

„Bodenstabilität und Auswirkungen dynamischer Lasteinträge auf physikalische Eigenschaften von Ackerböden unter konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung“

Dipl.-Geogr. Alexander Daniel Zink

1. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Horn

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der mechanischen Bodenbelastung durch landwirtschaftlichen Verkehr. Das ausgewählte Versuchskonzept ist dabei auf die Untersuchung der physikalischen Bodenbelastbarkeit in Gegenüberstellung zu dynamischen Lasteinträgen gerichtet und soll der Entscheidungsfindung hinsichtlich praktischer Handlungsempfehlungen dienen. Im Vordergrund stehen die Betrachtung nutzungsbedingter Verdichtung im Bodenbereich unterhalb der regelmäßig bearbeiteten Ackerkrume sowie die Bewertung unterschiedlicher technischer und pflanzenbaulicher Bodenschutzmaßnahmen.

Auf vier Versuchsflächen wurden die bodenkundlichen Ausgangsbedingungen durch Leitprofilbeprobungen ermittelt und landtechnische Freilandbelastungsversuche mit Bodendruck- und Deformationsmessungen sowie Beprobungen begleitet. Als Versuchsfaktoren wurden verschiedene Radlasten (3,3, 6,3, 7,5Mg) mit variierenden Reifeninnendrucken unter konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung in den Bodenregionen der nordrhein-westfälischen Löss- und Sandlösslandschaft und der schleswig-holsteinischen Jungmoränenlandschaft untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich insbesondere die Bodenbearbeitung, die Gesamtlast und der Reifeninnendruck auf die mechanische Belastung des Ackerbodens auswirken. Zwischen den beiden Ausgangssubstraten (Löss und Geschiebemergel) konnten keine signifikanten Unterschiede der Druckfortpflanzung festgestellt werden. Die konservierende Bodenbearbeitung zeigt im Oberboden eine höhere Strukturstabilität gegenüber der konventionell wendenden Bodenbearbeitung und weist hinsichtlich mechanischer Belastungen ein erhöhtes Druckkompensationsvermögen und eine verbesserte Reduktion scherender und komprimierender Bodenverformung mit der Tiefe auf. Die dynamischen Belastungsversuche der simulierten Maschinengewichte offenbaren mit schwereren Radlasten eine Zunahme der Spannungseinträge mit verstärkter Tiefenwirkung der Belastungsimpulse und eine erhöhte Gefahr der Unterbodenverdichtung. Für die landtechnische Maßnahme des abgesenkten Reifeninnendrucks konnten für die beiden Radlastvarianten 3,3 und 6,3Mg verminderte Kontaktflächendrücke, eine Abnahme der Spannungseinträge bis in den Unterboden und damit positive Effekte hinsichtlich der Bodenbelastung festgestellt werden.

Um die Stabilität des Bodens gegenüber Belastungssituationen eines landwirtschaftlichen Radfahrzeuges abzuschätzen, wurde das Druck-Zeit-Setzungsverhalten der Böden untersucht und statische und dynamische Stabilitäten der Böden über den Ödometerversuch bestimmt. Mit der Simulation des realen Spannungspfades einer Überfahrt im Laborversuch konnte die zu erwartende Stabilität der Böden für einmalige bis 10malige Überfahrt ermittelt werden. Mit kurzer, dynamischer Belastung wurde dabei eine kurzfristig höhere Stabilität gegenüber der statischen Belastung verzeichnet.

Die Auswirkungen technogener Belastung auf die physikalischen Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen konnten über Einfach- und Mehrfachüberfahrungsexperimente, bei denen die Eigenstabilität der Böden gezielt überschritten wurde, ermittelt werden.

Mit der Gegenüberstellung der horizontspezifischen Stabilitätsparameter zu den gemessenen Spannungseinträgen, unter Anwendung des Prüfkonzeptes „Vorbelastung“, war es möglich beurteilende Aussagen über die Verdichtungsgefährdung verschiedener Lastsituationen zu treffen. Aus den Ergebnissen der Spannungs- und Deformationsmessungen ließ sich für Radlasten >6,3Mg schon mit einmaliger Überrollung eine Unterbodenverdichtung verzeichnen. Eine bodenschonende Wirkung durch abgesenkten Reifeninnendruck und damit vergrößerte Reifenkontaktfläche und verminderten Kontaktflächendruck, konnte für die untersuchten Reifen/Radlastkombinationen nur für die Radlast 3,3Mg ausgewiesen werden. Für Radlasten >3,3Mg reichte die Abnahme des Kontaktflächendrucks mit der gewählten Reifenkombination nicht aus, um die Spannungseinträge unter den Vorbelastungswert zu beschränken und damit eine Stabilisierung der Lastsituation zu erreichen. Die 7,5Mg Variante zeigte in Verbindung mit der Kontaktflächenvergrößerung sogar negative Effekte mit Zunahme der Spannungseinträge im Unterboden. Mit ansteigender Überrollhäufigkeit wurde eine zunehmende Tiefenwirkung des Spannungseintrages mit gleichzeitiger Abnahme der Bodenstabilität festgestellt. Ab Radlasten >6,3Mg beschränkten sich gefügebbeeinträchtigende, scherende Bodenbeanspruchungen nicht mehr allein auf den bearbeiteten Oberboden.

Das Ausmaß und die Auswirkung bzw. „Schadhaftigkeit“ der Belastungen auf das Bodengefüge und seine Funktionen wurden über die horizontspezifische Betrachtung der auflastabhängigen Veränderungen der Bodenkennwerte Vorbelastung (Pv), Luftkapazität (LK), gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) und Luftleitfähigkeit (kl) charakterisiert.

Am Beispiel der Vorbelastung wurde festgestellt, dass mit zunehmender Belastung die Stabilität der Böden z.T. signifikant bis in den Unterboden zugenommen hat. Die eigenen Ergebnisse zeigen, dass dieser Kennwert am wenigsten abhängig von den Rahmenbedingungen ist und er trotz existierender Bodenbearbeitungs- und Texturunterschiede die mechanische Reaktion des Bodens gegenüber den externen Belastungen differenziert aufzeigt. Der Funktionskennwert der Luftleitfähigkeit (pF1,8) weist dagegen in keinem Ausgangssubstrat eine auflastabhängige Beeinflussung durch einmalige Befahrung auf.

Die Beurteilung der Verdichtungsgefahr bzw. der auflastabhängigen Beeinträchtigung der Gefügefunktion ist nur dann möglich, wenn die Veränderungen mehrerer Kennwerte im Zusammenhang betrachtet werden. Mit der kombinierten Darstellung der Parameter Luftkapazität (LK) und gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) (nach Indikatorsystem UBA (2004a)), war es unter Berücksichtigung proklamierter Schadschwellenwerte möglich, auflastabhängige Beeinträchtigungen des Bodengefüges aufzuzeigen und Bodenfunktionsänderungen zu bewerten.

Die Bestimmung von Verdichtungseffekten über diese Funktionskennwerte stellte sich als zweckmäßig für homogene, bindige Texturen heraus. Mit einmaligem Belastungsimpuls ließen sich für die Oberböden der Lössstandorte, mit Abnahmen der hydraulischen Leitfähigkeit und Verringerung des Anteils an weiten Grobporen, auflastinduzierte Reaktionen der Bodenfunktion schon ab 3,3Mg gegenüber natürlichen Variationen abgrenzen, was unter der natürlichen Texturheterogenität des Geschiebemergels nicht möglich war. Deutlich schadhafte Beeinträchtigungen beider Parameter ließen sich für Radlasten >6,3Mg feststellen. Mit zunehmender Überrollhäufigkeit reagierten die Bodenfunktionen im Löss mit signifikanter Beeinträchtigung und verstärkter Tiefenwirkung. Im Ausgangssubstrat Geschiebemergel reichte der gewählte Stichprobenumfang beider Kennwerte nicht aus, um Verdichtungseffekte gegenüber der natürlichen Heterogenität der Bodeneigenschaften hervorzuheben.