anders auf mechanische Belastung. Um das Gefährdungspotential deutschlandweit richtig einzuschätzen, wird eine regionsspezifische Onlineanwendung gebraucht, die die Verdichtungsgefährdung der Böden beschreibt. Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und eine Modellierung der Bodenfeuchte helfen hier weiter. Damit verschnitten wird die mechanische Belastung der zu planenden Maschineninvestition. Aus der Verknüpfung beider Parameter ergibt sich eine ganz standortspezifische Anzahl an Befahrbarkeitstagen, an denen bodenschonendes Befahren möglich ist. Die Funktionsfähigkeit der Maschinen ist natürlich an sehr vielen weiteren Tagen gegeben. Die Auslastungsgrade von Maschinen müssten reduziert und die zusätzlich anfallenden Kosten aus der 2. Säule der GAP ausgeglichen werden.

Das Interview führte Sandra Ledermüller (Thünen-Institut).

Sandra Ledermüller studierte Geographie mit den Nebenfächern Bodenkunde und Meteorologie an der Universität zu Köln. Nach ihrer Diplomarbeit im Bereich integrierte Wasserressourcenplanung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig stieg sie 2015 in das Projekt SOILAssist am Thünen-Institut in Braunschweig ein. Hier beschäftigt sie sich schwerpunktmäßig mit sozioökonomischen Fragestellungen bei der Vermeidung von Bodenverdichtung in der Landwirtschaft.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Das Lohnunternehmen Ährensache stellt SOILAssist Maschinen bereit (Joachim Brunotte/Thünen-Institut)

## Interview

„Ich sehe mich in der Pflicht, ein staatlich gefördertes Forschungsprojekt zu unterstützen“

Als ausgebildeter Landwirt arbeitet Thorsten Illers auf dem Familienbetrieb in der Region Hildesheim und betreibt seit 2013 das Lohnunternehmen Ährensache. Mit dessen Fuhrpark unterstützt er das Projekt SOILAssist von Beginn an. Sandra Ledermüller hat ihn nach seiner Motivation für die Zusammenarbeit mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gefragt.

Herr Illers, wie kamen Sie darauf, ein Lohnunternehmen zu gründen?

Für mich stand schon in Kindheitstagen fest, dass ich in der Landwirtschaft tätig sein möchte. Unser landwirtschaftlicher Ackerbaubetrieb lässt es von der Flächenausstattung leider nicht zu, zwei Personen in Vollzeit zu tragen. Da dachte ich mir: Wenn wir selber die Arbeit nicht haben, dann mache ich eben die Arbeit für andere!

Sie interessieren sich sowohl privat als auch beruflich für das Thema Bodenschutz. Woher kommt dieses Interesse?

Während meines Abiturs auf einem Beruflichen Gymnasium mit dem Schwerpunkt Agrarwirtschaft habe ich eine Facharbeit zum Thema „Bodenschutz – Vergleich Reifen gegen Raupe“ geschrieben. Über einen Bekannten bekam ich Kontakt zu Joachim Brunotte vom Thünen-Institut, der mich bei dieser Facharbeit ziemlich gut unterstützt hat. Das hat das erste Interesse geweckt und im Laufe der Zeit ist das Thema Bodenschutz auch zum Leitbild in meinem Lohnunternehmen geworden. Wenn wir beispielsweise neue Maschinen kaufen, achten wir darauf, dass diese mit entsprechender Bereifung versehen sind. Bei allem, was wir im Lohnunternehmen machen, wird der Bodenschutz mitgedacht.

Wie kam es zu Ihrer Kooperation mit dem BonaRes-Verbundprojekt SoilAssist? Und wie sieht diese genau aus?

Zum einen befindet sich mein Lohnunternehmen in räumlicher Nähe zu den Versuchsfeldern des Projekts und seit der Facharbeit habe ich zu Herrn Brunotte ein gutes Miteinander gepflegt. Er fragte mich, ob ich Interesse habe und ich bin sofort darauf eingestiegen. Seit Projektbeginn im Jahr 2015 stellen wir verschiedene Verfahrensvarianten der Gülleausbringung für die Befahrungsversuche zur Untersuchung der Bodenverdichtung zur Verfügung. Zu Beginn kamen wir mit der Gülleverschlauchung und im Jahr darauf waren wir mit unserem Selbstfahrer auf den Versuchsfeldern. Auch unsere Technik zur direkten Gülleearbeitung zum Emissionsschutz haben wir für die Befahrungsversuche zur Verfügung gestellt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Die Kooperation bringt Ihnen also keine monetären Vorteile. Warum tun Sie es trotzdem? Was haben Sie davon?

Da spielen mehrere Aspekte eine Rolle: Zum einen bin ich persönlich immer sehr interessiert an Neuigkeiten und neuen Entwicklungen innerhalb der Landwirtschaft.

Wenn ich durch die Kooperation an den Forschungserkenntnissen teilhaben kann, bereichert das auch die Zusammenarbeit mit meinen Kunden. Dadurch kann ich ihnen nicht nur theoretisch was mitgeben, sondern auch neue Erkenntnisse, Informationen oder Daten.

Zum anderen ist eine wissenschaftlich fundierte Basis in diesem Themenfeld auch in meinem eigenen Interesse, sei es als Grundlage für neue technologische Entwicklungen oder für politische Entwicklungen. Und hier sehe ich mich auch in der Pflicht ein staatliches Forschungsprojekt, das diese teuren Maschinen nicht zur Verfügung hat, zu unterstützen. Schließlich erwarte ich mir von der Forschung wichtige Informationen, die mir und meinen Kollegen bei der tagtäglichen Arbeit helfen und unsere Planung unterstützen. Da möchte ich einfach meinen Beitrag leisten.

Wenn Sie einen Wunsch an die Forschung oder die Politik frei hätten, was wäre das?

Ich wünschte mir, dass unsere Politiker mehr auf Forschungsergebnisse hören und nicht auf Meinungsmache. Wenn wir das hinbekommen würden, wären wir schon viel weiter. Es ist wichtig, dass wir forschen, dass wir belastbare Daten haben für beide Seiten: Für die Landwirte und für die Politik. Auch wünsche ich mir eine wertfreie und faktenbasierte mediale Aufbereitung von Forschungsergebnissen.

Das Interview führte Sandra Ledermüller (Thünen-Institut).

Wir bedanken uns herzlich bei Herrn Illers für dieses Interview und auch für die Zurverfügungstellung der landwirtschaftlichen Maschinen für unsere Befahrungsversuche, vor allem bei der Kampagne zur Gärrestausbringung.

Sandra Ledermüller studierte Geographie mit den Nebenfächern Bodenkunde und Meteorologie an der Universität zu Köln. Nach ihrer Diplomarbeit im Bereich integrierte Wasserressourcenplanung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig stieg sie 2015 in das Projekt SOILAssist am Thünen-Institut in Braunschweig ein. Hier beschäftigt sie sich schwerpunktmäßig mit sozioökonomischen Fragestellungen bei der Vermeidung von Bodenverdichtung in der Landwirtschaft.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Michael Kuhwald (Katja Kuhwald/CAU Kiel)

Porträt

## Michael Kuhwald – Umwelt- und Bodenforscher aus Leidenschaft

Seit 2015 befasst sich der Geograph und Bodenkundler Michael Kuhwald im Projekt SOILAssist mit dem Thema Bodenverdichtung. Und das obwohl er den Boden aus dem Geographieunterricht in ziemlich schlechter Erinnerung hat. Im Frühjahr 2019 schloss er seine Promotion ab und möchte auch in Zukunft als Wissenschaftler tätig sein. In diesem Porträt erfahren Sie mehr über seinen beruflichen Werdegang und das, was

**ihn an seiner Arbeit begeistert.**

Michael Kuhwald ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut der Universität Kiel und Teil des SoilAssist-Teams. Seit Projektbeginn im Sommer 2015 beschäftigt er sich mit der räumlich-zeitlichen Dynamik der Bodenverdichtung und analysiert diese auf unterschiedlichen räumlichen Skalen. Dass Bodenverdichtung ein globales Problem darstellt und weltweit erheblich zur Bodendegradation und zum Verlust der Bodenfruchtbarkeit beiträgt, ist lange bekannt. Trotzdem muss immer wieder auf dieses Problem aufmerksam gemacht und weiter an den Auswirkungen der Bodenverdichtung sowie an Strategien zu ihrer Vermeidung geforscht werden. Im Projekt SoilAssist tut Michael Kuhwald genau das.

### In der Schule waren Böden langweilig

Dass Böden einmal ein wichtiger Bestandteil seiner Arbeit werden würden, hätte er sich früher nicht vorstellen können. Er erinnert sich noch gut daran, als Böden im Geographieunterricht auf dem Lehrplan standen: Verschiedene Bodentypen auswendig lernen und einen Test bestehen. Das fand er damals so langweilig, dass er eigentlich nichts mehr mit „Boden“ zu tun haben wollte. Für ein Geographiestudium entschied er sich aus Interesse an Geopolitik und Wirtschaftsgeographie. Doch die ersten Semester an der Uni änderten schließlich seine Meinung über den Boden. Schuld daran waren auch seine Kommilitonen, die ihn freundlich aber bestimmt überzeugten, ebenfalls in die Bodenkunde zu gehen. Er wechselte daraufhin in die physisch-geographische Richtung und begann neben Bodenkunde auch Naturschutz und Hydrologie in den Nebenfächern zu studieren. In seiner Zeit als studentische und später auch wissenschaftliche Hilfskraft entdeckte er seine Begeisterung für das wissenschaftliche Arbeiten und entschloss sich dazu, zu promovieren und eine Karriere in der Wissenschaft anzustreben.

### Mit Geduld und Zielstrebigkeit zur Promotion

Der Weg zum Dokortitel war nicht immer einfach und erforderte viel Durchhaltevermögen. Zum Promovieren brauchte er erstens eine Finanzierung und zweitens ein Thema. Nach seiner Masterarbeit überbrückte er die Zeit bis zur Projektbewilligung mit diversen kurzen Arbeitsverträgen an der Universität. Kurze Vertragslaufzeiten und ständig wechselnde Arbeitsaufgaben machten es ihm unmöglich, ein

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Promotionsthema zu verfolgen. Aber so leicht gab er sein Vorhaben nicht auf und seine Geduld zahlte sich schließlich aus.

Dank der BonaRes-Initiative und des Projektes SoilAssist hatte er ab dem Sommer 2015 nun endlich eine mehrjährige Projektstelle. Seine Arbeit im SoilAssist-Team ermöglichte es ihm, sich ganz auf ein Themengebiet – die räumlich-zeitliche Dynamik von Bodenverdichtung - zu konzentrieren und seinen Traum von der Promotion wieder aufzugreifen. Den räumlichen Abschätzungen der Bodenverdichtung, die für ihn als Geographen so interessant sind, lagen bis dahin nur starre Ausgangsbedingungen zugrunde, die die Realität nur ungenau widerspiegeln. Da räumlich und zeitlich hochaufgelöste Informationen zum Bodenverdichtungsrisiko fehlten, entschloss er sich einen neuen Ansatz zu dessen Bewertung in Form eines dynamischen Modells zu entwickeln. Umfangreiche Feld- und Laborarbeiten sorgten für eine belastbare Datengrundlage für sein Modell und er befasste sich mit der Datenaufbereitung und der statistischen Auswertung. Denn ein Modell ist immer nur so gut wie die zugrunde liegenden Daten. Das Ergebnis seiner Anstrengungen heißt „SaSCiA“ (Spatially explicit Soil Compaction risk Assessment): Ein Modell mit dem man tagtäglich das Risiko der Bodenverdichtung für ganze Regionen abschätzen kann. Aktuell dient das Modell hauptsächlich Forschungszwecken, aber im Laufe der nächsten Jahre soll SaSCiA Landwirten und Lohnunternehmen über eine Webseite oder App zur Verfügung gestellt werden.

## Andere für den Boden und das Projekt begeistern

Seit seiner Promotion übernimmt Michael Kuhwald zusätzlich zu seiner wissenschaftlichen Tätigkeit mehr und mehr koordinierende Aufgaben und betreut inzwischen selbst Doktoranden. Außerdem ist ihm die Arbeit als Dozent an der Universität wichtig, weil er so neueste wissenschaftliche Erkenntnisse weitergeben kann und gleichzeitig stark vom Austausch mit den Studierenden profitiert. „Hin und wieder gelingt es mir Studierende so von der Thematik zu überzeugen, dass sie als Hiwis in das Projekt einsteigen möchten. Und wer weiß, vielleicht beginnt so ein neuer wissenschaftlicher Weg, wie es damals bei mir selbst der Fall war.“

## Traum Beruf Wissenschaftler

Die Arbeit als Wissenschaftler ist für Michael Kuhwald trotz aller Unwägbarkeiten und einer unsicheren Perspektive einer der schönsten Berufe, den er sich vorstellen kann. Und er weiß, dass es noch viel zu tun gibt – in der Forschung, aber auch im Hinblick auf die öffentliche Wahrnehmung des Umweltproblems Bodenverdichtung. Es gibt noch immer viele offene Fragen, die er gemeinsam mit seinen Kolleginnen und Kollegen beantworten möchte. Dazu gehören beispielsweise die Beurteilung der Regenerationsfähigkeit verdichteter Böden oder die Suche nach sinnvollen Vermeidungsstrategien. Dabei wird die Verknüpfung mit anderen Forschungsbereichen wie der Wassererosion zunehmend wichtiger werden. Erforscht werden muss auch, wie sich der Klimawandel auf die Bodenverdichtung auswirken wird: Eine Abnahme der Frosttage könnte sich beispielsweise nachteilig auf die natürliche Regeneration verdichteter Böden auswirken, Sommertrockenheit hingegen zu einer Verringerung des Verdichtungsrisikos bei der Raps- oder Getreideernte führen.

## Bewusstsein für Bodenverdichtung schaffen

Neben diesen wissenschaftlichen Herausforderungen muss es den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aber auch gelingen, die Öffentlichkeit stärker auf das Thema Bodenverdichtung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



aufmerksam zu machen. „Bodenverdichtung ist ein gesamtgesellschaftliches Problem, das auch nur gesamtgesellschaftlich gelöst werden kann. Kein Landwirt und keine Landwirtin verdichtet die eigenen Flächen absichtlich. Zeit- und vor allem Kostendruck nötigen sie jedoch, ihre Flächen auch zu ungünstigen Bodenbedingungen zu befahren oder von Lohnunternehmern befahren zu lassen und schwere Maschinen einzusetzen. Zwei Faktoren stehen dem nachhaltigen Bodenmanagement dabei entgegen: Das Konsumverhalten des Verbrauchers – zu Discounterpreisen können Agrarprodukte nicht nachhaltig erzeugt werden – und eine zumindest fragwürdige politische Steuerung. Das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) führte beispielsweise zu einer erheblichen Ausdehnung des Maisanbaus, der mit einem sehr hohen Verdichtungsrisiko einhergeht. Das EEG hat daher zur Ausweitung der von Bodenverdichtung betroffenen Flächen geführt. Politik und Verbraucher tragen also ebenfalls Verantwortung dafür, geeignete Rahmenbedingungen dafür zu schaffen, dass Landwirtinnen und Landwirte ihre Böden nachhaltig bewirtschaften und von ihrer Arbeit leben können.“

Michael Kuhwald widmet sich deshalb ganz gezielt der Verbreitung seiner Forschungsergebnisse sowie der Erkenntnisse seiner Projektkolleginnen und -kollegen. Es geht ihm vor allem darum, das Bewusstsein für das Umweltproblem Bodenverdichtung in der Landwirtschaft und in der Gesellschaft zu stärken. „Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler legen hierfür den Grundstein. Indem sie objektiv belastbare Fakten erarbeiten, helfen sie mit, zukunftsfähige Strategien und Lösungen zu entwickeln, um schädliche Bodenverdichtungen in der Landwirtschaft zu reduzieren oder zu vermeiden.“

Susanne Döhler (UFZ)

Susanne Döhler ist Geographin und Bodenkundlerin. Seit 2017 ist sie im BonaRes-Zentrum für Bodenforschung für Öffentlichkeitsarbeit zuständig. Zu ihren Aufgaben gehört unter anderem die Redaktion des BonaRes-Newsletters.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Demonstration einer Setzungsmessung (Susanne Döhler/UFZ)

Netzwerk

## Interesse am Bodenschutz wächst, Maßnahmen aber zu teuer

Seit 2015 arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des BonaRes-Verbundprojektes „SoilAssist“ mit Partnern aus Industrie, Beratung und Landwirtschaft zusammen und entwickeln zukünftige Strategien für ein bodenschonendes Befahren von Ackerflächen.

Im gleichnamigen Workshop, der im Frühjahr 2019 am Thünen-Institut für Agrartechnologie in Braunschweig stattfand, präsentierte das Forscherteam von SoilAssist bisherige Ergebnisse und tauschte sich mit ihren Kooperationspartnern über offene Forschungsfelder, technische und praktische Hürden sowie die nächsten Schritte auf dem Weg zu weniger schädlicher Bodenverdichtung aus. Die zentralen Fragen lauteten dabei: Wie wirkt sich der Kontakt zwischen Maschine und Boden aus? Wie lassen sich schädliche Bodenveränderungen vermeiden und mit welchen technologischen Entwicklungen können Landwirte dabei am besten unterstützt werden?

„Wir sind direkt am Boden dran!“ betonte Dr. Joachim Brunotte vom Arbeitsbereich Umwelttechnologie Boden/Pflanze des Thünen-Instituts, gleich zu Beginn der Veranstaltung. Bei SoilAssist geht es vor allem um große Maschinen wie Zuckerrübenroder, Maishäcksler und Mähdrescher. Zwar würde man in Deutschland auch über kleinere selbstfahrende Maschinen nachdenken, weltweit sei aber die Nachfrage nach größeren Landmaschinen nach wie vor ungebrochen, so die Kooperationspartner.

### Steuergrößen des Verdichtungsrisikos

Radlast, Kontaktflächendruck und Reifeninnendruck sind wichtige technische Kenn- und Steuergrößen, wenn es darum geht, schädliche Bodenverdichtungen zu vermeiden. Wie oft der Boden überrollt wird, ist ein weiterer wichtiger logistischer Faktor. Denn viele Überrollungen mit einer leichteren Maschine können ähnliche Auswirkungen haben, wie wenige mit einer schweren Maschine. Grundsätzlich gilt aber: je schwerer die Maschinen und je häufiger damit Ackerflächen befahren werden, desto größer ist das Verdichtungsrisiko. Das Vorgewende ist folglich immer besonders gefährdet.

Wie hoch das Risiko für Bodenverdichtungen aber tatsächlich ist, hängt auch von den Bodeneigenschaften, dem Bodenzustand und den Witterungsbedingungen ab. Schwere tonhaltige Böden sind per se verdichtungsempfindlicher als sandige Böden und hohe Bodenwassergehalte erhöhen das Risiko für Bodenverdichtung generell.

### On-board Assistenzsysteme sollen Landwirte zukünftig besser unterstützen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Neue Technologien sollen es in Zukunft ermöglichen, dass sich die Last der Maschinen an den Bodenzustand anpassen lässt – und das in Echtzeit. Das ist aber gar nicht so einfach, denn die Bodeneigenschaften auf einer Ackerfläche verändern sich ständig. Während die Bodenart nur räumlich variiert, verändert sich die Bodenfeuchte je nach Witterung mit der Zeit. Und auch die Maschinenparameter verändern sich stetig: Bei der Ernte steigt die Radlast kontinuierlich an, z.B. bei Bunkermaschinen bei der Zuckerrüben- und Maisernte. Die Auflasten sinken dagegen bei der Gülleausbringung. Die Verdichtungsgefahr auf dem Acker unterliegt somit ständigen Schwankungen.

On-board Assistenzsysteme sollen Landwirten zukünftig helfen, die Befahrbarkeit der Böden besser einzuschätzen. Diese zeigen dann anhand des aktuellen Bodenzustands, bei welchem Bunkerfüllstand die kritische Radlast überschritten wird. Auch die automatische Anpassung des Reifeninnendrucks soll dazu beitragen, dass große Maschinen bodenschonend eingesetzt werden können.

Ein geeignetes Modell zur Berechnung der Verdichtungsempfindlichkeit wird derzeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Kiel und des Thünen-Institutes für Agrartechnologie entwickelt. In den kommenden Jahren wird es darum gehen, solche Systeme zusammen mit den Kooperationspartnern aus der Industrie so weiterzuentwickeln, dass sie praxistauglich werden. Bis es soweit ist, empfehlen die Experten z.B. die Trennung von Acker- und Straßentransport bei der Silomaisernte als sinnvolle, allerdings kostspieligere Variante zur Vermeidung von Bodenverdichtung.

## Sensibilisierung und bessere Ausbildung für Landwirte gefordert

Lohnunternehmer Thorsten Illers wies in Bezug auf das Befahren von Ackerflächen darauf hin, dass eine der Hauptfehlerquellen „zwischen Sitz und Lenkrad“ zu finden ist. Eine gute Ausbildung, Sensibilisierung und Beratung der Landwirte und Lohnarbeiter seien deshalb von grundlegender Bedeutung, wenn es um die Vermeidung von Bodenschäden geht.

## Zielkonflikte durch gesetzliche Neuregelungen

Darüber hinaus diskutierten die Teilnehmer des Workshops die Verlängerung der Sperrzeiten zur Ausbringung von Wirtschaftsdünger in der neuen Düngeverordnung. Es sei problematisch, dass Landwirte jetzt gezwungen sind, große Mengen Wirtschaftsdünger im Frühjahr auf die Felder zu bringen, wo erfahrungsgemäß der Unterboden durch die Winterniederschläge höhere Bodenfeuchten aufweist. Die Ausbringung von Gülle bei erhöhter Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens steht in direktem Konflikt mit dem Bundesbodenschutzgesetz.

## Bodenschutz ist eine Frage des Geldes

Neue Maschinen und Verfahren, die den Boden schonen, sind in der Regel kostenintensiv. Wissenschaftler und Kooperationspartner berichten, dass Landwirte immer auch nach dem finanziellen Mehrwert von zusätzlichen Maßnahmen fragen: Was bringt es mir finanziell, wenn ich auf bodenschonende Bewirtschaftung umstelle? Zwar haben die landwirtschaftlichen Betriebe durchaus ein Interesse daran, ihre Böden nachhaltig zu bewirtschaften. Am Ende muss man sich das aber auch leisten können. Die Wirtschaftlichkeit ist derzeit also die wichtigste Bedingung und gleichzeitig das größte Hindernis, wenn es darum geht, neue Methoden und Technologien in die Praxis zu übertragen. Die Forschung ist deshalb

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



gefordert, den Nutzen bodenschonender Maßnahmen für Bodenstruktur und Ertrag zu monetarisieren. Nur so lässt sich die Akzeptanz in der Praxis verbessern.

## Finanzielle Förderung für neue bodenschonende Methoden vorstellbar

Langzeituntersuchungen zur Landbewirtschaftung zeigen regional, dass konservierende Bodenbearbeitung und technische Entwicklungen an Landmaschinen (z.B. Radialreifen und Reifeninnendruckverstellung) zu einer Entspannung der Verdichtung in der Krumbasis geführt haben. Die Teilnehmer des Workshops bezweifeln aber, dass neue Technologien freiwillig in großem Umfang eingesetzt werden, weil sie immer mit hohen Investitionskosten verbunden sind. In dem einen oder anderen Fall werden sicherlich Verordnungen kombiniert mit staatlichen Fördermaßnahmen notwendig sein, um bodenschonende Maßnahmen auf breiter Fläche einzuführen.

## Deutschland hat internationale Vorreiterrolle in der Agrarbranche

Nach Ansicht der Landmaschinenhersteller gilt Deutschland nach wie vor als Vorbild bei Neuentwicklungen in der Agrartechnik und nehme damit eine wichtige Vorreiterrolle ein. Viele neue Technologien haben sich nach der Markteinführung in Deutschland schnell auch international verbreitet. Das Interesse der Branche an bodenschonenden, nachhaltigen Verfahren ist deshalb trotz geringer internationaler Nachfrage groß.

Susanne Döhler (UFZ)

Susanne Döhler ist Geographin und Bodenkundlerin. Seit 2017 ist sie im BonaRes-Zentrum für Bodenforschung für Öffentlichkeitsarbeit zuständig. Zu ihren Aufgaben gehört unter anderem die Redaktion des BonaRes-Newsletters.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Feldmessungen mit der RGB- und Multispektralkamera (Fritjof Busche/CAU Kiel)

Neues vom Feld

## Bodenverdichtungen mit High-Tech aus der Ferne erkennen

Um Bodenverdichtungen zu untersuchen, werden bisher in der Regel zeit- und kostenaufwendige Feld- und Labormethoden zur Bestimmung wichtiger Bodeneigenschaften wie der Lagerungsdichte, der Luftleitfähigkeit und der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit eingesetzt. Dank moderner Fernerkundungstechnik könnte es in Zukunft einfacher und kostengünstiger werden, verdichtete Standorte auf landwirtschaftlichen Flächen zu erkennen und bei der

**Bodenbearbeitung zu berücksichtigen.**

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Kiel erarbeiten im Rahmen des Projektes SoilAssist derzeit ein Verfahren, mit dem Bodenverdichtungen aus der Luft erkannt werden können. Dabei machen sie sich den engen Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und Bodeneigenschaften zu nutze: Ist der Boden verdichtet, können Wurzeln und Blattmasse nicht ideal wachsen. Dort wo Nutzpflanzen über weniger Blattmasse verfügen, ist der Boden also möglicherweise verdichtet.

### Spezialkamera macht Unterschiede im Pflanzenwachstum sichtbar

Mit einer Multispektralkamera, die an einer Drohne befestigt ist, machen die Forscher verdächtige Standorte ausfindig. Die Multispektralkamera kann neben dem für den Menschen sichtbaren Spektrum auch Wellenlängen im nahen Infrarotbereich aufzeichnen. Da das in Pflanzen enthaltene Chlorophyll besonders viel Infrarotstrahlung reflektieren kann, werden Unterschiede im Pflanzenwuchs sichtbar. In den Aufnahmen wird anschließend nach Mustern in der Wuchshöhe und der Biomasseproduktion gesucht, um potentiell verdichtete Flächen zu erkennen.

Wuchsdepressionen können aber auch zahlreiche andere Ursachen haben. Dazu gehören Unterschiede in der Bodenart oder in der Nährstoffverfügbarkeit. Um herauszufinden, wo geringeres Pflanzenwachstum tatsächlich eine Folge von Bodenverdichtung ist, werden die mit der Multispektralkamera identifizierten Standorte beprobt und mit Hilfe klassischer bodenkundlicher Methoden untersucht. Auf Grundlage dieser Untersuchungen entwickeln wir einen Algorithmus, der Bodenverdichtungen sicher erkennen und sie von anderen Formen der Bodendegradation wie Nährstoffmangel unterscheiden kann. Aktuell führen wir die Suche nach Mustern im Pflanzenbewuchs noch manuell durch. Wir sind aber zuversichtlich, dass bereits nach zwei Wachstumsperioden, eine automatisierte Erkennung von Mustern im Pflanzenbewuchs möglich sein wird.

SoilAssist setzt deutschlandweit einmaliges System aus 3D-Laserscanner und Hyperspektralkamera ein

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



In Ergänzung dazu setzen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Osnabrück einen 3D-Laserscanner ein. Diese erfassen die Umgebung sehr genau und erzeugen aus einer großen Anzahl dreidimensionaler Messpunkte sogenannte 3D-Punktwolken. Mit Hilfe einer Hyperspektralkamera können jedem einzelnen Messpunkt weitere Daten zugeordnet werden. Im Gegensatz zu einer Multispektralkamera kann eine Hyperspektralkamera das gesamte Spektrum des einfallenden Sonnenlichts vom nahen Infrarot- bis zum violetten Bereich erfassen. Das in SoilAssist eingesetzte System ist derzeit deutschlandweit einmalig. Es ermöglicht, die aufgefangenen hyperspektralen Signale im Raum exakt zu verorten.

Zur Verbesserung des Pflanzenmonitorings können die mit der Hyperspektralkamera am Boden aufgenommenen Daten mit den Befliegungsdaten der Kieler Kolleginnen und Kollegen vereint werden. Darüber hinaus bilden die hyperspektralen 3D-Scans die Grundlage des SoilAssist-Planungs- und Assistenzsystems. Der hohe Informationsgehalt der Daten ermöglicht es, die Umgebung in verschiedene Kategorien zu unterteilen.

Feldfrüchte, braches Ackerland oder Zufahrtswege können leicht voneinander unterschieden und mit Hilfe künstlicher Intelligenz verarbeitet werden. So können bestimmten Standorten beispielsweise verschiedene Bodeneigenschaften zugewiesen werden.

Diese Informationen werden im SoilAssist-Planungssystem verarbeitet, um den Landwirt bei der Planung der Bewirtschaftung seiner Flächen bestmöglich unterstützen zu können. Wenn das Planungssystem ausgereift ist, soll es möglich sein, verschiedene Befahrungsvarianten automatisiert auf Grundlage der erhobenen Umgebungsdaten zu simulieren und zu bewerten und Handlungsempfehlungen für eine möglichst bodenschonende Bewirtschaftung zu generieren.

Frauke Lindenstruth (CAU Kiel) und Thomas Wiemann (Universität Osnabrück)

Frauke Lindenstruth studierte Umweltgeographie und Umweltmanagement an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und ist seit ihrem Abschluss am Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Geoinformationen beschäftigt. Seit 2019 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt SOILAssist und promoviert zur Erfassung räumlich-zeitlicher Mustern von Bodendegradation mittels UAV-Aufnahmen.

Thomas Wiemann studierte Physik mit Informatik an der Universität Osnabrück. Dort promovierte er 2013 in Informatik und forscht seitdem als PostDoc in der Arbeitsgruppe Wissensbasierte Systeme an der semantischen Interpretation von multimodalen 3D-Sensordaten. In SOILAssist leitet er das Teilprojekt zur Erstellung eines semantischen 3D-Umgebungsmodells.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Videos

## Trennung von Feld- und Straßenverkehr bei der Maisernte

Das Video zeigt die bodenschonende Trennung von Feld- und Straßenverkehr mit einer Überlademaus am Feldrand, die Häckselgut von den Silowagen auf bereitstehende Transportfahrzeuge befördert.

Trennung von Feld- und Straßenverkehr bei der Maisernte (Maike Siekmann/Thünen-Institut)

Zur Silomaisernte untersuchen wir die komplette Häckselkette. Sie besteht aus einem Häcksler, Traktoren mit Silowagen und einem Traktor mit angebauten Mulchern. Der Häcksler häckselt die Maispflanzen klein und überlädt sie auf den parallel fahrenden Traktor mit Überladewagen. Der Traktor mit Mulcher fährt hinter dem Häcksler und zerkleinert die Maisstoppeln auf dem Feld. Dieses Zerkleinern ist wichtig, um dem Schadinsekt Maiszünsler die Überwinterungsmöglichkeit im Maisstängel zu nehmen.

Am Feldrand befindet sich eine Überlademaus, die das Häckselgut von den Silowagen auf bereitstehende Transportfahrzeuge überlädt. So ist es möglich, Straßen- und Feldtransport zu trennen. Die Fahrzeuge, die nur zur Ernte auf dem Acker fahren können einen geringen und bodenschonenden Reifeninnendruck einstellen. Die Fahrzeuge, die das Häckselgut zur Biogasanlage transportieren, können mit einem höheren Straßenluftdruck fahren.

Hier geht's zum Video: <https://vimeo.com/365012901>

Wir bedanken uns sehr herzlich beim Lohnunternehmen Uwe Probst für die Zurverfügungstellung der Häckselkette für die Silomaisernte und unsere Befahrungsversuche.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Videos

## Setzungsmessung bei der Silomaisernte 2019

**In diesem kurzen Video sehen Sie einen Befahrungsversuch zur Setzungsmessung bei der Silomaisernte mit einer Häckselkette.**

Setzungsmessung bei der Silomaisernte 2019 (Maik Siekmann/Thünen-Institut)

Bei der Silomaisernte 2019 haben wir mit der Häckselkette einen Befahrungsversuch durchgeführt. Wir messen bei diesen Versuchen den Bodendruck und die zugehörige Bodensetzung unter jedem Reifen in drei verschiedenen Tiefen im Boden. Dafür überrollen die Fahrzeuge der Häckselkette hintereinander die Messstelle. Die Sensoren sind so im Boden eingebaut, dass genau unterhalb der Reifenmitte der Fahrzeuge gemessen wird. Vor und nach der Überfahrt mit den Maschinen werden Bodenproben entnommen, um Änderungen im Gefüge und der Struktur aufgrund der Befahrung festzustellen.

Hier geht's zum Video: <https://vimeo.com/364991728>

Wir bedanken uns sehr herzlich beim Lohnunternehmen Uwe Probst für die Zurverfügungstellung der Häckselkette für die Silomaisernte und unsere Befahrungsversuche.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Videos

## Zuckerrübenernte mit Hundeganglenkung

**Dieses kurze Video zeigt die Rübenernte mit einem 6-reihigen 3-achsigen Rübenroder mit Hundeganglenkung.**

Zuckerrübenernte mit Hundeganglenkung (Sebastian Skupski/Thünen-Institut)

Bei der Zuckerrübenernte verwenden wir einen 6-reihigen 3-achsigen Rübenroder mit Bunker und bodenschonender Hundeganglenkung. Beim Roden der Rüben werden die Räder der beiden hinteren Achsen in die gleiche Richtung ausgelenkt, sodass alle Räder bei der Geradeausfahrt versetzt laufen. Dadurch wird die Überrollhäufigkeit verringert. Denn nicht nur die Radlast der Fahrzeuge, sondern auch die Anzahl an Überrollungen in der gleichen Spur sind ausschlaggebende Parameter, um Bodenverdichtung zu vermeiden.

Im Englischen wird die Hundeganglenkung auch crab steering genannt. Aus der Vogelperspektive ist der versetzte „Krabbengang“ besonders gut zu erkennen.

Hier geht's zum Video: <https://vimeo.com/374636871>

Ein herzlicher Dank geht an die Maschinengenossenschaft Ambergau und die GRIMME Landmaschinenfabrik für die Zurverfügungstellung des Rübenrodgers für die Zuckerrübenernte und unsere Befahrungsversuche.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Schwarzerde (Ute Wollschläger/UFZ), übrige Fotos (pixabay.com)

BonaRes Events

## Ohne Boden nix los! Warum Böden für uns alle wichtig sind

Öffentliche Diskussionsveranstaltung am 17.02.2020 um 18:00 Uhr im Leipziger KUBUS des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung - UFZ

Gesunde Böden sind wahre Alleskönner. Sie speichern und filtern Wasser, sind Lebensraum für Pflanzen und unzählige Bodenorganismen und spielen als Kohlenstoffspeicher eine wichtige Rolle für den Klimaschutz. Doch der Boden unter unseren Füßen ist in Gefahr. Leider ist dies den wenigsten bewusst.

Die Veranstaltung „Ohne Boden nix los!“ rückt den Boden, seine nachhaltige Nutzung und seine Bedeutung für Mensch und Umwelt deshalb in den Mittelpunkt aktueller gesellschaftlicher und umweltpolitischer Themen und Entwicklungen.

### Gäste:

- Prof. Dr. Ingrid Kögel-Knabner, Technische Universität München (Umweltpreisträgerin 2019)
- Prof. Dr. Nicolas Brüggemann, Forschungszentrum Jülich
- Prof. Dr. Bärbel Gerowitt, Universität Rostock
- Dr. David Russell, Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
- Florian Schwinn, Journalist und Autor („Rettet den Boden“)
- Dr. Susanne Dohrn, Journalistin und Autorin („Der Boden. Bedrohter Helfer gegen den Klimawandel“)

Moderation: Hanna Gersmann

### Veranstaltungsort:

Leipziger KUBUS des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung - UFZ, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Die Veranstaltung findet im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2020 – Bioökonomie statt und ist offen für alle interessierten Bürgerinnen und Bürger. Eine vorherige Anmeldung ist nicht nötig.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an [Susanne Döhler \(UFZ\)](#).

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung