

Michael Weißbach und Edmund Isensee, Kiel

Gute fachliche Praxis beim Einsatz leistungsfähiger Erntetechnik

Messtechnische Beurteilung der Bodenreaktion auf hohe Radlasten

Mit Landbewirtschaftung wird in das komplexe Wirkungsgefüge „Boden-Pflanze-Klima“ eingegriffen: Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Nährstoffzufuhr, Pflanzenschutz und Ernte sind Maßnahmen zur Erzielung hochwertiger Erntegüter. Hierbei setzt der Landwirt eine breite Palette hochspezialisierter und teurer Technik ein, die er aus Kostengründen optimal ausnutzen muss. Andererseits gilt es dabei auch, schädliche Nebeneffekte zu vermeiden, um wettbewerbsfähig und zugleich umweltschonend zu sein [1].

Hier Zielkonflikten vorzubeugen – dazu soll die Vermittlung guter fachlicher Praxis beitragen. Letztere wird am Beispiel der Bodenschadverdichtung erläutert.

Prof. Dr. Edmund Isensee ist Leiter und Dr. agr. Michael Weißbach ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel.

Schlüsselwörter

Radlast, Bodendruck, Messtechnik

Keywords

Wheel load, soil pressure, measuring techniques

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 00114 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Der Anspruch an Arbeitsproduktivität führt zu großen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen und damit zu leistungsfähigen Arbeitsverfahren, die mehrere Funktionen miteinander kombinieren. Das erspart zugleich das häufige Befahren des Ackers.

Allerdings wächst mit der Größe und Leistungsfähigkeit die Eigen- und Nutzmasse bis auf insgesamt 50 t und damit die Radlast der Fahrwerke über 10 t. Dies gilt für die Maschinen der Ernte, da sie große Massen aufnehmen. Im günstigen Fall fahren sie auf abgesetztem, trockenem Acker.

Messmethodik und Beispiele

Angesichts der Komplexität von Einflussgrößen des Bodens im Zusammenwirken mit den Reifen gibt es nicht die eine, allein aussagefähige Methode. Vielmehr bestehen verschiedenartige Möglichkeiten, einzelne Phänomene objektiv zu erfassen sowie mit subjektiven Eindrücken zu verbinden.

Subjektives Urteil

Die gute fachliche Praxis beruht auf Erfahrung und Beobachtung, den Boden nach Zustand und Feuchte einzuschätzen. Sie wird ergänzt um die sichtbare Wirkung der Fahrwerke, etwa in Form von Schlupf der Räder und Tiefe der Spur.

Der breite Reifen trägt besser wegen des geringeren Kontaktflächendrucks und der Schwierigkeit, den Boden über die Breite zur Seite zu verlagern. Damit sind Parameter genannt, die sich quantifizieren lassen und zu einem objektiven Urteil führen. Über das zu tolerierende Ausmaß hingegen befindet

der Landwirt. Die Entscheidung wird je nach Lockerungszustand und Feuchte des Bodens unterschiedlich ausfallen.

Bodendruck

Der aus Radlast, Aufstandfläche und Luftdruck resultierende Druck wirkt in die Tiefe. Folglich wird er mit geeigneten Sensoren im naturbelassenen Boden gemessen, sowohl in der Krume wie auch im Unterboden. Das Messsystem mit Schlauchsonden hat sich bewährt, da es eine große Zahl an Wiederholungen und vergleichenden Messungen unter den prozesstechnischen Gegebenheiten der Praxis erlaubt (Bild 1.). Die Messwerte der Schlauchsonden reagieren auf den Druck im gesamten umliegenden Boden. Der Sensor gibt daher einen Mittelwert für den Druck aus verschiedenen Richtungen wieder. Im Gegensatz zu starren Sensoren passt sich die Schlauchsonde dem Boden an und verschiebt sich mit der Hauptflussrichtung des Bodens. Ein starrer Sensor folgt

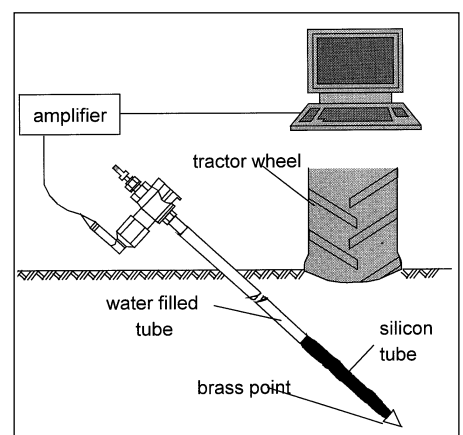
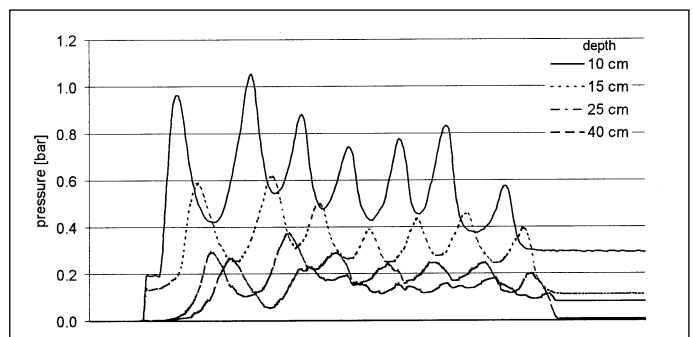


Bild 1: Messsystem für Bodendruck und Druckverlauf unter den Stützrollen des Bandlaufwerkes

Fig. 1: Measuring system for soil pressure and pressure progression underneath the track-supporting roller and track-band



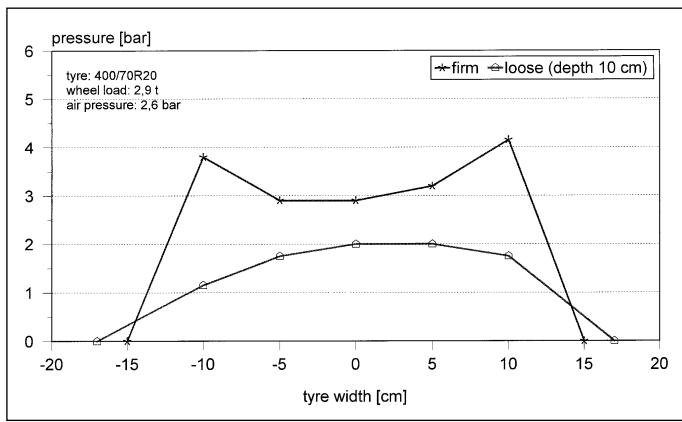


Bild 2: Kontaktflächendruck über die Reifenbreite

Fig. 2: Contact area pressure across the tyre width

nicht dem Bodenfluss, registriert also höhere Drücke [1].

Die Messwerte korrelieren gut mit dem Luftdruck und den Parametern des Bodens. Somit macht diese landtechnisch geprägte Methode eine direkte Aussage zu der in den Boden eingebrachten Energie. Ihre Höhe bestimmt, ob die Bodenparameter sich ändern.

Die elektronische Messwerterfassung erlaubt es, die additive Wirkung aufeinanderfolgender Räder zu erfassen. Als Beispiel sei hier der Druckverlauf unter dem Bandlaufwerk genannt. Hier tragen hauptsächlich die Stütz- und Umlenkrollen, nicht die gesamte Aufstandsfläche. Außerdem eignet sich diese Methode sehr gut, die Druckverteilung in der Kontaktfläche auf nachgiebiger Fahrbahn zu messen. Im Gegensatz zur festen Fahrbahn gibt der Boden beim Befahren nach. Entsprechend unterschiedlich sind die Zonen hohen Druckes (Bild 2).

Penetrometer

Das Penetrometer kennzeichnet die Festigkeit des Bodens. Dieser Messwert korreliert sehr eng mit der Dichte und dem Wassergehalt des Bodens [2, 3, 4]. Somit eignet sich die Methode gut für den direkten Vergleich von Spuren zur unbefahrenen Fläche.

Das geschieht mit einem handlichen Messgerät, bei dem die Sonde senkrecht in den Boden sticht, oder mit dem Horizontal-Penetrometer, das am Traktor angebaut ist und sich für den großflächigen Einsatz eignet.

Porenvolumen und Lagerungsdichte

Diese beiden Parameter kennzeichnen die Bodenverdichtung sowohl als physikalische Größe wie auch in Verbindung mit der Funktion des Bodens, seinem Luft- und Wasserhaushalt. In dieser Hinsicht werden die Poren nach unterschiedlicher Größe gruppiert. Besonders die weiten Grobporen (>50 µm) sind für die Funktionalität und das Verdichtungsverhalten bedeutsam.

Die Probenahme erfolgt auf dem Acker mit Stechzylindern je 100 cm³ in mehrfacher Wiederholung und in unmittelbarer Nähe zu einander, da die Heterogenität des Bodens

zur Streuung der Ergebnisse (1 bis 2%-Punkte PV) führt.

Das Porenvolumen steht in enger Beziehung zum gemessenen Bodendruck. Auf lockerem Boden, zum Zeitpunkt der Bestellung führt bereits ein geringer Druck (>1 bar; FK 75%) zu einer deutlichen Minderung des Porenvolumens. Zur Ernte befindet sich der Boden in einem tragfähigen Zustand. Hier werden deutlich höhere Drücke benötigt (>2 bar; FK 80%), um den Boden nachhaltig zu verdichten.

Infiltration und Leitfähigkeit von Luft und Wasser

Die Verdichtung des Bodens ändert die Porengröße und -geometrie und damit die Fähigkeit, Luft und Wasser aufzunehmen und weiter zu leiten. Die jeweilige Leitfähigkeit (PL und Kf) wird im Labor ermittelt und vertieft die Messwerte zur Porengrößenverteilung mit Sicht auf die Funktion des Bodens (Bild 3).

Für die Verhältnisse auf dem Feld erhält das Infiltrometer besondere Bedeutung. Damit lässt sich ermitteln, wie schnell der Boden eine definierte Menge Wasser aufnimmt, analog zum natürlichen Niederschlag oder Starkregen. Hiermit wird nur die oberflächliche Wirkung erfasst, also der Effekt der Bearbeitung oder Fahrspur.

Durchwurzelungs-Test

Bei all der Vielfalt physikalisch bestimmter Methoden erscheint es wesentlich, das pflan-

zenbauliche Wachstum als Indikator für die Eigenschaft des Bodens einzubeziehen. Das geschieht unter einheitlichen Bedingungen im Labor, aber mit ungestörten Proben vom Feld. Diese Proben werden von den Messstellen auf dem Acker im Stechzylinder entnommen, stehen also für die Varianten unbefahren und Spur in den vorgesehenen Tiefen. Auf die einzelnen Stechzylinder wird einheitliches, vorgekeimtes Saatgut gegeben (20 Karyopsen auf insgesamt 150 cm²). Die Wurzeln durchdringen den Boden je nach seiner Dichte, also dem Widerstand, den sie zu überwinden haben (Bild 4). Boden- und Luftfeuchte werden konstant gehalten. Somit gibt die Zahl der Wurzeln, die nach zehn Tagen aus dem unten offenen Zylinder gewachsen sind, ein physiologisches Maß für die Verdichtung [5].

Gestörte Bodenproben, welche im Labor auf die entsprechende Bodendichte eingestellt wurden, reagieren wesentlich sensibler als naturbelassene Proben.

Fazit

Um die Wirkung hoher Radlasten auf den Boden zu erfassen, stehen verschiedenartige Methoden zur Verfügung. Aus landtechnischer Sicht erscheinen die von besonderer Bedeutung, welche direkt vor Ort eine Aussage ermöglichen. Aus landwirtschaftlicher Sicht sind die Methoden interessant, die die Funktion des Bodens, namentlich die pflanzliche Entwicklung, wiedergeben.

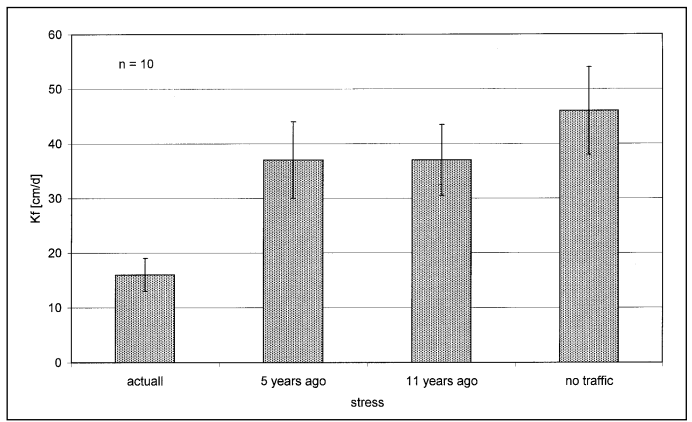
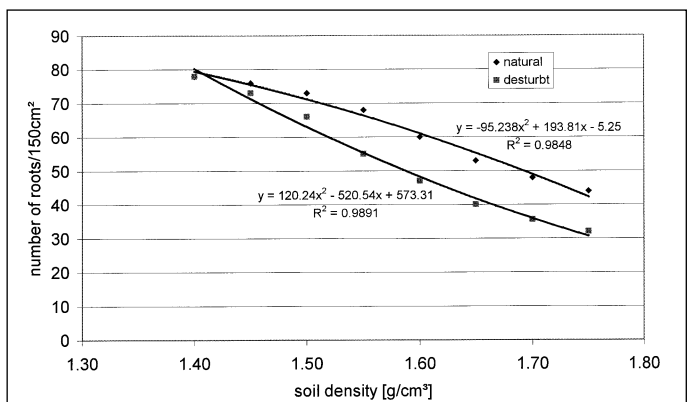


Bild 3: Auswirkung der Fahrspuren auf die gesättigte Wasserleitfähigkeit (Tiefe 30 cm)

Fig. 3: Effects of driving tracks on "saturated water conduct" (depth 30 cm)

Bild 4: Durchwurzelbarkeit bei steigender Dichte des naturbelassenen und gestörten Bodens

Fig. 4: Rooting penetration at increasing density of natural and disturbed soil



Literatur

- [1] *Bolling, I.*: Bodenverdichtung und Triebkraftverhalten – Neue Mess- und Rechenmethoden. Dissertation, München, 1987
- [2] *Ermich, D.* und *R. Landmann*: Beziehung zwischen Durchdringungswiderstand und Trockenrohdichte in Abhängigkeit vom Bodenwassergehalt auf ausgewählten Bodensubstraten. *Wiss. Z. Univ. Halle XXXI* (1982), H. 4, S. 15 – 25
- [3] *Weißbach, M.* and *Th. Wilde*: The Horizontal Penetrograph-Big Scale Mapping Device For Soil Compaction. *Proceeding of the 3rd International Conference on Soil Dynamics Tiberias, Israel, 1997*, pp. 244 – 250
- [4] *Wilde, Th.* und *M. Weißbach*: Das Regenerationsvermögen des Bodens nach intensiver Befahrung. *Conference Agricultural Engineering Braunschweig, 1999*, S. 117 – 122
- [5] *Dannowski, M.*: Einfluss differenzierter mechanischer Bodenbelastung auf Bodengefügeeigenschaften, Durchwurzelbarkeit und Pflanzenertrag eines sandigen Moränenstandortes. *Bodenökologie und Bodengenese, Technische Universität Berlin, (1994)*, H. 13